ગુજરાત રાજ્યના શિક્ષણ વિભાગના પત્ર-ક્રમાંક
મશબ/1218/273/છ, તા.14/03/2018

જીવવિજ્ઞાન

ધોરણ XI

પ્રતિજ્ઞાપત્ર

ભારત મારો દેશ છે.
બધાં ભારતીયો મારાં ભાઈબહેન છે.
હું મારા દેશને ચાહું છું અને તેના સમૃદ્ધ અને
વૈવિધ્યપૂર્ણ વારસાનો મને ગર્વ છે.
હું સદાય તેને લાયક બનવા પ્રયત્ન કરીશ.
હું મારાં માતાપિતા, શિક્ષકો અને વડીલો પ્રત્યે
આદર રાખીશ અને દરેક જણ સાથે સભ્યતાથી વર્તીશ.
હું મારા દેશ અને દેશબાંધવોને મારી નિષ્ઠા અર્પું છું.
તેમનાં કલ્યાણ અને સમૃદ્ધિમાં જ મારું સુખ રહ્યું છે.

રાજ્ય સરકારની વિનામૂલ્યે યોજના હેઠળનું પુસ્તક

राष्ट्रीय शैक्षिक अनुसंधान और प्रशिक्षण परिषद्
NATIONAL COUNCIL OF EDUCATIONAL RESEARCH AND TRAINING

ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ
'વિદ્યાયન' સેક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર-382 010

© NCERT, નવી દિલ્હી તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, ગાંધીનગર
આ પાઠ્યપુસ્તકના સર્વ હક NCERT, નવી દિલ્હી તથા ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળને હસ્તક છે. આ પાઠ્યપુસ્તકનો કોઈ પણ ભાગ કોઈ પણ રૂપમાં NCERT, નવી દિલ્હી અને ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળની લેખિત પરવાનગી વગર પ્રકાશિત કરી શકાશે નહિ.

અનુવાદ

ડૉ. નરસિંહ બી. પટેલ
ડૉ. ચિરાગ એ. આચાર્ય
શ્રી નીતિન ડી. દવે
શ્રી મેહુલ એસ. પટેલ

સમીક્ષા

ડૉ. એમ. આઈ. પટેલ
ડૉ. બી. કે. જૈન
ડૉ. નૈનેશ આર. મોદી
ડૉ. રાજીવ એસ હર્ડીકર
શ્રી જયસુખભાઈ બી. હરમાણી
શ્રી પરેશ એમ. પરીખ
શ્રીમતી ભાર્ગવી જી. વાનખેડે
શ્રી નિમેષ એ. દરજી
શ્રી પ્રશાંત જી. મહેતા
કુ. પાયલ એ. પંચાલ

ભાષાશુદ્ધિ

શ્રી નીતિન બી. આચાર્ય

સંયોજન

ડૉ. ચિરાગ એચ. પટેલ
(વિષય-સંયોજક : ભૌતિકવિજ્ઞાન)

નિર્માણ-આયોજન

શ્રી હરેન શાહ
(નાયબ નિયામક : શૈક્ષણિક)

મુદ્રણ-આયોજન

શ્રી હરેશ એસ. લીમ્બાચીયા
(નાયબ નિયામક : ઉત્પાદન)

પ્રસ્તાવના

રાષ્ટ્રીય સ્તરે સમાન અભ્યાસક્રમ રાખવાની સરકારશ્રીની નીતિના અનુસંધાને ગુજરાત સરકાર તથા ગુજરાત માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિક શિક્ષણ બોર્ડ દ્વારા તા. 25/10/2017ના ઠરાવ ક્રમાંક મશબ/1217/1036/છ થી શાળા કક્ષાએ NCERTના પાઠ્યપુસ્તકોનો સીધો જ અમલ કરવાનો નિર્ણય કરવામાં આવ્યો. તેને અનુલક્ષીને NCERT, નવી દિલ્હી દ્વારા પ્રકાશિત **ધોરણ XI**ના **જીવવિજ્ઞાન** વિષયના પાઠ્યપુસ્તકનો ગુજરાતીમાં અનુવાદ કરીને વિદ્યાર્થીઓ સમક્ષ મૂકતાં ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ આનંદ અનુભવે છે.

આ પાઠ્યપુસ્તકનો અનુવાદ તથા તેની સમીક્ષા નિષ્ણાત પ્રાધ્યાપકો અને શિક્ષકો પાસે કરાવવામાં આવ્યા છે અને સમીક્ષકોનાં સૂચનો અનુસાર હસ્તપ્રતમાં યોગ્ય સુધારા-વધારા કર્યા પછી આ પાઠ્યપુસ્તક પ્રસિદ્ધ કરતાં પહેલા આ પાઠ્યપુસ્તકની મંજૂરી માટે એક સ્ટેટ લેવલની કમિટીની રચના કરવામાં આવી. આ કમિટીની સાથે NCERTના પ્રતિનિધિ તરીકે RIE, ભોપાલથી ઉપસ્થિત રહેલા નિષ્ણાતોની સાથે એક ત્રિદિવસીય કાર્યશિબિરનું આયોજન કરવામાં આવ્યું અને પાઠ્યપુસ્તકને અંતિમ સ્વરૂપ આપવામાં આવ્યું. જેમાં, ડૉ. એસ. કે. મકવાણા (RIE, ભોપાલ), ડૉ. કલ્પના મસ્કી (RIE, ભોપાલ), ડૉ. એન. બી. પટેલ, ડૉ. આર. એસ. હર્ડીકર, શ્રી નીતિન ડી. દવે, શ્રીમતી સોનલ ટી. ભાટિયા અને શ્રી પ્રશાંત મહેતાએ ઉપસ્થિત રહી પોતાના કીમતી સૂચનો અને માર્ગદર્શન પૂરા પાડ્યા છે.

પ્રસ્તુત પાઠ્યપુસ્તકને રસપ્રદ, ઉપયોગી અને ક્ષતિરહિત બનાવવા માટે માન. અગ્રસચિવશ્રી (શિક્ષણ) દ્વારા અંગત રસ લઈને જરૂરી માર્ગદર્શન આપવામાં આવ્યું છે. મંડળ દ્વારા પૂરતી કાળજી લેવામાં આવી છે, તેમ છતાં શિક્ષણમાં રસ ધરાવનાર વ્યક્તિઓ પાસેથી ગુણવત્તા વધારે તેવાં સૂચનો આવકાર્ય છે.

NCERT, નવી દિલ્હીના સહકાર બદલ તેમના આભારી છીએ.

પી. ભારતી (IAS)

નિયામક — કાર્યવાહક પ્રમુખ

તા.04-11-2019 — ગાંધીનગર

પ્રથમ આવૃત્તિ : 2018, પુનઃમુદ્રણ : 2019, 2020

પ્રકાશક: ગુજરાત રાજ્ય શાળા પાઠ્યપુસ્તક મંડળ, 'વિદ્યાયન', સૅક્ટર 10-એ, ગાંધીનગર વતી પી. ભારતી (IAS), નિયામક

મુદ્રક :

Foreword

The National Curriculum Framework (NCF) 2005, recommends that children's life at school must be linked to their life outside the school. This principle marks a departure from the legacy of bookish learning which continues to shape our system and causes a gap between the school, home and community. The syllabi and textbooks developed on the basis of NCF signify an attempt to implement this basic idea. They also attempt to discourage rote learning and the maintenance of sharp boundaries between different subject areas. We hope these measures will take us significantly further in the direction of a child-centred system of education outlined in the National Policy on Education (1986).

The success of this effort depends on the steps that school principals and teachers will take to encourage children to reflect on their own learning and to pursue imaginative activities and questions. We must recognise that, given space, time and freedom, children generate new knowledge by engaging with the information passed on to them by adults. Treating the prescribed textbook as the sole basis of examination is one of the key reasons why other resources and sites of learning are ignored. Inculcating creativity and initiative is possible if we perceive and treat children as participants in learning, not as receivers of a fixed body of knowledge.

These aims imply considerable change in school routines and mode of functioning. Flexibility in the daily time-table is as necessary as rigour in implementing the annual calendar so that the required number of teaching days are actually devoted to teaching. The methods used for teaching and evaluation will also determine how effective this textbook proves for making children's life at school a happy experience, rather than a source of stress or boredom. Syllabus designers have tried to address the problem of curricular burden by restructuring and reorienting knowledge at different stages with greater consideration for child psychology and the time available for teaching. The textbook attempts to enhance this endeavour by giving higher priority and space to opportunities for contemplation and wondering, discussion in small groups, and activities requiring hands-on experience.

The National Council of Educational Research and Training (NCERT) appreciates the hard work done by the textbook development committee responsible for this book. We wish to thank the Chairperson of the advisory group in science and mathematics, Professor J.V. Narlikar and the Chief Advisor for this book, Professor K. Muralidhar, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi for guiding the work of this committee.

Several teachers contributed to the development of this textbook. We are grateful to their principals for making this possible. We are indebted to the institutions and organisations which have generously permitted us to draw upon their resources, material and personnel. We are especially grateful to the members of the National Monitoring Committee, appointed by the Department of Secondary and Higher Education, Ministry of Human Resource Development under the Chairpersonship of Professor Mrinal Miri and Professor G.P. Deshpande, for their valuable time and contribution.

As an organisation committed to systemic reform and continuous improvement in the quality of its products, NCERT welcomes comments and suggestions which will enable us to undertake further revision and refinement.

Director
National Council of Educational
Research and Training

New Delhi
20 December 2005

Textbook Development Committee

Chairperson, Advisory Group for Textbooks in Science and Mathematics

J.V. Narlikar, *Emeritus Professor*, Chairman, Advisory Committee, Inter University Centre for Astronomy and Astrophysics (IUCAA), Pune University, Pune

Chief Advisor

K. Muralidhar, *Professor*, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi

Members

Ajit Kumar Kavathekar, *Reader* (Botany), Sri Venkateswara College, University of Delhi, Delhi

B.B.P. Gupta, *Professor*, Department of Zoology, North-Eastern Hill University, Shillong

C.V. Shimray, *Lecturer*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

Dinesh Kumar, *Reader*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

J.S. Gill, *Professor*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

K. Sarath Chandran, *Reader* (Zoology), Sri Venkateswara College, University of Delhi, Delhi

Nalini Nigam, *Reader* (Botany), Ramjas College, University of Delhi, Delhi

Pratima Gaur, *Professor*, Department of Zoology, University of Allahabad, Allahabad

Ratnam Kaul Wattal, *Reader* (Botany), Zakir Hussain College, University of Delhi, Delhi

R.K. Seth, *UGC Scientist C*, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi

R.P. Singh, *Lecturer* (Biology), Rajkiya Pratibha Vikas Vidyalaya, Kishan Ganj, Delhi

Sangeeta Sharma, *PGT* (Biology), Kendriya Vidyalaya, JNU, New Delhi

Savithri Singh, *Principal*, Acharya Narendra Dev College, University of Delhi; *Former Fellow*, Centre for Science Education and Communication, University of Delhi, Delhi

S.C. Jain, *Professor*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT

Sunaina Sharma, *Lecturer* (Biology), Rajkiya Pratibha Vikas Vidyalaya, Dwarka, New Delhi

Tejinder Chawla, *PGT* (Biology), Guru Harkrishan Public School, Vasant Vihar, New Delhi

T.N. Lakhanpal, *Professor* (Retd.), Department of Bio Sciences, Himachal Pradesh University, Shimla

U.K. Nanda, *Professor*, Regional Institute of Education, Bhubaneshwar

Member-Coordinator

B.K. Tripathi, *Reader*, Department of Education in Science and Mathematics, NCERT.

ACKNOWLEDGEMENTS

National Council of Educational Research and Training (NCERT) gratefully acknowledges the contribution of the individuals and organisations involved in the development of the Biology textbook for Class XI. The Council is grateful to Arvind Gupte, *Principal (Retd.),* Government Collegiate Education Services, Madhya Pradesh; Shailaja Hittalmani, *Associate Professor* (Genetics), University of Agricultural Sciences, Bangalore; K.R. Shivanna, *Professor (Retd.),* Department of Botany, University of Delhi, Delhi; R.S. Bedwal, *Professor*, Department of Zoology, University of Rajasthan, Jaipur; P.S. Srivastava, *Professor,* Department of Biotechnology, Hamdard University, New Delhi and Pramila Shivanna, *former Teacher*, D.A.V. School, Delhi, for their valuable suggestions. The Council is also thankful to V.K. Bhasin, *Professor and Head*, Department of Zoology, University of Delhi, Delhi; P.P. Bakre, *Professor and Head*, Department of Zoology, University of Rajasthan, Jaipur and Savithri Singh, *Principal*, Acharya Narendra Dev College, New Delhi for their support. The Council is also grateful to B.K. Gupta, *Scientist*, Central Zoo Authority, New Delhi for providing pictures of zoological parks and Sameer Singh for the pictures on the front and back cover. All the other photographs used in the book provided by Savithri Singh and taken at either at NCERT, IARI Campus or Acharya Narendra Dev College is gratefully acknowledged.

NCERT sincerely acknowledges the contributions of the members who participated in the review of the manuscripts – M.K. Tiwari, *PGT* (Biology), Kendriya Vidyalaya, Mandsaur, Madhya Pradesh; Maria Gracias Fernandes, *PGT* (Biology), G.V.M.S. Higher Secondary, Ponda, Goa; A.K. Ganguly, *PGT* (Biology), Jawahar Navodaya Vidyalaya, Roshnabad, Haridwar; Shivani Goswami, *PGT* (Biology), The Mother's International School, New Delhi and B.N. Pandey, *Principal*, Ordinance Factory Sr. Sec. School, Dehradun.

The Council is highly thankful to M. Chandra, *Professor and Head,* DESM; Hukum Singh, *Professor*, DESM, NCERT for their valuable support throughout the making of this book.

The Council also gratefully acknowledges the contribution of Deepak Kapoor, *Incharge*, Computer Station; Mohd. Khalid Raza and Arvind Sharma, *DTP operators*; Saswati Banerjee, *Copy Editor*; Archana Srivastava, *Proof Reader* and APC office and administrative staff of DESM, NCERT.

The efforts of the Publication Department, NCERT in bringing out this publication are also appreciated.

શિક્ષકો અને વિદ્યાર્થીઓ માટે એક નોંધ

જીવવિજ્ઞાન એ જીવનનું વિજ્ઞાન છે. તે પૃથ્વી પરના જીવનની વાર્તા છે. તે જૈવસ્વરૂપો તથા જીવંત પ્રક્રિયાઓનું વિજ્ઞાન છે. જૈવિક તંત્રો (biological systems), ઘણીવાર એવા ભૌતિક નિયમો(physical laws)ને પડકારતા દેખાય છે જે આપણા વિશ્વમાં દ્રવ્ય અને ઉર્જા(matter and energy)ની પ્રકૃતિ કે વ્યવહારને સંચાલિત કરે છે. ઐતિહાસિક રીતે, જૈવ વૈજ્ઞાનિક જ્ઞાન એ માનવ શરીર અને તેની ક્રિયાવિધિ માટેની આનુસંગિક જાણકારી હતી. પછીથી આપણે જાણીએ છીએ કે તે તબીબી વ્યવસાય(medical practice)નો આધાર બન્યો છે. આથી, જૈવ વૈજ્ઞાનિક જ્ઞાનના ભાગનો અંશતઃ વિકાસ માનવ ઉપયોગિતા કે તેના પ્રયોજનથી સ્વતંત્ર રીતે વિકાસ પામ્યો. જીવનની ઉત્પત્તિ, જૈવ વિવિધતાની ઉત્પત્તિ અને વૃદ્ધિ, વિવિધ નિવાસસ્થાનોના વનસ્પતિ સમૂહો (flora) અને પ્રાણી સમૂહો(fauna)નો ઉદ્‌વિકાસ વગેરે વિશેના મૂળભૂત પ્રશ્નો જીવ વૈજ્ઞાનિકોની પરિકલ્પનાઓમાં સમાયા.

સજીવ જીવનનું વિસ્તૃત વર્ણન, ભલે તે બાહ્યાકાર વિદ્યાકીય પરિપ્રેક્ષ (દૃષ્ટિકોણ-perspective), દેહધાર્મિક પરિપ્રેક્ષ, વર્ગીકરણીય પરિપ્રેક્ષ વગેરેમાંથી હોય, આ બધાએ વૈજ્ઞાનિકોને સંપૂર્ણ રીતે આકર્ષિત કર્યા, પરંતુ બીજુ કંઈ નહીં તો અનુકૂળતા પ્રમાણે, તેઓએ વનસ્પતિ વિજ્ઞાન તેમજ પ્રાણીવિજ્ઞાન સંલગ્ન ઉપશાખાઓમાં વિષયવસ્તુનું કૃત્રિમ વિભાજન કર્યું તથા પછીથી સૂક્ષ્મ જીવવિજ્ઞાન સંલગ્ન ઉપશાખાઓ કે ઉપખંડો(sub-disciplines)માં પણ વિષયવસ્તુનું કૃત્રિમ રીતે વિભાજન કર્યું. આ દરમિયાન, જીવવિજ્ઞાનમાં ભૌતિક વિજ્ઞાનની સઘન ભાગીદારી થઈ અને જીવવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં જૈવ રસાયણ (biochemistry) તથા જૈવ ભૌતિક (biophysics) જેવી નવી નવી ઉપશાખાઓ સ્થાપિત થઈ. 20મી સદીના આરંભમાં મેન્ડેલનું કાર્ય તેમજ તેમના પુનઃસંશોધનોએ જનીનશાસ્ત્ર- (આનુવંશિક વિજ્ઞાન - genetic)ના અધ્યયનને પ્રોત્સાહિત કર્યું. DNAની બેવડી કુંતલમય સંરચના(double helical structure of DNA)ની શોધ તથા અનેક જૈવિક અણુઓની ત્રિ-પારિમાણિક સંરચનાઓ(three dimensional structures)ના ગૂઢ રહસ્યમયી ઉકેલે પ્રભુત્વપૂર્ણ આણ્વિક જીવવિજ્ઞાન(molecular biology)ના ક્ષેત્રને એક ઘટનાત્મક વિકાસ આપ્યો અને તેને સ્થાપિત પણ કર્યો. એક અર્થમાં, કાર્યાત્મક (કાર્યલક્ષી-functional) વિદ્યાશાખાઓ કે જે જૈવિક પ્રક્રિયાઓમાં સમાવિષ્ટ ક્રિયાવિધિ ઉપર વધારે પ્રભાવ પાડે છે તેને અધિક ધ્યાન (more attention), સમર્થન (support), બૌદ્ધિક (intellectual) તથા સામાજિક (social) માન્યતા પ્રાપ્ત થઈ. દુર્ભાગ્યવશ જીવવિજ્ઞાનને સંસ્થાપિત તેમજ આધુનિક (classical and modern) જીવવિજ્ઞાનમાં વહેંચી દીધુ. આથી ઘણા બધા કાર્યરત જૈવ વૈજ્ઞાનિકોના પ્રયત્નોનું લક્ષ જૈવ વૈજ્ઞાનિક સંશોધનો, જીજ્ઞાસા તેમજ પરિકલ્પનાઓ પ્રેરિત બૌદ્ધિક પ્રયોગો વગેરેની અપેક્ષા કેટલીક વધારે પડતી અનુભવવાદી બની ગઈ જેમ કે; સૈદ્ધાંતિક ભૌતિકી (theoretical physics), પ્રયોગાત્મક ભૌતિકી (experimental physics), સંરચનાત્મક રસાયણવિજ્ઞાન (structural chemistry) તેમજ પદાર્થ વિજ્ઞાન(material science)માં હોય છે. સૌભાગ્યવશ તથા સહજ રીતે પણ જીવવિજ્ઞાનની સામાન્ય એકીકૃત સિદ્ધાંતોની શોધો તેમજ સંશોધનો થયા અને તેમનું મહત્ત્વ પણ વધ્યું. ડોબઝેન્સ્કી (Dobhzhansky), હાલ્ડેન (Haldane), પેરુઝ (Perutz), ખોરાના (Khorana), મૉર્ગન (Morgan), ડાર્લિંગ્ટન (Darlington), ફિશર (Fisher) તથા અન્ય વૈજ્ઞાનિકોનાં કાર્યોથી જીવવિજ્ઞાનની સંસ્થાપિત તેમજ આણ્વિક એમ બંને વિદ્યાશાખાઓને સન્માન તેમજ ગરિમા પ્રાપ્ત થઈ. પરિસ્થિતિવિદ્યા તથા તંત્રીકી (વર્ગીકી) જીવવિજ્ઞાન એકીકૃત જીવવિજ્ઞાનની વિદ્યાશાખાઓના સ્વરૂપે સ્થાપિત થઈ. જીવવિજ્ઞાનના દરેક ક્ષેત્રોનો, જીવવિજ્ઞાનની વિશિષ્ટ શાખાઓ જ માત્ર નહીં પરંતુ વિજ્ઞાન તેમજ ગણિતની વિવિધ વિદ્યાશાખાઓની સાથે પણ તેમનો સંબંધ વિકસિત થયો. જોકે તેમની વચ્ચેની સીમાઓ સમાપ્ત થવા લાગી છે અને હવે તે સીમાઓ પૂર્ણ રૂપે વિલુપ્ત થવાના આરે છે. માનવ જીવવિજ્ઞાન (human biology), જૈવચિકિત્સા વિજ્ઞાન (biomedical science), ખાસ કરીને માનવ મસ્તિષ્કની સંરચના, કાર્ય તથા વિકાસમાં થયેલી વિશેષ પ્રગતિએ જીવવિજ્ઞાનને મર્યાદિત તથા રહસ્યમય બનાવી દીધું અને દાર્શનિક સૂક્ષ્મદૃષ્ટિ પ્રદાન કરી, ત્યાં સુધી કે જીવવિજ્ઞાન આજે પ્રયોગશાળાઓ (laboratories), સંગ્રહાલયો (museums) તથા પ્રાકૃતિક ઉદ્યાનો (natural parks) સુધી સિમિત ન રહેતાં જનમાનસની આકાંક્ષાઓ સાથે જોડાયેલી સામાજિક (social), આર્થિક (economical) તેમજ સાંસ્કૃતિક (cultural) સમસ્યાઓ તથા રાજનીતિઓની વિષયવસ્તુ બની ગઈ છે. શિક્ષણવિદો પણ પાછળ રહ્યા નથી અને તેમણે એ અનુભવ્યુ કે શૈક્ષણિક પ્રશિક્ષણના દરેક તબક્કાઓમાં સવિશેષ શાળા અને સ્નાતક કક્ષાના સ્તરે જીવવિજ્ઞાનને આંતરશાખાઓ સંબંધિત અને સંકલિત જીવવિજ્ઞાનના પરિપ્રેક્ષમાં ભણાવવું જોઈએ. જીવવિજ્ઞાનના બધા જ મૂળભૂત વ્યવહારિક તેમજ બુનિયાદી ક્ષેત્રોમાં આજે સામન્વયિક નવીનીકરણ કરવાની જરૂરિયાત છે. જીવવિજ્ઞાન આજના યુગની આવશ્યકતા છે. તેની અનિર્વચનીય સ્વતંત્ર દૃઢ સંકલ્પનાઓ જે ભૌતિકશાસ્ત્ર, રસાયણશાસ્ત્ર તથા ગણિતના વિષયો જેવી સાર્વત્રિક છે.

શાળા સ્તરે બાળકો માટે આ પુસ્તક સંકલિત જીવવિજ્ઞાન(integrated biology)ની પહેલી પ્રસ્તુતિ છે. જીવવિજ્ઞાનના શિક્ષણ તેમજ અભ્યાસમાં ભૌતિકશાસ્ત્ર, રસાયણશાસ્ત્ર વગેરે જેવી અન્ય વિદ્યાશાખાઓના સમન્વયના અભાવે તેની એક ખામી રહી છે. તે ઉપરાંત ભૌતિક-રસાયણ (bio-chemistry) પરિપ્રેક્ષમાં જોવામાં આવે તો વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ તથા સૂક્ષ્મ જીવાણુઓમાં અનેક પ્રક્રિયાઓ એકસરખી છે. કોષવિજ્ઞાને (cell biology) વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ તથા સૂક્ષ્મ જીવાણુઓમાં સમાવેશિત દેખીતા વિવિધ સ્પષ્ટ, પ્રત્યાભાસોને એકીકૃત સામાન્ય કોષીય ક્રિયાવિધિઓના સ્તરે પ્રગટ કર્યા છે. એવી જ રીતે, આણ્વિક વિજ્ઞાને (ઉદાહરણ રૂપે જૈવરસાયણ કે આણ્વિય જીવવિજ્ઞાન) એ જાહેર કર્યું કે આ બધા દેખીતી રીતે સ્પષ્ટ વિવિધ સજીવો જેવા કે વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ તથા સૂક્ષ્મ જીવાણુઓમાં સમાન આણ્વિક તંત્ર (molecular system) હોય છે. વનસ્પતિઓ તથા પ્રાણીઓમાં શ્વસન (respiration), ચયાપચય (metabolism), ઊર્જાની ઉપયોગિતા (energy utilization), વૃદ્ધિ (growth), પ્રજનન (reproduction) તેમજ વિકાસ (development) જેવી ઘટનાઓ કે પ્રત્યાભાસોની ચર્ચા અપેક્ષાકૃત રીતે ભિન્ન-ભિન્ન અસંબંધિત વિરોધાભાસી તથ્યોની પ્રસ્તુતિથી એકસરખી રીતે કરી શકાય છે. આવી વિવિધ તથા વિશિષ્ટ વિદ્યાશાખાઓ(diverse disciplines)ને એકીકૃત કરવાનો પ્રયત્ન આ પુસ્તકમાં કરવામાં આવ્યો છે. આમ આજ સુધી આ સંકલન આંશિક જ રહ્યું છે નહીં તે પરિપૂર્ણ. આશા છે કે આગળના (ભવિષ્યના) કેટલાક વર્ષોમાં શિક્ષણ અને શીખવાના ક્ષેત્રોમાં થવાવાળા પરિવર્તનોથી આ પુસ્તકની આગળની આવૃત્તિમાં વનસ્પતિશાસ્ત્ર (botany), પ્રાણીશાસ્ત્ર (zoology) તથા સૂક્ષ્મ જીવાણુશાસ્ત્ર(microbiology)નો સમન્વય ખૂબ જ સારી રીતે પ્રદર્શિત થશે અને જીવવિજ્ઞાનની પ્રકૃતિ સાચા અર્થમાં પ્રતિબિંબિત થશે જે મનુષ્ય માટે, મનુષ્યના દ્વારા જ મનુષ્યનું ભાવિ વિજ્ઞાન છે.

અગિયારમા ધોરણના જીવવિજ્ઞાનના આ નવા પુસ્તકના પાઠ્યક્રમમાં થયેલા ફેરફારો તેમજ રૂપરેખાને ધ્યાનમાં રાખતાં સંપૂર્ણરીતે પુનઃલેખિત છે. આ પુસ્તક રાષ્ટ્રીય પાઠ્યક્રમ માળખા–2005 (National Curriculum framework–2005)ના દિશાનિર્દેશનોના અભિપ્રાયને અનુરૂપ છે. વિષયવસ્તુને પાંચ એકમો (units) અંતર્ગત 22 પ્રકરણો(chapters)માં પ્રસ્તુત કરવામાં આવી છે. દરેક એકમ તેમાં આવતા પ્રકરણોની પૂર્વભૂમિકા ધરાવે છે જે એકમ હેઠળ અનુસરતા પ્રકરણોના સાર પર પ્રકાશ પાડે છે. પ્રત્યેક એકમોમાં સંબંધિત ક્ષેત્રના પ્રખ્યાત વૈજ્ઞાનિકનો સંક્ષિપ્ત જીવન-પરિચય રેખાચિત્રણ (biographical sketch) આપવામાં આવ્યો છે. દરેક પ્રકરણના પ્રથમ પૃષ્ઠ પર બધા ઉપશિર્ષકો(sub-headings)ને ક્રમવાર પ્રસ્તુત કરવામાં આવ્યા છે તથા પ્રકરણ અંતર્ગત તેમને દશાંશ અંકક્રમની પદ્ધતિ(decimal system)માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે. પ્રકરણના અંતમાં પાઠનો સારાંશ (summary) આપવામાં આવ્યો છે, જે વિદ્યાર્થીઓને ધ્યાન અપાવે છે કે તેણે કે તેણીએ આ પ્રકરણના અભ્યાસ દ્વારા કેટલું અને કેવું શીખવા જેવું અપેક્ષિત છે. દરેક પ્રકરણના નિત્કર્ષ સ્વરૂપ અંતમાં કેટલાક પ્રશ્ન સમૂહો (set of questions) આપવામાં આવ્યા છે. આ પ્રશ્નો અનિવાર્યપણે વિદ્યાર્થીઓની – તે કે તેણીની પોતાની જાત કસોટી માટે કે વિષયવસ્તુની સમજણને પારખવા તૈયાર કરવામાં આવ્યા છે કે તેઓ વિષયવસ્તુને કેટલી સમજ્યા છે. કેટલાક પ્રશ્નો પૂર્ણપણે સૂચના તેમજ સ્મૃતિ પર આધારિત છે તો કેટલાક વિશ્લેષણાત્મક વિચાર (analytical thinking) પર આધારિત છે જે સાચી સમજણ(true understanding)ની પરખ કરે છે. કેટલાક પ્રશ્નો સમસ્યા પ્રધાન છે જેનું સરળીકરણ અને જવાબ શોધવા માટે વિશ્લેષણ તેમજ અંતઃદૃષ્ટિની આવશ્યકતા હોય છે. આ બધાથી વિદ્યાર્થીના મગજમાં વિષયવસ્તુની વિવેચનાત્મક સમજણની કસોટી થાય છે.

આ પુસ્તકની રચનામાં વર્ણનાત્મક શૈલી (narrative style), ચિત્રો (illustrations), અભ્યાસ પ્રવૃત્તિઓ (teaching activities), સ્વાધ્યાય કાર્ય (activity exercises), અભિવ્યક્તિની સુસ્પષ્ટતા (clarity of expression) તથા શાળામાં ઉપલબ્ધ સમયની અંદર જ વિષય કે મુદ્દાને પૂર્ણ કરવાને વિશેષ મહત્ત્વ આપવામાં આવ્યું છે. આ સુંદર પુસ્તકનું સરસ સ્વરૂપ લાવવા માટે કાર્યરત શિક્ષકો (practicing teachers) સહિત અત્યાધિક પ્રતિભાશાળી તેમજ સમર્પિત ઘણા બધા લોકો(extremely talented and dedicated people)નો સહયોગ મળ્યો છે. શાળા સ્તરે વિદ્યાર્થીઓ તેમજ શિક્ષકો માટે જીવવિજ્ઞાન ભાર ન બને એ સુનિશ્ચિત કરવું એ અમારો મુખ્ય ઉદ્દેશ રહ્યો છે. અમો વાસ્તવમાં એ કામના કરીએ છીએ કે જીવવિજ્ઞાનનું શિક્ષણ (teaching biology) તેમજ જીવવિજ્ઞાનને શીખવું (learning biology) એક આનંદદાયક પ્રવૃત્તિ (enjoyable activity) બને.

પ્રોફેસર કે. મુરલીધર
પ્રાણીશાસ્ત્ર વિભાગ
દિલ્હી યુનિવર્સિટી

અનુક્રમણિકા

FOREWORD iii

A NOTE FOR THE TEACHERS AND STUDENTS vii

એકમ 1

સજીવ વિશ્વમાં વિવિધતા **1-62**

પ્રકરણ 1 : સજીવ વિશ્વ 3

પ્રકરણ 2 : જૈવિક વર્ગીકરણ 16

પ્રકરણ 3 : વનસ્પતિ સૃષ્ટિ 29

પ્રકરણ 4 : પ્રાણીસૃષ્ટિ 46

એકમ 2

વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં રચનાકીય આયોજન **63-122**

પ્રકરણ 5 : સપુષ્પી વનસ્પતિઓની બાહ્યાકારવિદ્યા 65

પ્રકરણ 6 : સપુષ્પી વનસ્પતિઓની અંતઃસ્થ રચના 84

પ્રકરણ 7 : પ્રાણીઓમાં રચનાકીય આયોજન 100

એકમ 3

કોષ : રચના અને કાર્યો **123-172**

પ્રકરણ 8 : કોષ : જીવનનો એકમ 125

પ્રકરણ 9 : જૈવઅણુઓ 142

પ્રકરણ 10 : કોષચક્ર અને કોષવિભાજન 162

એકમ 4

વનસ્પતિ દેહધર્મવિદ્યા **173-254**

પ્રકરણ 11	: વનસ્પતિઓમાં વહન	175
પ્રકરણ 12	: ખનીજ પોષણ	194
પ્રકરણ 13	: ઉચ્ચકક્ષાની વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ	206
પ્રકરણ 14	: વનસ્પતિઓમાં શ્વસન	226
પ્રકરણ 15	: વનસ્પતિ વૃદ્ધિ અને વિકાસ	239

એકમ 5

માનવ દેહધર્મવિદ્યા **255-346**

પ્રકરણ 16	: પાચન અને અભિશોષણ	257
પ્રકરણ 17	: શ્વાસોચ્છ્વાસ અને વાયુઓનું વિનિમય	269
પ્રકરણ 18	: દેહજળ અને પરિવહન	280
પ્રકરણ 19	: ઉત્સર્ગ પેદાશો અને તેનો નિકાલ	293
પ્રકરણ 20	: પ્રચલન અને હલનચલન	305
પ્રકરણ 21	: ચેતાકીય નિયંત્રણ અને સહનિયમન	319
પ્રકરણ 22	: રાસાયણિક સહનિયમન અને સંકલન	334

એકમ 1
સજીવ વિશ્વમાં વિવિધતા
(Diversity in the Living World)

પ્રકરણ 1
સજીવ વિશ્વ
પ્રકરણ 2
જૈવિક વર્ગીકરણ
પ્રકરણ 3
વનસ્પતિ સૃષ્ટિ
પ્રકરણ 4
પ્રાણી સૃષ્ટિ

જીવવિજ્ઞાન એ જૈવ સ્વરૂપો અને સજીવોની ક્રિયાવિધિનું વિજ્ઞાન છે. સજીવ વિશ્વ એ નવાઈ પમાડે તેવી (amazing) સજીવોની વિવિધતા ધરાવે છે. પહેલાંનો માનવી નિર્જીવ દ્રવ્યો (inanimate matter) અને સજીવો વચ્ચેનો ભેદ (તફાવત) સરળતાથી સમજણ પામી શકતો હતો. આદિ માનવી કેટલાક નિર્જીવ દ્રવ્યો (પવન, સમુદ્ર, અગ્નિ વગેરે) અને પ્રાણીઓ તથા વનસ્પતિઓ પૈકી કેટલાકની પૂજા (deified) કરતો હતો. આવા નિર્જીવ અને સજીવ દ્રવ્યોના બધા જ સ્વરૂપોમાં ઉત્ક્રાંત સજીવોનું સામાન્ય લક્ષણ એ હતું કે તેઓ ડરનું ભાન કરતાં હતાં (sense of awe or fear). માનવીસહિત સજીવોનું વર્ણન માનવ ઇતિહાસમાં ખૂબ જ પાછળથી શરૂ થયું. જીવવિજ્ઞાનના માનવકેન્દ્રીત (anthropocentric) દ્રષ્ટિકોણથી સંતૃપ્ત થયેલો સમાજ એ જૈવ વૈજ્ઞાનિક જ્ઞાનમાં મર્યાદિત કે સિમિત પ્રગતિની નોંધણી કરી શક્યો છે. પદ્ધતિસર (systematic)ના અને ખૂબ જ મોટા પાયે જરૂરિયાતની બહાર કરાયેલા જૈવસ્વરૂપોના વર્ણને ઓળખવિધિ (identification), નામકરણ (nomenclature) અને વર્ગીકરણ (classification)ની વિસ્તૃત પદ્ધતીઓ પૂરી પાડી છે. સજીવો-સજીવો વચ્ચેની સમક્ષિતિજ (horizontally) અને લંબ (vertically) બંને રીતેની સામ્યતાઓ(similarities)ની સમજ અને તેમની ઓળખનો અભ્યાસ એ જ મોટો વળાંક હતો. બધા જ પ્રવર્તમાન સજીવો એકબીજાની સાથે સંકળાયેલા છે અને આ પૃથ્વી પર પહેલાં રહેતા હતા તે તમામ સજીવો સાથે પણ સંકળાયેલા છે, એવા સાક્ષાત્કાર(revelation)થી અહંકારી માનવીનું જૈવવિવિધતા (biodiversity)ના સંરક્ષણ માટે સાંસ્કૃતિક ગતિવિધિ(cultural movements)ઓ તરફ ધ્યાન ખેંચાયું. આ એકમના નીચેના પ્રકરણમાં વર્ગીકરણવિદોના પરિપ્રેક્ષ્ય (perspective)માંથી તમે પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓનું વર્ગીકરણ સમાવિષ્ટ વર્ણન મેળવી શકો છો.

અન્સ્ટ માયર
(Ernst Mayr)
(1904 – 2004)

Ernst Mayrનો જન્મ 5મી જુલાઈ 1904 માં કેમ્પટેન - Kempten(જર્મની -Germany)માં થયો હતો. હાવર્ડ યુનિવર્સિટીના ઉદ્‌વિકાસકીય જીવશાસ્ત્રી તરીકે તેઓ "20 મી સદીના ડાર્વિન" (Darwin of 20th century) કહેવાતા, કે જેઓ દરેક સમયના 100 મહાન વૈજ્ઞાનિકો પૈકી એક હતા. હાવર્ડ યુનિવર્સિટીમાં આર્ટ્સ અને વિજ્ઞાનપ્રવાહ વિભાગમાં 1953માં જોડાયા અને *Alexander Agassiz Professor of Zoology Emeritus* શીર્ષક સાથે અહોભાવિત થયા. 1975માં નિવૃત્ત થયા. તેમની 80 વર્ષની કારકિર્દી દરમિયાન તેમણે પક્ષીવિદ્ (ornithology), વર્ગીકરણવિદ્યા (taxanomy), પ્રાણીભૂગોળ (zoogeography), ઉદ્‌વિકાસ (evolution), પદ્ધતિસરનું વિજ્ઞાન (systematic), ઇતિહાસ (history) અને તત્ત્વજ્ઞાન (philosophy), જેવા જીવવિજ્ઞાનને લગતા સંશોધનો કર્યા. તેઓએ એકલા હાથે જાતિ વિવિધતાની ઉત્પત્તિ અંગેનો અભ્યાસ કર્યો જે ઉદ્‌વિકાસકીય જીવવિજ્ઞાનનો આજે પણ મુખ્ય પ્રશ્ન છે. તેઓ જીવશાસ્ત્રીય જાતિઓની વર્તમાન સ્વીકાર્ય (currently accepted) વ્યાખ્યાના પાયાના સ્થાપક પણ હતા. Ernst Mayrને જીવવિજ્ઞાનના ત્રણ તાજ (મુગટ) સમા (triple crown of biology) સંશોધનોના માનમાં (in regarded) ત્રણ પુરસ્કારોથી પુરસ્કૃત કરવામાં આવ્યા : જેવા કે *The Balzan Prize* in 1983, *The International Price for Biology* in 1994 and *The Crafoord Prize* in 1999. Ernst Mayr 100 વર્ષની ઉંમરે 2004માં મૃત્યુ પામ્યા.

પ્રકરણ 1

સજીવ વિશ્વ (The Living World)

1.1 સજીવ શું છે ?

1.2 સજીવ વિશ્વમાં વિવિધતા

1.3 વર્ગીકૃત કક્ષાઓ

1.4 વર્ગીકરણનાં સાધનો

સજીવ વિશ્વ કેટલું અદ્ભુત છે ! સજીવોના પ્રકારોની વિશાળ શ્રેણી નવાઈ પમાડે તેવી છે. સજીવોના સર્વોત્તમ કુદરતી નિવાસસ્થાનો (Extra ordinary habitats) જેવા કે ઠંડાગાર પર્વતો (cold mountains), પાનખર (પર્ણપ્રપાતિ) જંગલો (deciduous forest), મહાસાગરો (oceans) મીઠા પાણીના જળાશયો (freshwater lakes), રણ (deserts) કે ગરમ પાણીનાં ઝરા (hot springs) કે જેમાં આપણને સજીવો જોવા મળે છે તે અવાક્ કરી દે છે. ઝડપવાન ઘોડો (galloping horse), સ્થળાંતરિત થતા પક્ષીઓ (migrating birds), વેલી ઑફ ફ્લાવર્સ (valley of flowers) કે હુમલો કરતી શાર્ક (attacking shark), આ બધાની સુંદરતા આપણને તેમની પ્રત્યેનો આદરભાવ જગાડે છે અને અદ્ભુતતાની ઊંડી સમજ આપે છે. વસ્તીના સભ્યો વચ્ચેનો અને સમુદાયની વસ્તી વચ્ચેનો પરિસ્થિતિકીય સંઘર્ષ કે સહકાર (ecological conflict and co-operation) તથા તેવી જ રીતે કોષની અંદર રહેલી આણ્વીય ભરચકતા (molecular traffic) પણ આપણને વિચારતા કરી મૂકે છે કે વાસ્તવમાં જીવન શું છે ? આ સવાલ બે ગર્ભિત પ્રશ્નો (implicit questions) ધરાવે છે. પ્રથમ પ્રશ્ન પ્રાદ્યૌગિક (technical- તકનિકી) છે કે જે નિર્જીવની વિરુદ્ધમાં સજીવ શું છે તેનો જવાબ માગે છે અને બીજો પ્રશ્ન તત્ત્વજ્ઞાન (philosophical)ને લગતો છે. જીવનનો હેતુ શું છે તેનો જવાબ માગે છે. વૈજ્ઞાનિક તરીકે બીજા પ્રશ્નનો જવાબ શોધવા આપણે પ્રયાસ નહિ કરીએ. ચાલો, આપણે સજીવ શું છે ? તેના પર પ્રકાશ પાડવા પ્રયત્ન કરીશું.

1.1 સજીવ શું છે ? (What is Living ?)

જ્યારે સજીવને સંપૂર્ણ રીતે વ્યાખ્યાયિત કરવાનો પ્રયત્ન કરીએ ત્યારે આપણે સજીવો દ્વારા પ્રદર્શિત થતાં વિશિષ્ટ લક્ષણો પરંપરાગત રીતે જોવા પડે. વૃદ્ધિ, પ્રજનન, પર્યાવરણ પ્રત્યેની સભાનતા અને ચોક્કસ પ્રતિક્રિયા સજીવોનાં અજોડ લક્ષણો (unique features) તરીકેની ત્વરિત યાદ અપાવે છે. તેમાં આપણે ચયાપચય (metabolism), સ્વયંજનન પામવાની ક્ષમતા (ability to self replicate), સ્વઆયોજન (self organize), પરસ્પર આકર્ષણ અને એકબીજા પર પ્રભાવ (interact and emergence to each other) જેવાં થોડાક વધુ લક્ષણોનો આ યાદીમાં ઉમેરો કરી શકીએ. ચાલો, આપણે આમાંના દરેકને સમજવા પ્રયત્ન કરીએ.

બધા જ સજીવો વૃદ્ધિ પામે છે. કદ અને સંખ્યામાં થતો વધારો એ બે વૃદ્ધિનાં પૂરક લક્ષણો છે. બહુકોષીય સજીવો કોષ વિભાજનથી વૃદ્ધિ પામે છે. વનસ્પતિઓમાં વૃદ્ધિ કોષ વિભાજન દ્વારા જીવનપર્યંત થતી રહે છે જ્યારે પ્રાણીઓમાં ફક્ત ચોક્કસ ઉંમર સુધી જ જોવા મળે છે. નાશ પામેલા કોષોની જગ્યાએ કેટલીક પેશીઓમાં કોષવિભાજન થાય છે. એકકોષીય સજીવો પણ કોષવિભાજનથી વૃદ્ધિ પામે છે. માઇક્રોસ્કોપમાં કોષોની સંખ્યાની સરળ ગણતરી દ્વારા *in vitro* સંવર્ધન માધ્યમમાં આપણે સહેલાઈથી તેનું અવલોકન કરી શકીએ. ઉચ્ચ કક્ષાના પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓમાં મહદ્અંશે વૃદ્ધિ અને પ્રજનન પરસ્પર નિવારક ઘટનાઓ (mutual exclusive events) છે. એ યાદ રાખવું રહ્યું કે શરીરના કદમાં થતો વધારો વૃદ્ધિ તરીકે ગણવામાં આવે છે. જો શરીરના કદમાં થતા વધારાને વૃદ્ધિ માટેના માપદંડ તરીકે લઈએ તો નિર્જીવ (non living) વસ્તુઓ પણ તેની વ્યાખ્યામાં આવે. પર્વતો (mountains), તથા શીલાખંડો (boulders) અને રેતીના ઢગલાઓ (sand mounds) એ પણ તેની વ્યાખ્યામાં મુકવા પડે. અલબત્ત નિર્જીવ પદાર્થોમાં તેમની સપાટી પર થતા દ્રવ્યોના સંચય દ્વારા આ પ્રકારની વૃદ્ધિ થાય છે. સજીવોમાં દેહની અંદર તરફથી વૃદ્ધિ થાય છે. આથી વૃદ્ધિને સજીવોના પરિપૂર્ણ ગુણધર્મ તરીકે લઈ શકીએ નહીં. આમ કેટલીક શરતોને આધીન બધા જ સજીવોમાં જોવા મળી શકે, તેવાં લક્ષણોની સમજૂતી આપ્યા પછી જ આપણે સમજી શકીએ કે વૃદ્ધિ સજીવ તંત્રોનું લક્ષણ છે. મૃત સજીવો વૃદ્ધિ પામતા નથી.

પ્રજનન પણ સજીવોની એક લાક્ષણિકતા છે. સજીવ પુખ્ત વયે પોતાના જેવા જ બીજા નવા સજીવનું સર્જન કરે છે. આ ક્રિયાને પ્રજનન કહે છે. બહુકોષીય સજીવોમાં પ્રજનન દ્વારા નિર્માણ પામતી સંતતિઓ ઓછા-વધતા પ્રમાણમાં પિતૃઓ જેવો સરખો દેખાવ ધરાવે છે. નિર્વિવાદ અને નિ:શંકપણે આપણે તેનો લિંગી પ્રજનન તરીકે ઉલ્લેખ કરીએ. સજીવો અલિંગી રીતે પણ પ્રજનન કરે છે. ફૂગ તેના દ્વારા ઉત્પન્ન કરાયેલા લાખો અલિંગી બીજાણુઓ (asexual spores) દ્વારા સરળતાથી બહુગુણિત (multiplication) અને વિસ્તરિત થાય છે. યીસ્ટ અને હાઈડ્રા (જળવ્યાળ) જેવા નિમ્ન કક્ષાના સજીવોમાં આપણે કલિકાસર્જન (budding) જોઈએ છીએ. પ્લેનેરિયા (ચપટા કૃમિ)માં આપણે સાચુ પુન:સર્જન (regeneration) જોઈએ છીએ. એટલે કે, આ સજીવના ટુકડા ગુમાવેલા ભાગના પુનઃ સર્જન દ્વારા નવા સજીવનું સર્જન કરે છે. ફૂગ, તંતુમય લીલ, મોસના પ્રતંતુ બધા અવખંડન(fragmentation)થી સરળતાથી બહુગુણિત થાય છે. જ્યારે, બૅક્ટેરિયા, એકકોષીય લીલ કે અમીબા જેવા એકકોષીય સજીવોમાં પ્રજનનને વૃદ્ધિ સાથે સરખાવાય છે. દા. ત., કોષોની સંખ્યામાં થતો વધારો. આપણે કોષોના કદ કે સંખ્યામાં થતા વધારાની તુલના દ્વારા વૃદ્ધિને વ્યાખ્યાયિત કરી ચુક્યા છીએ. આથી, એકકોષીય સજીવોમાં આપણે નોંધ્યું કે વૃદ્ધિ અને પ્રજનન આ બે શબ્દોની ઉપયોગિતા વિશે આપણે વધુ સ્પષ્ટ નથી. ખચ્ચર (mule), વંધ્ય કામદાર માખી (sterile worker bees), વંધ્ય હોય એવું માનવ યુગલ (infertile human couple) વગેરે જેવા, ઘણા સજીવો પ્રજનન કરતા નથી. આમ, પ્રજનનનો પણ દરેક સજીવોના સંપૂર્ણ લક્ષણ તરીકે સમાવેશ કરી શકતા નથી. અલબત્ત નિર્જીવ પદાર્થો આપમેળે પ્રજનન કે સ્વયંજનન પામવાની ક્ષમતા ધરાવતા નથી.

સજીવની બીજી લાક્ષણિકતા ચયાપચય છે. બધા સજીવો રસાયણોના બનેલા છે. નાના કે મોટા, વિવિધ વર્ગોમાં સમાવેશિત, કદ, કાર્યો વગેરે સંબંધિત આ રસાયણો સતત બનાવવામાં આવે છે અને બીજા જૈવિક અણુઓમાં પરિવર્તિત પણ થાય છે. આ પ્રકારનું પરિવર્તન એ રાસાયણિક કે ચયાપચયિક પ્રતિક્રિયાઓ (metabolic reaction) છે. એકકોષીય કે બહુકોષીય બધા જ સજીવોમાં હજારો ચયાપચયિક ક્રિયાઓ એકસાથે થતી હોય છે. બધી જ

વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ, ફૂગ અને સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ ચયાપચયિક ક્રિયાઓ દર્શાવે છે. ચયાપચય એ આપણા શરીરમાં થતી બધી જ રાસાયણિક ક્રિયાઓનો સરવાળો છે. નિર્જીવ પદાર્થો ચયાપચય દર્શાવી શકતા નથી. કોષમુક્ત તંત્રો(cell free systems)માં દેહની બહારની બાજુએ આપણે ચયાપચયિક ક્રિયાઓનું નિરીક્ષણ કરી શકીએ છીએ, શરીર(દેહ)ની બહાર ટેસ્ટટ્યૂબમાં અલગ રીતે થતી એકલી ચયાપચયિક ક્રિયાઓ જીવંત કે નિર્જીવ નથી. જેથી, કોઈ પણ અપવાદ વગર ચયાપચયને દરેક સજીવોના સંપૂર્ણ લક્ષણ તરીકે સ્વીકારીએ, તો *in vitro* એટલે કે શરીરની બહાર થતી એકલી ચયાપચયિક ક્રિયાઓ જીવંત વસ્તુ નહીં પણ ચોક્કસ રીતે તે જૈવિક ક્રિયાઓ છે. **આથી, દેહનું કોષીય આયોજન (body organization) એ જૈવ સ્વરૂપોનું ચોક્કસ લક્ષણ છે.**

કદાચ, તેમની આસપાસની પરિસ્થિતિ કે પર્યાવરણ પ્રત્યેની અનુભૂતિના આવિષ્કારની ક્ષમતા (ability to sense their surroundings) અને પર્યાવરણીય ઉત્તેજનાઓ સામે પ્રતિક્રિયા (respond to environmental stimuli) એ દરેક સજીવોનું સ્પષ્ટ, દેખીતું અને તાંત્રિક રીતે જટિલ (technically complicated) લક્ષણ છે. આ અનુભૂતિ કે પ્રતિક્રિયા ભૌતિક, રાસાયણિક કે જૈવિક હોઈ શકે છે. સંવેદન અંગો દ્વારા આપણને પર્યાવરણની અનુભૂતિ થાય છે. વનસ્પતિઓ હોય કે પ્રાણીઓ બંને પ્રકાશ, પાણી, તાપમાન, અન્ય સજીવો, પ્રદૂષકો વગેરે જેવા બાહ્ય પરિબળો સામે પ્રતિક્રિયા આપે છે. આદિકોષકેન્દ્રીય(prokaryotes)થી લઈ ખૂબ જ જટિલ સુકોષકેન્દ્રીય (eukaryotes) બધા જ સજીવો પર્યાવરણના ઈશારા પ્રત્યે અનુભૂતિ અને પ્રતિક્રિયા દર્શાવતા હોય છે. ઋતુસંવર્ધિત (seasonal breeders) વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ બંને પ્રકારના સજીવોમાં પ્રજનન પર પ્રકાશઅવધિની અસર થાય છે. દરેક સજીવો તેમના શરીરમાં રસાયણોના પ્રવેશનું સંચાલન કરે છે. આમ, દરેક સજીવો તેમની આસપાસના પર્યાવરણથી જાગૃત (aware) જ હોય છે. માનવી માત્ર એક જ સજીવ છે કે જે આપમેળે જાગૃત રહે છે. દા. ત., સ્વયં-સભાનતા (self-consciousness). **આથી, સભાનતા એ દરેક સજીવોનો સંપૂર્ણ** ગુણધર્મ બને છે.

જ્યારે મનુષ્યની વાત આવે ત્યારે જીવંત અવસ્થાને વ્યાખ્યાયિત કરવી મુશ્કેલ છે. હૃદય અને ફેફસાંને બદલે માત્ર મશીનને આધારે દવાખાનામાં મુર્છામાં પડી રહેલા દર્દીઓને આપણે જોઈએ છીએ. બીજી રીતે કહીએ તો દર્દીનું મગજ અચેતન (brain dead) છે. દર્દી સ્વયં-સભાનતા કે સ્વયં-ચેતના ધરાવતું નથી. આવા દર્દીઓ કે જે ક્યારેય સામાન્ય જીવનમાં પાછા આવતા નથી તો તેમને સજીવ ગણવા કે નિર્જીવ ?

તમે જાણતા હશો કે ઉચ્ચ વર્ગોના સજીવોમાં જીવનની વિલક્ષણ ઘટનાઓ તેમના દેહની આંતરક્રિયાઓને લીધે શક્ય બને છે. પેશીના ગુણધર્મો તેના બંધારણને લીધે નથી પરંતુ તેના બંધારણમાં રહેલા કોષો વચ્ચેની આંતરક્રિયાઓ(interactions)નું પરિણામ છે. એ જ રીતે કોષીય અંગિકાઓના ગુણધર્મો તેના આણ્વીય બંધારણને લીધે નથી, પરંતુ તેમાં રહેલા આણ્વીય ઘટકો (molecular constituents) વચ્ચેની આંતરક્રિયાઓનું પરિણામ છે. આયોજન(organization)ના ઉચ્ચ સ્તરે આ આંતરક્રિયાઓ ઉચ્ચ ગુણધર્મોમાં પરિણમે છે. દરેક સ્તરે સંગઠનાત્મક જટિલતાની શ્રેણી(hierarchy) (ચઢતા-ઊતરતા ક્રમ)માં આ ઘટનાઓ સાચી છે. આથી, આપણે કહી શકીએ કે સજીવો સ્વયં-જનિત, સ્વયં-વિકસિત, બાહ્ય ઉત્તેજનાઓ સામે પ્રતિક્રિયા દાખવવાની ક્ષમતા ધરાવતા અને એકબીજા પર અસર કરતા સ્વયં-નિયંત્રિત તંત્રો છે. જીવવિજ્ઞાન એ પૃથ્વી પર રહેતા સજીવોના જીવનની અને તેમના ઉદ્વિકાસની વાર્તા છે. દરેક સજીવો - વર્તમાન, ભૂતકાળ અને ભવિષ્ય એ સામાન્ય જનીન દ્રવ્યની વહેંચણી દ્વારા એકબીજા સાથે સંકળાયેલ છે, પરંતુ આ જનીન દ્રવ્ય બધામાં વિવિધ અંશે ઓછું વધતું હોય છે.

1.2 સજીવ વિશ્વમાં વિવિધતા (Diversity in The Living World)

જો તમે આસપાસ જોશો તો તમને કૂંડામાં વાવેલા છોડ, કીટકો, પક્ષીઓ, પાલતુ કે અન્ય પ્રાણીઓ તથા વનસ્પતિઓ જેવી સજીવોની ઘણી જાતિઓ જોવા મળશે. આપણી આસપાસ એવા ઘણા સજીવો પણ છે કે જે આપણે નરી આંખે જોઈ શકતા નથી. જો તમે અવલોકન માટે ક્ષેત્ર વિસ્તારમાં વધારો કરો તો સજીવોના વ્યાપ અને વિવિધતામાં વધારો જોવા મળે છે. દેખીતી રીતે, જો તમે જંગલની મુલાકાત લીધી હશે તો તેમાં તમને વધુ સારી સંખ્યામાં વિવિધ પ્રકારના સજીવો જોવા મળ્યા હશે. તમે જોયેલી દરેક જુદા જુદા પ્રકારની વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ કે સજીવો જાતિ સ્વરૂપે રજૂ થતા હોય છે. હાલના તબક્કે વિશ્વમાં 1.7 થી 1.8 મિલિયન જેટલી જાતિઓની સંખ્યા ઓળખાયેલી છે અને તેમનું વર્ણન કરેલું છે. જે સંદર્ભે પૃથ્વી પર રહેલા સજીવોની સંખ્યા અને પ્રકારો એ **જૈવવિવિધતા(biodiversity)**નું નિર્દેશન કરે છે. આપણે અહીં યાદ રાખવા જેવું છે કે જેમ જેમ આપણા ક્ષેત્ર અવલોકનનો વિસ્તાર વધારીએ અને સતત નિરીક્ષણ કરતા રહીએ તેમ તેમ નવા વધુ ને વધુ પ્રમાણમાં સજીવોની અનેકવિધ જાતિઓ તાદૃશ્ય રીતે ઓળખાય.

અગાઉ દર્શાવ્યા પ્રમાણે, વિશ્વમાં લાખો વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ છે. આપણા વિસ્તારમાં રહેલી વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓને આપણે સ્થાનિક નામથી ઓળખીએ છીએ. આ સ્થાનિક નામ એક જ દેશમાં પણ જુદા જુદા સ્થળે અલગ અલગ હોય છે. સજીવો કે જેના વિશે આપણે વાત કરીએ છીએ તેનો ઉલ્લેખ કરવા સર્જાતી મુશ્કેલી કે જેનો આપણને કોઈ માર્ગ ન મળતો હોય અથવા એકબીજા સાથે વાર્તાલાપ ન થતો હોય તેને સંભવતઃ તમે જાણી શકો.

જેથી, ચોક્કસ સજીવ વિશે સચોટ વર્ણન કરવું હોય, કે જેના વિશે સૌ કોઈ જાણકારી મેળવે તે માટે દરેક સજીવોનું સાર્વત્રિક (universal) ચોક્કસ નામ હોવું જરૂરી છે. ચોક્કસ નિયમોને અનુસરીને નામ આપવાની આવી પદ્ધતિને **નામકરણ (nomenclature)** કહે છે. દેખીતી રીતે, નામાધિકરણ ત્યારે જ શક્ય બને છે કે જ્યારે તેનું સચોટ વર્ણન કરેલું હોય અને આપણે જાણતા હોઈએ કે તે નામ સાથે કયો સજીવ સંકળાયેલો છે, તેને તેની **ઓળખવિધિ (identification)** કહે છે.

અભ્યાસને સરળ બનાવવા ઘણા વૈજ્ઞાનિકોએ દરેક ઓળખાયેલા સજીવોના વૈજ્ઞાનિક નામ (scientific name) માટે વિવિધ પદ્ધતિઓ પ્રસ્થાપિત કરેલી છે. જે વિશ્વના બધા વૈજ્ઞાનિકોને સ્વીકાર્ય છે. વનસ્પતિઓના વૈજ્ઞાનિક નામ ઇન્ટરનેશનલ કૉડ ફૉર બોટનિકલ નોમેનક્લેચર (ICBN) દ્વારા અપાયેલા સિદ્ધાંતો (principles) અને માપદંડ (criteria) આધારિત હોય છે. તમે પૂછશો કે પ્રાણીઓનું નામકરણ કેવી રીતે થાય ? પ્રાણી વર્ગીકરણશાસ્ત્રીઓએ ઇન્ટરનેશનલ કૉડ ફૉર ઝુલોજીકલ નોમેનક્લેચર(ICZN) આધારિત નિયમો બનાવ્યા છે. કોઈ પણ સજીવનું વૈજ્ઞાનિક નામ વૈશ્વિક સ્તરે માત્ર એક જ નામ ધરાવે છે. તેમજ વિશ્વના કોઈ પણ ભાગમાં આવું નામ અન્ય કોઈ પણ સજીવ માટે વપરાતું નથી.

ઓળખાયેલા સજીવોનું નામકરણ આપવા જીવશાસ્ત્રીઓ સર્વ સ્વીકૃત સિદ્ધાંતોને અનુસરે છે. દરેક વૈજ્ઞાનિક નામ બે ઘટકો ધરાવે છે – **વંશગત નામ (generic name)** અને **જાતિ સંકેત પ્રત્યય (specific epithet)** એટલે કે અનુક્રમે પ્રજાતિ અને જાતિ. બે ઘટકો સાથે નામ આપવાની આ પદ્ધતિને **દ્વિનામી નામકરણ પદ્ધતિ** કહે છે. આ નામકરણ પદ્ધતિ કેરોલસ લિનિયસ (Carolus Linnaeus) દ્વારા આપવામાં આવી હતી કે જેને વિશ્વના વૈજ્ઞાનિકો અનુસરે છે. બે શબ્દો ધરાવતી આ નામકરણ પદ્ધતિ સાનુકૂળ સાબિત થયેલ છે.

ચાલો, આપણે આંબાનું ઉદાહરણ લઈ દ્વિનામી નામકરણ (binomial nomenclature) પદ્ધતિ સમજીએ. આંબાનું વૈજ્ઞાનિક નામ મેન્જીફેરા ઇન્ડીકા (*Mangifera indica*) લખાય છે. ચાલો, આપણે જોઈએ કે તે કેવી રીતે દ્વિનામી નામકરણ છે. આ નામમાં એ *Mangifera* પ્રજાતિ જ્યારે *indica* એ ચોક્કસ જાતિનું નામ કે પ્રત્યય છે. નામકરણ માટેના બીજા સાર્વત્રિક નિયમો નીચે પ્રમાણે છે :

1. જીવશાસ્ત્રીય નામ સામાન્ય રીતે લેટિન ભાષામાં અને ઇટાલિકમાં લખાય છે. જે તેના ઉદ્ભવ પ્રમાણે લેટિનમાંથી ઉતરી આવેલા શબ્દો છે.
2. જીવશાસ્ત્રીય નામમાં પ્રથમ શબ્દ પ્રજાતિ (genus) જ્યારે બીજો ઘટક કે પ્રત્યય એ જાતિ(species)નું સૂચન છે.
3. જીવશાસ્ત્રીય નામમાં બંને શબ્દો હસ્તલિખિત લખતા હોઈએ ત્યારે દરેક શબ્દ નીચે આડી લીટી કરવામાં આવે છે. તેનું મૂળ ઉદ્ભવ લેટિન બતાવવા ઇટાલિકમાં છાપવાનું હોય છે.
4. પ્રજાતિના નામનો પ્રથમ મૂળાક્ષર મોટી લિપિ(capital letter)માં જ્યારે ચોક્કસ જાતિનું નામ નાની લિપિમાં લખાય છે. દા.ત., *Mangifera indica.*

ચોક્કસ પ્રત્યય (epithet) પછી એટલે કે જીવશાસ્ત્રીય નામના અંતમાં સંશોધકનું નામ સંક્ષિપ્તમાં લખવામાં આવે છે. દા. ત., *Mangifera indica* Linn. તે દર્શાવે છે કે આ જાતિનું સૌપ્રથમ વર્ણન લિનિયસ દ્વારા કરવામાં આવ્યું હતું.

બધા જ સજીવોનું નામાધિકરણ કરવાનું શક્ય ના પણ હોય. જેથી પ્રથમ કક્ષાએ સજીવોની અર્થકારક જૂથ-વહેંચણી દ્વારા શક્ય બનાવાય છે. આ કાર્યપદ્ધતિને **વર્ગીકરણ (classification)** કહે છે. આમ, વર્ગીકરણ એ એક એવી કાર્યપદ્ધતિ છે કે જેમાં કોઈ પણ સજીવને વર્ગીકૃત કરવાની સગવડ ભરેલી કક્ષાઓ (categories)ની વ્યવસ્થા હોય તેમજ કેટલાક સરળતાથી નિરીક્ષણ કરી શકાય તેવાં લક્ષણો ઉપર આધારિત હોય. દા. ત., વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ, કૂતરાંઓ, બિલાડીઓ કે કીટકોના કેટલાક જૂથોને ઓળખી શકીએ. આવા જૂથ શબ્દનું પ્રયોજન કરતાની સાથે જ આપણે તે જૂથનાં ચોક્કસ લક્ષણો સાથે જોડાઈ જઈએ છીએ. કૂતરાં વિશે વિચારતા હોઈએ ત્યારે આપણી સમક્ષ તેની (કૂતરાની) કેવી છબી છતી થાય છે બિલાડીની નહીં ? હવે, જો આપણે આલ્સેસિયન વિશે વિચારતા હોઈએ તો, આપણે જાણીએ કે આપણે કોના વિશે વાત કરીએ છીએ. એ જ રીતે કોઈ સસ્તન (mammal) પ્રાણી જૂથની વાત કરીએ તો તમે તેવા પ્રાણી વિશે વિચારતા થશો કે જેને બાહ્ય કર્ણપલ્લવ અને શરીર પર વાળ હોય. તેવી જ રીતે વનસ્પતિમાં, જો ઘઉં વિશે આપણે વાત કરતા હોઈએ ત્યારે આપણા મગજમાં ઘઉંની છબી તાદશ્ય થાય છે, નહીં કે ચોખા અને અન્ય વનસ્પતિ. આથી, કૂતરાંઓ, બિલાડીઓ, સસ્તન, ઘઉં, ચોખા, વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ વગેરે જેવા સજીવોના અભ્યાસ માટે સુલભ કક્ષાઓ પાડેલી છે. આ કક્ષાઓ માટે વૈજ્ઞાનિક શબ્દ પ્રયોજન તરીકે **વર્ગકો (taxa)** શબ્દ વપરાય છે. આમ, વર્ગક એ જુદી જુદી કક્ષાઓનું નિર્દેશન કરે છે. વનસ્પતિઓનું પણ વર્ગક બને છે. ઘઉં પણ એક વર્ગક છે. એ જ રીતે પ્રાણીઓ, સસ્તનો, કૂતરાઓ બધા વર્ગકના સ્વરૂપો છે, પરંતુ તમે જાણો છો કે કૂતરાં એ સસ્તન (સ્તનધારી) છે અને સસ્તન એ બધા પ્રાણીઓ છે. આથી, પ્રાણીઓ, સસ્તન અને કૂતરાંઓ જુદા જુદા સ્તરે વિવિધ વર્ગક તરીકે રજૂ થાય છે.

આમ, લાક્ષણિકતાઓને આધારે બધા જ સજીવોને વિવિધ વર્ગકોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય. વિવિધ વર્ગકોમાં વર્ગીકૃત કરવાની આ પ્રક્રિયાને **વર્ગીકરણ** કહે છે અને વર્ગીકરણ પદ્ધતિના અભ્યાસને વર્ગીકરણવિદ્યા (taxonomy) કહે છે. સજીવોની કોષ રચનાની સાથે સાથે, બાહ્ય અને આંતરિક રચના,

વિકાસ પ્રક્રિયા અને પરિસ્થિકીય જાણકારી આવશ્યક છે અને તે આધુનિક વર્ગીકરણના અભ્યાસનો આધાર બને છે.

તેથી, લક્ષણીકરણ (characterization), ઓળખવિધિ (identification), વર્ગીકરણ (classification) અને નામકરણ (nomenclature) એ વર્ગીકરણવિદ્યાના અભ્યાસ માટેની મૂળભૂત પ્રક્રિયાઓ છે.

વર્ગીકરણ કોઈ નવી બાબત નથી. ખાસ કરીને પોતાના ઉપયોગ માટે માણસ જાત હંમેશાં વિવિધ પ્રકારના સજીવો વિશે જાણવામાં વધુ ને વધુ રસ દાખવે છે. શરૂઆતના દિવસોમાં માનવી તેની પાયાની જરૂરિયાતો જેવી કે ખોરાક, પહેરવા-ઓઢવા અને આશ્રયના સ્ત્રોત શોધતો હતો. જેથી, શરૂઆતનું વર્ગીકરણ વિવિધ સજીવોની ઉપયોગિતા આધારિત હતું.

ત્યાર પછી માનવી, માત્ર સજીવોના જુદા જુદા પ્રકારો અને વિવિધતા વિશે જ વધુ જાણવામાં રસ દાખવતો નહોતો પરંતુ તેમની વચ્ચે સંબંધો કેળવવા લાગ્યો. આ પ્રકારના અભ્યાસની શાખા **પદ્ધતિસરના વિજ્ઞાન (systematics)** તરીકે ઉલ્લેખાતી હતી. Systematics શબ્દ એ લેટિન શબ્દ systema શબ્દમાંથી ઉતરી આવેલો છે કે જેનો અર્થ સજીવોની પદ્ધતિસરની ગોઠવણી થાય છે. લિનિયસે તેના પ્રકાશનના શીર્ષક તરીકે *Systema Naturae* શબ્દ પ્રયોજન કર્યું હતું. પછી જેમ જેમ પદ્ધતિસર(systematics)ના વિજ્ઞાનનો વ્યાપ વધતો ગયો તેમ તેમ ઓળખવિધિ, નામકરણ અને વર્ગીકરણનો તેમાં સમાવેશ થતો ગયો. પદ્ધતિસરનું વિજ્ઞાન એ સજીવો વચ્ચેના ઉદ્‌વિકાસકીય સંબંધોનો અહેવાલ પણ ધ્યાને લેવામાં આવે છે.

1.3 વર્ગીકૃત કક્ષાઓ (Taxonomic Categories)

વર્ગીકરણ એ માત્ર એકાકી ચરણની પદ્ધતિ નથી, પરંતુ ક્રમશઃ શ્રેણીબદ્ધ ચરણ (hierarchy of steps) દર્શાવતી પદ્ધતિ છે કે જેમાં દરેક ચરણ હરોળ કે કક્ષા પ્રસ્તુત કરે છે. જો કક્ષા બધી જ દૃષ્ટિએ વર્ગીકૃત વ્યવસ્થાનો ભાગ હોય તો તેને **વર્ગીકૃત કક્ષા** કહે છે. આવી બધી કક્ષાઓ ભેગી મળીને **વર્ગીકૃત શ્રેણી (taxonomic hierarchy)** રચે છે. જેમાં દરેક કક્ષાને વર્ગીકરણના એક એકમ તરીકેના સંદર્ભમાં લેવામાં આવે છે, પરંતુ વાસ્તવમાં તે જે-તે હરોળ (rank) નિર્દેશિત કરે છે અને તેના માટે **વર્ગક (taxon)** શબ્દ પ્રયોજાય છે.

વર્ગીકૃત કક્ષાઓ અને ક્રમબદ્ધ શ્રેણી ઉદાહરણ દ્વારા સમજી શકાય છે. કીટકો એ ત્રણ જોડ સાંધાવાળા ઉપાંગો જેવાં સામાન્ય લક્ષણો દર્શાવતા સજીવોના જૂથ (group)નું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. એનો મતલબ એ થાય કે કીટકોમાં જોવા મળતાં (પ્રત્યક્ષ દેખાતા) લક્ષણોથી તે ઓળખાયા છે અને વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. તેથી તેમના માટે અલગ હરોળ કે કક્ષા અપાઈ છે. શું તમે સજીવોના બીજા જૂથોના નામ આપી શકો ? યાદ રાખવું રહ્યું કે જૂથો એ કક્ષા તરીકે રજૂ થાય છે. કક્ષાઓ આગળ જતાં હરોળનું સૂચન કરે છે. દરેક હરોળ વાસ્તવમાં, વર્ગીકરણના એકમ તરીકે રજૂ થાય છે. આ વર્ગીકૃત જૂથો કે કક્ષાઓ એ માત્ર બાહ્યરચનાઓ જ નહીં પરંતુ વિશિષ્ટ જૈવિક લક્ષણો દર્શાવે છે.

બધા ઓળખાયેલા સજીવોનો વર્ગીકરણીય અભ્યાસ એ સૃષ્ટિ, સમુદાય કે વિભાગ (વનસ્પતિઓ માટે), વર્ગ, શ્રેણી, ગોત્ર, કુળ, પ્રજાતિ અને જાતિ જેવી સામાન્ય કક્ષાઓના વિકાસ તરફ દોરી જાય છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણી સૃષ્ટિમાં સમાવેશિત બધા સજીવોમાં જાતિ એ નિમ્ન (Lowest) કક્ષાનો દરજ્જો છે. હવે તમે પ્રશ્ન પૂછશો કે કેવી રીતે સજીવોને વિવિધ કક્ષાઓમાં મૂકવા ? સજીવોને આવી જુદી જુદી

કક્ષાઓમાં મૂકવા માટે વ્યક્તિગત કે સજીવોનાં જૂથનાં લક્ષણોનું પાયાનું જ્ઞાન હોવું જરૂરી છે. આવા લક્ષણો સ્વતંત્ર રીતે તેના જેવા જ બીજા પ્રકારના સજીવો વચ્ચેની સામ્યતાઓ અને ભિન્નતાઓ ઓળખવામાં મદદરૂપ થાય છે.

1.3.1 જાતિ (Species)

વર્ગીકરણના અભ્યાસમાં, મૂળભૂત સામ્યતાઓ ધરાવતા સ્વતંત્ર સજીવોના જૂથની **જાતિ** તરીકે ગણના થાય છે. વિશિષ્ટ બાહ્યરચનાકીય તફાવતને આધારે એક જાતિ એ નજીકનો સંબંધ ધરાવતી અન્ય જાતિમાંથી અલગ કરી શકાય છે. ચાલો આપણે *Mangifera indica* (આંબો), *Solanum tuberosum* (બટાટા) અને *Panthera leo* (સિંહ) વિશે ચર્ચા કરીએ. અહીં, *indica, tuberosum* અને *leo* આ ત્રણ નામ ચોક્કસ જાતિ(species)ના પ્રત્યય તરીકે રજૂ થાય છે, જ્યારે પ્રથમ શબ્દો *Mangifera, Solanum* અને *Panthera* એ પ્રજાતિ (genus) છે અને તે હરોળ કે કક્ષાના બીજા ઉચ્ચ સ્તરનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. દરેક પ્રજાતિ એક કે એક કરતાં વધારે ચોક્કસ જાતિઓ (પ્રત્યયો) ધરાવી શકે છે કે જે અન્ય સજીવો તરીકે રજૂ થાય છે. પરંતુ તે બાહ્યરચનાકીય સમાનતાઓ ધરાવે છે. દા. ત., *Panthea* પ્રજાતિને બીજી *tigris* જાતિ છે અને *Solanum* પ્રજાતિ એ *nigrum* અને *melongena* જેવી બીજી જાતિઓ ધરાવે છે. માનવી એ *sapiens* (સેપિયન્સ) જાતિમાં સમાવેશિત છે કે જેનું જૂથ *Homo* પ્રજાતિમાં સમાવેશિત છે. આથી, માનવી માટે વૈજ્ઞાનિક નામ *Homo sapiens* તરીકે લખાય છે.

1.3.2 પ્રજાતિ (Genus)

નજીકના ગાઢ સંબંધ ધરાવતી જાતિઓનાં જૂથ એ **પ્રજાતિ**માં સમાવેશિત છે કે જે અન્ય પ્રજાતિની જાતિની સાપેક્ષે વધુ સામાન્ય લક્ષણો ધરાવે છે. આપણે કહી શકીએ કે ખૂબ જ નજીકનો સંબંધ ધરાવતી જાતિઓ ભેગી મળી પ્રજાતિ બનાવે છે. દા. ત., બટાટા અને રીંગણ બે જુદી જુદી જાતિ છે પરંતુ તે બંને (સોલેનમ) પ્રજાતિમાં સમાવેશિત છે. સિંહ - Lion (*P. leo*), દીપડો - Leopard (*P. pardus*) અને વાઘ - Tiger (*P. tigris*) આ ત્રણેય, કેટલાક સામાન્ય લક્ષણો સાથેની પેન્થેરા - *Panthera* પ્રજાતિની બધી જાતિઓ છે. આ પેન્થેરા - *Panthera* પ્રજાતિ એ અન્ય પ્રજાતિ ફેલિસ - *Felis* કરતાં જુદી પડે છે કે જે બિલાડી - catsની પ્રજાતિ છે.

1.3.3 કુળ (Family)

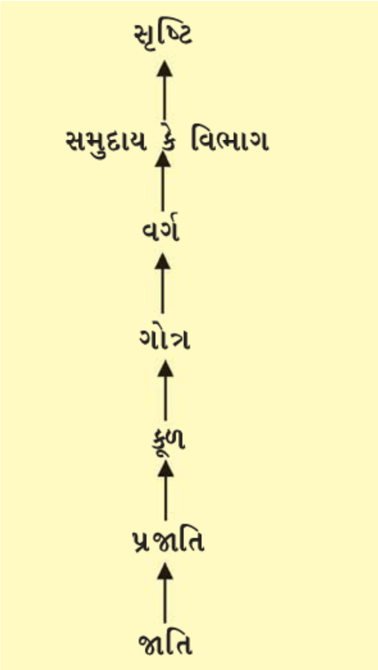
બીજી કક્ષા, **કુળ** એ પ્રજાતિ અને જાતિની સાપેક્ષમાં ઓછી સમાનતાઓ સાથેનું સંબંધિત પ્રજાતિઓનું જૂથ ધરાવે છે. કુળ એ વાનસ્પતિક (vegetative) અને પ્રાજનનિક (reproductive) એમ બંને લક્ષણોને આધારે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. દા. ત., વનસ્પતિઓના સમુદાયમાં સોલેનમ - *Solanum,* પિટુનિયા -*Petunia* અને ધતૂરા (*Dhatura*) ત્રણેય જુદી જુદી પ્રજાતિઓ એક જ કુળ સોલેનસી - Solanaceae માં મૂકાય છે. જ્યારે પ્રાણી સમુદાયમાં *leo* (સિંહ), *tigris* (વાઘ) અને *pardus* (દીપડો) વગેરે જાતિઓને સમાવતી *Panthera* પ્રજાતિ એ Felis(બિલાડી-cats)ની પ્રજાતિ સાથે ફેલીડી (Felidae) કુળમાં મુકવામાં આવે છે. એ જ રીતે તમે બિલાડી અને કૂતરાનાં બાહ્ય દેખાવનું નિરીક્ષણ કર્યું હશે તો તમે તેમનામાં કેટલીક સમાનતાઓ અને અસમાનતાઓ સારી રીતે જોઈ હશે. તેઓ બે અલગ કુળોમાં વિભાજીત છે : અનુક્રમે ફેલીડી - Felidae અને કેનીડી - Canidae.

1.3.4 ગોત્ર (Order)

આ પહેલાં તમે જોયું કે ઘણાં સરખાં લક્ષણોને આધારે સજીવોને જાતિઓ, પ્રજાતિઓ અને કુળો જેવી કક્ષાઓમાં વર્ગીકૃત કર્યા છે. સામાન્ય રીતે ગોત્ર અને અન્ય ઉચ્ચ વર્ગીકરણીય કક્ષાઓ એ લક્ષણોના સમૂહને આધારે ઓળખાય છે. કેટલાંક સરખા લક્ષણો ધરાવતા કુળો ભેગા થઈને ગોત્ર જેવી ઉચ્ચ કક્ષા બનાવે છે. કુળમાં અન્ય પ્રજાતિની સાપેક્ષે સરખા લક્ષણો ઓછી સંખ્યામાં હોય છે. કોન્વોલ્વુલેસી (Convolvulaceae) અને સોલેનેસી (Solanaceae) જેવા વનસ્પતિ કુળો મુખ્યત્વે તેમના પુષ્પીય લક્ષણોને આધારે એક જ ગોત્ર પોલીમોનિયેલ્સ - Polymonialesમાં સમાવેશિત છે. જ્યારે પ્રાણીઓમાં ફેલિડી (Felidae) અને કેનીડી (Canidae) જેવા કુળો એક જ ગોત્ર કાર્નિવોરા(Carnivora)માં સમાવેશિત છે.

1.3.5 વર્ગ (Class)

વર્ગકની આ કક્ષા નજીકના સંબંધિત ગોત્રોને સમાવે છે. દા. ત., વાનર, ગોરિલા અને ગીબ્બન વગેરે સમાવેશિત પ્રાઈમેટા (Primata) ગોત્ર તથા વાઘ, બિલાડી અને કૂતરા જેવા પ્રાણીઓ સમાવેશિત માંસાહારી કાર્નિવોરા (Carnivora) ગોત્ર બંનેને એક જ વર્ગ સસ્તન (Mammalia)માં સાથે જ મૂકવામાં આવે છે. સસ્તન વર્ગ બીજા પણ ગોત્રો ધરાવે છે.



આકૃતિ 1.1 : વર્ગીકરણની કક્ષાઓની ગોઠવણીનો ચઢતો ક્રમ દર્શાવતી શ્રેણી

1.3.6 સમુદાય (Phylum)

સસ્તનોના વર્ગની સાથે, મત્સ્ય (fishes), ઉભયજીવીઓ (amphibians), સરિસૃપો (reptiles), વિહગ (birds) આ બધા વર્ગોને સમુદાય કહેવાતા બીજા ઉચ્ચ કક્ષાના દરજ્જામાં મૂકવામાં આવે છે. મેરુદંડ (notochord) અને પૃષ્ઠ ભાગે પોલુ ચેતાતંત્ર (hollow neural system) જેવા એકસરખા લક્ષણોને આધારે આ બધાનો એક જ સમુદાય મેરુદંડી (Chordata)માં સમાવેશ થાય છે. જો તે વનસ્પતિઓમાં હોય તો, કેટલાંક સરખાં લક્ષણો ધરાવતા વર્ગોને વિભાગ (division) કહેવાતા ઉચ્ચ કક્ષાના દરજ્જામાં મૂકવામાં આવે છે.

1.3.7 સૃષ્ટિ (Kingdom)

પ્રાણીઓના વર્ગીકરણીય તંત્રમાં, વિવિધ સમુદાયોમાં સમાવેશિત બધા જ પ્રાણીઓને સૌથી ઉચ્ચ કક્ષાના દરજ્જામાં મૂકવામાં આવે છે તેને **સૃષ્ટિ** કહેવામાં આવે છે. જ્યારે બીજી બાજુ વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાં તે અલગ છે અને બધી જ વનસ્પતિઓ વિવિધ વિભાગોમાં સમાવેશિત છે. આ પછી આપણે આ બે જૂથોનો પ્રાણીસૃષ્ટિ અને વનસ્પતિસૃષ્ટિ તરીકે ઉલ્લેખ કરીશું.

આકૃતિ 1.1માં જાતિથી લઈ સૃષ્ટિ સુધીની આ વર્ગીકરણીય કક્ષાઓને ચઢતા ક્રમમાં બતાવી છે. આ ઉપરાંત વૈજ્ઞાનિકોએ વિવિધ વર્ગકોના વધુ સાનુકૂળ અને વૈજ્ઞાનિક અભ્યાસ માટે આ ક્રમિક શ્રેણીમાં ઉપકક્ષાઓ પણ વિકસાવી છે.

આકૃતિ 1.1માં ક્રમિક શ્રેણી તરફ જુઓ. તમે કહી શકશો કે આ ગોઠવણીનો આધાર શું છે ? તો ઉદાહરણ માટે કહીશું, કે જ્યારે આપણે જાતિથી સૃષ્ટિ સુધી ઉપર તરફ જઈએ તો સામાન્ય (સરખા) લક્ષણોની સંખ્યા ઘટતી જાય છે અને સૃષ્ટિથી પ્રજાતિ સુધી નીચે તરફ જઈએ તેમ સામાન્ય લક્ષણોની સંખ્યા વધતી જાય છે. ઉચ્ચ કક્ષાએ, એક વર્ગકનો, એ જ સ્તરે બીજા વર્ગક સાથેનો સંબંધ નક્કી કરવામાં વધુ મુશ્કેલી પડે છે. આથી, વર્ગીકરણની સમસ્યા વધુ જટિલ બને છે.

કોષ્ટક 1.1 એ ઘરમાખી, મનુષ્ય, આંબો અને ઘઉં જેવા કેટલાક સામાન્ય સજીવોની વર્ગીકરણ કક્ષાઓનું સૂચન કરે છે :

કોષ્ટક 1.1 : સજીવો તેમની વર્ગીકરણ કક્ષાઓની સાથે

સામાન્ય નામ	જીવશાસ્ત્રીય (વૈજ્ઞાનિક) નામ	પ્રજાતિ	કૂળ	ગોત્ર	વર્ગ	સમુદાય/વિભાગ
મનુષ્ય	*Homo sapiens* (હોમો સેપિયન્સ)	હોમો	હોમીનીડી	પ્રાઈમેટા	સસ્તન	મેરુદંડી
ઘરમાખી	*Musca domestica* (મસ્કા ડોમેસ્ટીકા)	મસ્કા	મસ્કીડી	ડીપ્ટેરા	કીટક	સંધિપાદ
આંબો	*Mangifera indica* (મેન્જીફેરા ઇન્ડિકા)	મેન્જીફેરા	એનાકાર્ડીયેસી	સેપિન્ડેલ્સ	દ્વિદળી	આવૃત્ત બીજધારી
ઘઉં	*Triticum aestivum* (ટ્રીટીકમ એસ્ટીવમ)	ટ્રીટીકમ	પોએસી	પોએલ્સ	એકદળી	આવૃત્ત બીજધારી

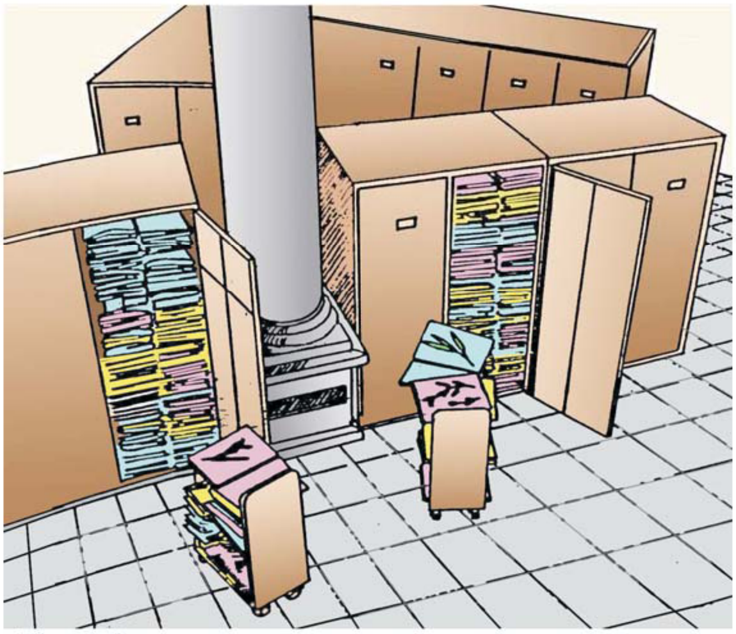
1.4 વર્ગીકરણના સાધનો (Taxonomical Aids)

વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને અન્ય સજીવોની વિવિધ જાતિઓનો વર્ગીકરણીય અભ્યાસ કૃષિ, વનવિદ્યા, ઉદ્યોગ અને સામાન્યતઃ આપણા જૈવિક સ્ત્રોતો તથા તેમની જૈવવિવિધતાની જાણકારીમાં ઉપયોગી છે. આ પ્રકારના અભ્યાસ માટે સજીવોનું સાચું વર્ગીકરણ અને ઓળખવિધિની જરૂર પડે છે. સજીવોની ઓળખવિધિ માટે સુસજ્જ પ્રયોગશાળા અને ક્ષેત્ર અભ્યાસની જરૂર છે. વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના વાસ્તવિક નમૂનાઓનો સંગ્રહ આવશ્યક છે અને તે વર્ગીકરણીય અભ્યાસનો મુખ્ય સ્ત્રોત છે. પદ્ધતિસરના વર્ગીકરણીય અભ્યાસમાં પ્રશિક્ષણ માટે આ પ્રકારનો અભ્યાસ પાયારૂપ અને આવશ્યક છે. સજીવોના વર્ગીકરણ માટે તેમજ તેમના નમૂનાઓની સાથે સાથે માહિતીના સંગ્રહમાં પણ ઉપયોગી છે. કેટલાક કિસ્સાઓમાં ભવિષ્યના અભ્યાસ માટે નમૂનાઓનું પરિરક્ષણ કરવામાં આવે છે.

વૈજ્ઞાનિકોએ, નમૂનાઓની સાથે સાથે માહિતીનો સંગ્રહ અને પરિરક્ષણ કરવાની કેટલીક પદ્ધતિઓ અને તકનિકીઓ પ્રસ્થાપિત કરેલી છે. આમાંથી કેટલીક વિગતવાર સમજાવવામાં આવી છે જે તમને આ પ્રકારના સાધનોની ઉપયોગિતા સમજવામાં મદદરૂપ છે.

1.4.1 વનસ્પતિ સંગ્રહાલય (Herbarium)

વનસ્પતિ સંગ્રહાલયોમાં વનસ્પતિ નમૂનાઓ (હર્બેરિયમ) એ કાગળ પર શુષ્કન (drying), દાબન (pressing) અને પરિરક્ષણ (preserving) કરેલા વનસ્પતિઓના નમૂનાઓનું સંગ્રહસ્થાન છે. પછી,



આકૃતિ 1.2 : સંગ્રહિત નમૂનાઓ દર્શાવતું વનસ્પતિ સંગ્રહાલય

આ નમૂનાઓને વિશ્વમાન્ય વર્ગીકરણ પદ્ધતિ મુજબ ગોઠવવામાં આવે છે. હર્બેરિયમ શીટ પર તેમના વર્ણનની સાથે સાથે આ નમૂનાઓ ભવિષ્યની ઉપયોગિતા માટે સંગ્રહસ્થાન બને છે (આકૃતિ-1.2). એકત્ર કર્યાની તારીખ અને જગ્યા, અંગ્રેજી નામ, સ્થાનિક નામ, વનસ્પતિશાસ્ત્રીય નામ, કૂળ, એકત્ર કરનારનું નામ વગેરે વિશેની માહિતી પણ હર્બેરિયમ પર લખેલી હોય છે. વનસ્પતિ સંગ્રહાલયો વર્ગીકરણ અભ્યાસમાં ત્વરિત સંદર્ભ તંત્રો તરીકે પણ કાર્ય કરે છે.

1.4.2 વનસ્પતિ ઉદ્યાનો (Botanical Gardens)

આ વિશિષ્ટ ઉદ્યાનો સંદર્ભ માહિતી (reference) માટેના જીવંત વનસ્પતિઓના નમૂનાઓ ધરાવે છે. ઓળખવિધિના હેતુ માટે આ ઉદ્યાનોમાં વનસ્પતિ જાતિઓ ઉછેરેલી હોય છે અને દરેક વનસ્પતિ પર તેમના વનસ્પતિશાસ્ત્રીય કે વૈજ્ઞાનિક નામ અને તેમના કૂળ સૂચવતી કાપલી લગાવેલી (labeling/ tagging) હોય છે. ક્યુ ગાર્ડન, ઇંગ્લૅન્ડ (kew garden-England), ઇંડિયન બોટાનિકલ ગાર્ડન-હાવરા-ભારત (Indian Botanical Garden-Howrah-India) અને નેશનલ બોટાનિકલ રીસર્ચ ઇન્સ્ટીટ્યુટ-લખનૌ-ભારત (National Botanical Research Institute-NBRI-Luknow-India) પ્રખ્યાત વનસ્પતિ ઉદ્યાનો છે.

1.4.3 સંગ્રહાલય (Museum)

જીવશાસ્ત્રીય સંગ્રહસ્થાનો સામાન્ય રીતે શાળા અને કૉલેજો જેવી શૈક્ષણિક સંસ્થાઓમાં સ્થાપવામાં આવે છે. મ્યુઝિયમમાં સાચવેલ વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને અશ્મિઓના નમૂનાઓને એકત્રિત કરી અભ્યાસ અને સંદર્ભ માટે સંગ્રહ કરવામાં આવે છે. નમૂનાઓને મોટા ખોખાં, કાચની શીશી કે બરણીમાં યથાવત્ સ્થિતિમાં રાખવા માટે સંગ્રાહક દ્રાવણ(preservative)નો ઉપયોગ કરી સાચવવામાં આવે છે. વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના સૂકાયેલા નમૂનાઓને પણ સાચવવામાં આવે છે. કીટકોને પકડી, કીટબૉક્સમાં પીન મારીને સાચવવામાં આવે છે. પક્ષીઓ અને સસ્તનો જેવા મોટા પ્રાણીઓના મૃતદેહોને સામાન્યતઃ સ્ટફીંગ (stuffing-શરીરના વિવિધ દેહધાર્મિક અંગોને દૂર કરી તેમાં રૂ, ઊન, વનસ્પતિઓનો ભૂકો કે સંગ્રાહકો ભરી લાંબા સમય સુધી સાચવવાની પ્રક્રિયા) કરી સાચવવામાં આવે છે. મ્યુઝિયમમાં ક્યારેક પ્રાણીઓના કંકાલનો પણ સંગ્રહ કરવામાં આવે છે.

1.4.4 પ્રાણી ઉદ્યાનો (Zoological Parks)

પ્રાણી ઉદ્યાન એટલે એવી જગ્યા કે જ્યાં મનુષ્યની સીધી દેખરેખ નીચે, સુરક્ષિત વાતાવરણમાં, જંગલી પ્રાણીઓને રાખવામાં આવેલા હોય છે. આવા સંગ્રહસ્થાનોમાં રાખવામાં આવેલા પ્રાણીઓ આપણને તેમની ખોરાકીય આદતો (food habits) તથા વર્તણૂક (behaviour) વિશે શીખવે છે. પ્રાણી સંગ્રહસ્થાનોમાં રાખવામાં આવેલા બધા પ્રાણીઓને તેમના પ્રાકૃતિક નિવાસસ્થાનો (natural habitats) જેવી અનુકૂળતા આપવામાં આવે છે. બાળકોને આ ઉદ્યાનોની મુલાકાત લેવી ગમે છે. સામાન્ય રીતે, તેને પ્રાણી સંગ્રહાલયો (Zoos) કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ 1.3).

આકૃતિ 1.3 : ભારતના વિવિધ પ્રાણી ઉદ્યાનોમાં પ્રાણીઓ દર્શાવતાં ચિત્રો

1.4.5 ઓળખ ચાવી (Identification Key)

ઓળખ ચાવી એ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓને તેમની સમાનતાઓ અને અસમાનતાઓને આધારે ઓળખવિધિ માટે ઉપયોગમાં લેવાતો બીજો વર્ગીકરણીય આધાર છે. ઓળખ ચાવી સામાન્ય રીતે જોડમાં રહેલા વિરોધાભાસી લક્ષણોને આધારે આપવામાં આવે છે કે જેને યુગ્મક (couplet) કહેવાય છે. ચાવી એ બે વિરોધાભાસી વિકલ્પો વચ્ચેની પસંદગી રજૂ કરે છે. આના પરિણામ સ્વરૂપ ફક્ત કોઈ એક જ વિકલ્પ સ્વીકાર્ય અને બીજો વિકલ્પ અસ્વીકાર્ય બને છે. ચાવીમાં રહેલા દરેક જાહેર નિરુપણને માર્ગદર્શિકા કહે છે. કૂળ, પ્રજાતિઓ, જાતિઓ જેવી વર્ગીકરણ કક્ષાઓ માટેની ઓળખવિધિના હેતુઓ માટે અલગ વર્ગીકરણીય ચાવીઓ જરૂરી છે. પ્રકૃતિમાં ચાવીઓ સામાન્ય રીતે વિશ્લેષણાત્મક (analytical) છે.

વનસ્પતિઓની યાદી (flora), પરિચય પુસ્તિકાઓ (manuals), લઘુપુસ્તિકાઓ (monographs) અને પદ્ધતિસરની સૂચિઓ (catalogues) વગેરે વનસ્પતિઓનું નોંધનીય વર્ણન કરવાના બીજા કેટલાક ઉપાયો છે. તેઓ સાચી ઓળખવિધિમાં પણ મદદરૂપ છે. વનસ્પતિઓની યાદી એ આપેલ વિસ્તારમાં વનસ્પતિઓનું કુદરતી નિવાસસ્થાન અને વિતરણનો વાસ્તવિક અહેવાલ ધરાવે છે. તેઓ ચોક્કસ વિસ્તારમાં જોવા મળતી વનસ્પતિ જાતિઓ વિશેની નિર્દેશિકા (index) પૂરી પાડે છે. પરિચય પુસ્તિકાઓ જે-તે વિસ્તારમાં જોવા મળતી જાતિઓના નામની ઓળખ માટેની માહિતી આપવામાં ઉપયોગી છે. લઘુપુસ્તિકાઓ કોઈ એક વર્ગીકીની માહિતી ધરાવે છે.

સારાંશ (Summary)

સજીવ વિશ્વ વિવિધતાથી ભરપૂર છે. લાખો વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓની ઓળખવિધિ અને વર્ણન કરાયું છે પરંતુ હજુ મોટી સંખ્યામાં ઓળખવાના બાકી છે. કદ (size), રંગ (colour), નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાન (habitat), દેહધાર્મિક (physiological) અને બાહ્યાકારવિદ્યાકીય (morphological) દેખાવ(સ્વરૂપો)ના અર્થમાં સજીવોના વિશાળ વિસ્તૃતિકરણથી આપણને લાગે છે કે તે બધા સજીવોના પરિપૂર્ણ લક્ષણો છે. સજીવોના પ્રકાર અને વિવિધતાના અભ્યાસની સાનુકૂળતામાં જીવશાસ્ત્રીઓએ સજીવોની ઓળખવિધિ, નામકરણ અને વર્ગીકરણ માટેના કેટલાક નિયમો અને સિદ્ધાંતો વિકસાવ્યા છે. આ દૃષ્ટિકોણ (aspect) સંલગ્ન જ્ઞાનની શાખા વર્ગીકરણવિદ્યા તરીકે ઉલ્લેખાય છે. વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓની વિવિધ જાતિઓનો વર્ગીકરણીય અભ્યાસ કૃષિવિદ્યા (agriculture), વનવિદ્યા (forestry), ઉદ્યોગ (industry) અને સામાન્યતઃ આપણા જૈવિક સ્રોતો (biological resources) તથા તેમની વિવિધતાની જાણકારી માટે ઉપયોગી છે. સજીવોની ઓળખવિધિ, નામકરણ અને વર્ગીકરણ જેવા વર્ગીકરણ વિદ્યાકીય આધારો સાર્વત્રિક રીતે આંતરરાષ્ટ્રીય સંકેતો (international codes) પ્રમાણે વિકસ્યા છે. સમાનતાઓ (resemblances) અને વિશિષ્ટ ભિન્નતા (distinct differences)ને આધારે, દરેક સજીવોની ઓળખવિધિ અને યોગ્ય વૈજ્ઞાનિક કે જીવશાસ્ત્રીય નામ એ દ્વિનામી નામકરણ પદ્ધતિ પ્રમાણે બે શબ્દો ધરાવે છે. સજીવ, વર્ગીકરણની પદ્ધતિમાં યોગ્ય જગ્યા કે સ્થાન રજૂ કરે છે. ઘણી કક્ષાઓ (categories) કે હરોળ (ranks) એ સામાન્ય રીતે વર્ગીકરણીય કક્ષાઓ કે વર્ગકો (taxa) તરીકે ઉલ્લેખાય છે. બધી કક્ષાઓ વર્ગીકરણીય શ્રેણી (hierarchy) રચે છે.

વર્ગીકરણવિદો એ સજીવોની ઓળખવિધિ (identification), નામકરણ (naming) અને વર્ગીકરણ (classification)ની સાનુકૂળતા માટે વર્ગીકરણના વિવિધ આયામો વિકસાવ્યા છે. ક્ષેત્ર વિસ્તારમાંથી એકત્રિત કરેલા વાસ્તવિક નમૂનાઓ (actual specimens) દ્વારા આ પ્રકારનો અભ્યાસ કરાય છે અને તજજ્ઞો દ્વારા તપાસી, પરિરક્ષણ કરી તેમને વનસ્પતિ સંગ્રહાલયો (herbaria), મ્યુઝિયમ (museum), વનસ્પતિશાસ્ત્રીય ઉદ્યાનો અને પ્રાણી ઉદ્યાનોમાં સાચવવામાં આવે છે. વનસ્પતિ સંગ્રહાલયો અને મ્યુઝિયમમાં વિવિધ નમૂનાઓના એકત્રીકરણ (collection) અને પરિરક્ષણ (preservation-જાળવણી) માટે ચોક્કસ પદ્ધતિઓ અપનાવાય છે. જ્યારે બીજી બાજુ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓના જીવંત નમૂનાઓ (living specimens) વનસ્પતિ ઉદ્યાનો અને પ્રાણી ઉદ્યાનોમાં જોવા મળે છે. વર્ગીકરણવિદોએ ભવિષ્યના વર્ગીકરણીય અભ્યાસ માટે પરિચય પુસ્તિકાઓ (manuals) અને લઘુપુસ્તિકાઓ (monographs) દ્વારા પ્રસિદ્ધ માહિતી તૈયાર કરેલી હોય છે. વર્ગીકરણ ચાવીઓ (keys) એવુ સાધન (tool) છે કે જે લાક્ષણિકતાઓને આધારે ઓળખવિધિમાં મદદરૂપ છે.

સ્વાધ્યાય

1. શા માટે સજીવોને વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે ?
2. હાલમાં અને પછી શા માટે દરેક વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓમાં ફેરફાર આવે છે ?
3. તમોને વારંવાર મળતાં હોય તે લોકોને વર્ગીકૃત કરવા તમે કયા વિવિધ માપદંડ પસંદ કરશો ?
4. વ્યક્તિગત અને વસતીઓની ઓળખવિધિમાંથી આપણે શું શીખીશું ?
5. નીચે આંબાનું વૈજ્ઞાનિક નામ આપેલું છે. તેમાંથી સાચી રીતે લખાયેલા નામને ઓળખો.

   Mangifera Indica

   Mangifera indica.
6. વર્ગીકીને વ્યાખ્યાયિત કરો. જુદા જુદા શ્રેણીય સ્તરે વર્ગકના કેટલાક ઉદાહરણો આપો.
7. વર્ગીકરણીય કક્ષાઓની સાચી શ્રેણી તમે ઓળખી શકશો ?

   (a) જાતિ → ગોત્ર → સમુદાય → સૃષ્ટિ

   (b) પ્રજાતિ → જાતિ → ગોત્ર → સૃષ્ટિ

   (c) જાતિ → પ્રજાતિ → ગોત્ર → સમુદાય
8. 'જાતિ' શબ્દ માટે હાલમાં સ્વીકાર્ય દરેક અર્થો ભેગા કરવા પ્રયત્ન કરો. તમારા શિક્ષક સાથે ઉચ્ચ કક્ષાના પ્રાણીઓ તેમજ વનસ્પતિઓ અને બૅક્ટેરિયાની જાતિઓના અર્થની ચર્ચા કરો.
9. નીચેના શબ્દો વ્યાખ્યાયિત કરો અને સમજો :

   (i) સમુદાય (ii) વર્ગ (iii) કૂળ (iv) ગોત્ર (v) પ્રજાતિ
10. સજીવના વર્ગીકરણ અને ઓળખવિધિમાં ઓળખ ચાવી કેવી રીતે મદદરૂપ છે ?
11. વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓના યોગ્ય ઉદાહરણો સાથે વર્ગીકરણ શ્રેણીની સ્પષ્ટતા કરો.

પ્રકરણ 2

જૈવિક વર્ગીકરણ (Biological Classification)

2.1 સૃષ્ટિ મોનેરા
2.2 સૃષ્ટિ પ્રોટીસ્ટા
2.3 સૃષ્ટિ ફૂગ
2.4 વનસ્પતિ સૃષ્ટિ
2.5 પ્રાણી સૃષ્ટિ
2.6 વાઈરસ, વિરોઈડ્સ અને લાઈકેન્સ

માનવ સંસ્કૃતિનો પ્રારંભ થયો ત્યારથી સજીવ સૃષ્ટિને વર્ગીકૃત કરવાના ઘણા પ્રયત્નો થયા. આ વર્ગીકરણ વૈજ્ઞાનિક ધોરણોને આધારે નહોતું થયું પણ પ્રાકૃતિક પ્રેરણાને આધારે થયું હતું. ખોરાક, આશ્રય અને પહેરવેશ તરીકેની આવશ્યકતાને આધારે સર્જાયું. ઍરિસ્ટોટલ વર્ગીકરણ માટે વધુ વૈજ્ઞાનિક ધોરણે પ્રયત્ન કરવા માટે ઘણા વહેલા હતા. વિવિધ ધોરણોનો વૈજ્ઞાનિક આધાર લઈ ઍરિસ્ટોટલે (Aristotle) સૌપ્રથમ સજીવોને વર્ગીકૃત કરવા ઘણો પ્રયત્ન કર્યો હતો. તેમણે માત્ર બાહ્યરચનાકીય લક્ષણો(morphological characters)નો ઉપયોગ કરી વનસ્પતિઓને છોડ (herb), ક્ષુપ (shrub) અને વૃક્ષ (tree) એમ ત્રણ જૂથોમાં વર્ગીકૃત કરી હતી. તેઓએ પ્રાણીઓને પણ બે સમૂહમાં વિભાજિત કર્યા એક કે જે લાલ રંગનું રુધિર ધરાવે છે અને બીજા કે જે ધરાવતા નથી.

લિનિયસ(Linnaeus)ના સમયમાં બધી વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓને સમાવતી **દ્વિ-સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિ (Two kingdom classification system)** વિકસિત થઈ હતી-**વનસ્પતિ સૃષ્ટિ** અને **પ્રાણીસૃષ્ટિ**. આ પદ્ધતિનો છેક હમણાં સુધી ઉપયોગ થતો હતો. આ પદ્ધતિ એ આદિકોષકેન્દ્રીય અને સુકોષકેન્દ્રીય, એકકોષીય અને બહુકોષીય તથા પ્રકાશસંશ્લેષી (હરિત લીલ) અને અપ્રકાશસંશ્લેષી (ફૂગ) વગેરે જેવા સજીવો વચ્ચેનો ભેદ કરતી ન હતી. સજીવોનું વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં વર્ગીકરણ સહેલાઈથી કરાયું હતું અને સમજવામાં સહેલું હતું. પરંતુ, ઘણી સંખ્યામાં સજીવો જે-તે કક્ષામાં સમાવેશિત થતા ન હતા. આથી દ્વિ-સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિની લાંબા સમય માટેની ઉપયોગિતા અયોગ્ય જણાઈ. સંપૂર્ણ બાહ્યાકાર અભ્યાસ ઉપરાંત બીજા લક્ષણો જેવા કે કોષ રચના (cell structure) કોષદીવાલની પ્રકૃતિ (nature of cell wall), પોષણનો પ્રકાર (mode of nutrition), નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનો (habitats), પ્રજનનની પદ્ધતિઓ (methods of reproduction), ઉદ્વિકાસકીય સંબંધો (evolutionary relationship) વગેરેનો સમાવેશ કરવા માટેની જરૂરિયાત અનુભવાઈ હતી. આથી, સજીવો માટેની વર્ગીકરણ પદ્ધતિમાં સમયાંતરે કેટલાક ફેરફારો થતા ગયા. છતાં, તેઓએ વનસ્પતિ અને પ્રાણીસૃષ્ટિઓને વિવિધ વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓમાં સ્થાયી બનાવી, પરંતુ કયા જૂથો / કયા સજીવો આ સૃષ્ટિઓમાં સમાવેશિત કરી શકાય તેની સમજણ બદલાતી હતી. સમય જતાં વિવિધ વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા બીજી સૃષ્ટિઓની સંખ્યા અને તેમાં સમાવેશિત સજીવોની પ્રકૃતિ પણ જુદી જુદી રીતે સમજાવવામાં આવી.

કોષ્ટક 2.1 : પાંચ સૃષ્ટિઓની લાક્ષણિકતાઓ

લક્ષણો	પાંચ સૃષ્ટિઓ				
	મોનેરા	પ્રોટીસ્ટા	ફૂગ	વનસ્પતિ સૃષ્ટિ	પ્રાણીસૃષ્ટિ
કોષપ્રકાર	આદિકોષકેન્દ્રીય	સુકોષકેન્દ્રીય	સુકોષકેન્દ્રીય	સુકોષકેન્દ્રીય	સુકોષકેન્દ્રીય
કોષદીવાલ	સેલ્યુલોઝ વિહીન (પોલીસેકેરાઇડ + એમિનો ઍસિડ)	કેટલાકમાં હાજર	હાજર કાઈટીનયુક્ત	હાજર (સેલ્યુલોઝ)	ગેરહાજર
કોષકેન્દ્રપટલ	ગેરહાજર	હાજર	હાજર	હાજર	હાજર
દૈહિક આયોજન	કોષીય	કોષીય	બહુકોષીય/શિથિલ પેશી	પેશી/અંગ	પેશી/અંગ/અંગતંત્ર
પોષણની પદ્ધતિ	સ્વયંપોષી (રસાયણ સંશ્લેષી અને પ્રકાશસંશ્લેષી) તથા વિષમપોષી (મૃતોપજીવી/પરોપજીવી)	સ્વયંપોષી (પ્રકાશસંશ્લેષી) અને વિષમપોષી	વિષમપોષી (મૃતોપજીવી / પરોપજીવી)	સ્વયંપોષી (પ્રકાશસંશ્લેષી)	વિષમપોષી (હોલોઝોઇક-પ્રાણીસમ /મૃતોપજીવી વગેરે)

આર.એચ.વ્હીટેકર (R.H.Whittaker-1969) દ્વારા **પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ** પદ્ધતિ રજૂ કરવામાં આવી. આ પાંચ સૃષ્ટિઓ **મોનેરા, પ્રોટીસ્ટા, ફૂગ, વનસ્પતિ સૃષ્ટિ** અને **પ્રાણીસૃષ્ટિ** જેવા નામાંકનથી તેમના દ્વારા વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવી. તેમના દ્વારા વર્ગીકરણ માટે ઉપયોગમાં લેવાતા મુખ્ય માપદંડોમાં કોષરચના, સુકાય આયોજન, પોષણની પદ્ધતિ, પ્રજનન અને જાતિવિકાસકીય સંબંધો (phylogenetic relationship)નો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો. કોષ્ટક 2.1, પાંચ સૃષ્ટિઓનાં જુદાં જુદાં લક્ષણોનો તુલનાત્મક અહેવાલ (comparative account) આપે છે.

ત્રિક્ષેત્રીય વર્ગીકરણ :

ત્રિક્ષેત્રીય વર્ગીકરણ પદ્ધતિ પણ પ્રસ્તાવિત કરવામાં આવી, જે સૃષ્ટિ મોનેરાને બે ક્ષેત્રમાં વિભાજિત કરે છે. બાકી રહેલ યુકેરિયોટિક સૃષ્ટિ ત્રીજા ક્ષેત્રની છે. જે આગળ જતાં છ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણમાં પરિણમે છે. તમે આ પદ્ધતિ માટે વિસ્તૃતમાં આગળના વર્ગોમાં અભ્યાસ કરશો.

વર્ગીકરણ પદ્ધતિને પ્રભાવિત કરતા મુદ્દાઓ કે વિચારણાઓને સમજવા ચાલો, આપણે પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિને જોઈએ. પહેલાંની વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓમાં બૅક્ટેરિયા (bacteria), નીલ હરિત લીલ (blue green algae), ફૂગ (fungi), મોસ (moss), દ્વિઅંગીઓ (bryophytes), ત્રિઅંગીઓ (pteridophytes), અનાવૃત બીજધારીઓ (gymnosperms) અને આવૃત બીજધારીઓ (angiosperms) એ વનસ્પતિઓ તરીકે સમાવેશિત હતી. આમાં સમાવેશિત બધા સજીવોની સમાનતા એ હતી કે તેઓ તેમના કોષોની ફરતે કોષદીવાલ ધરાવતા હતા. આ સાથે મૂકવામાં આવેલ જૂથો કે જેઓ બીજી લાક્ષણિકતાઓમાં એકબીજાથી તદ્દન અલગ હતા. તે આદિકોષકેન્દ્રીય બૅક્ટેરિયા અને નીલહરિત લીલ(સાયનોબૅક્ટેરિયા)ને બીજા સમૂહો કે જે સુકોષકેન્દ્રીય હતા તેમને સાથે લાવે છે. તે એકકોષીય (unicellular) અને બહુકોષીય (multicellular)

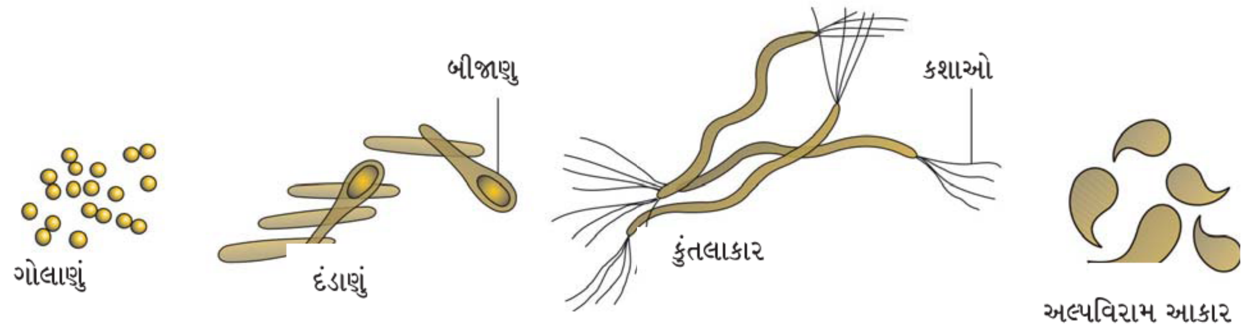
સજીવોને પણ સમૂહમાં સાથે લાવે છે, ઉદાહરણ માટે, ક્લેમિડોમોનાસ (એકકોષીય) અને સ્પાયરોગાયરા (બહુકોષીય) બંનેને લીલ સમૂહમાં સાથે મૂક્યા હતા. આવું વર્ગીકરણ એ વિષમપોષી જૂથ (ફૂગ) અને સ્વયંપોષી જૂથ (લીલી વનસ્પતિઓ) વચ્ચેનો તફાવત સ્પષ્ટ કરતું નથી. તેમ છતાં, તેઓ તેમની કોષદીવાલના બંધારણમાં લાક્ષણિક તફાવત પણ દર્શાવતા હતા. ફૂગ તેની કોષદીવાલમાં કાઇટીન (chitin) ધરાવે છે જ્યારે લીલી વનસ્પતિઓ તેમની કોષદીવાલમાં સેલ્યુલોઝ (cellulose) ધરાવે છે. જ્યારે આવી લાક્ષણિકતાઓ ધ્યાનમાં લેવાઈ ત્યારે ફૂગને અલગ સૃષ્ટિમાં મૂકવામાં આવી–ફૂગ સૃષ્ટિ. બધા આદિકોષકેન્દ્રીય સજીવોને એક સાથે મોનેરા સૃષ્ટિમાં મૂકવામાં આવ્યા અને એકકોષીય સુકોષકેન્દ્રીય સજીવોને પ્રોટીસ્ટા સૃષ્ટિમાં મૂકવામાં આવ્યા. પ્રોટીસ્ટા સૃષ્ટિમાં ક્લેમિડોમોનાસ (*chlamydomonas*) અને ક્લોરેલા (*chlorella*) [પહેલાં વનસ્પતિઓની સાથે લીલમાં મૂકવામાં આવી હતી અને બંને કોષદીવાલ ધરાવે છે]ની સાથે અમીબા- (Amoeba) અને પેરામેશિયમ (*Parampecium*) [પહેલાં તેમને પ્રાણીસૃષ્ટિમાં મૂકવામાં આવ્યા હતા અને બંને કોષદીવાલ ધરાવતા ન હતા]ને સાથે મૂકવામાં આવ્યા. તે સજીવોને સાથે મૂકવામાં આવ્યા જે પહેલાંના વર્ગીકરણમાં અલગ સૃષ્ટિઓમાં મૂકવામાં આવ્યા હતા. વર્ગીકરણ માટેના ધોરણો કે માપદંડો બદલાવાથી આમ બન્યું. આપણને તેમની લાક્ષણિકતાઓ અને તેમના ઉદ્‌વિકાસકીય સંબંધો વિશેની આપણી સમજણમાં સુધારો થતાં આ પ્રકારનો બદલાવ ભવિષ્યમાં પણ આવશે. સમય જતાં ઘણાં પ્રયત્નોથી એક એવી વર્ગીકરણ પદ્ધતિને વિકસિત કરવા પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો કે જે માત્ર બાહ્યાકાર (morphological), દેહધાર્મિક (physiological) અને પ્રાજનનિક (reproductive) સમાનતાઓ પર જ ધ્યાન કેન્દ્રિત કરતી નથી પરંતુ તે જાતિવિકાસકીય (phylogenetic) પણ હોય, એટલે કે ઉદ્‌વિકાસકીય (evolutionary) સંબંધો પર પણ આધારિત છે.

આ પ્રકરણમાં આપણે મોનેરા, પ્રોટીસ્ટા અને ફૂગ સૃષ્ટિઓની લાક્ષણિકતાઓનો વ્હીટેકરની વર્ગીકરણ પદ્ધતિ પ્રમાણે અભ્યાસ કરીશું. વનસ્પતિ સૃષ્ટિ અને પ્રાણીસૃષ્ટિનો પ્રકરણ 3 અને 4માં અલગ રીતે વિસ્તૃતમાં અભ્યાસ કરીશું.

2.1 સૃષ્ટિ મોનેરા (Kingdom Monera)

બૅક્ટેરિયા મોનેરા સૃષ્ટિના મુખ્ય સભ્યો છે. તેઓ બધે વિપુલ પ્રમાણમાં જોવા મળતા સૂક્ષ્મ જીવો (microorganisms) છે. એક ખોબા જેટલી માટીમાં સો (સેંકડો)થી પણ વધુ બૅક્ટેરિયા જોવા મળે છે. તેઓ ગરમ પાણીના ઝરા (hot springs), રણ (deserts), બરફ (snow) અને ઊંડા મહાસાગરો (deep oceans) કે જ્યાં થોડા જ પ્રમાણમાં બીજા જૈવ સ્વરૂપો જીવન જીવી શકે તેવા વિપરિત નિવાસસ્થાનોમાં પણ વસવાટ કરે છે. તેમાંના કેટલાક પરોપજીવીઓ (parasites) તરીકે અન્ય સજીવોમાં કે સજીવો પર જીવન ગુજારે છે.

બૅક્ટેરિયાને તેમના આકારને આધારે ચાર કક્ષાઓમાં વિભાજિત કરવામાં આવ્યા છે. ગોળાકાર-ગોલાણું (spherical-Coccus), સળીયા આકારના-બેસિલસ (rod shaped-Bacillus), અલ્પવિરામ આકારના-વીબ્રીયો (comma shaped-Vibrium) અને કુંતલાકાર-સ્પાઇરીલમ (spiral-Spirillum) (આકૃતિ 2.1).



આકૃતિ 2.1 : વિવિધ આકારના બૅક્ટેરિયા

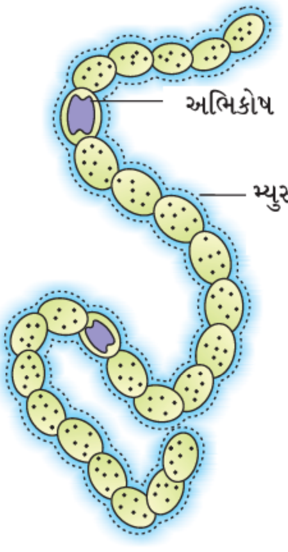
બૅક્ટેરિયાની રચના ખૂબ જ સરળ હોવા છતાં પણ તેઓ પોતાની વર્તણૂંકમાં જટિલ છે. બીજા ઘણા સજીવોની સાપેક્ષે બૅક્ટેરિયા એક સમૂહ તરીકે વિશાળ ચયાપચયિક વિવિધતા દર્શાવે છે. કેટલાક બૅક્ટેરિયા સ્વયંપોષી (autotrophs) છે એટલે કે, તેઓ અકાર્બનિક આધારકો(inorganic substrates)માંથી તેમના પોતાના ખોરાકનું સંશ્લેષણ કરે છે. તેઓ પ્રકાશસંશ્લેષી સ્વયંપોષી અથવા રસાયણસંશ્લેષી સ્વયંપોષી હોઈ શકે છે. પરંતુ મોટા ભાગના બૅક્ટેરિયા પરપોષીઓ (heterotrophs) તરીકે છે, એટલે કે તેઓ પોતાના ખોરાકનું સંશ્લેષણ કરતા નથી પરંતુ બીજા સજીવો કે મૃત કાર્બનિક પદાર્થો પર આધાર રાખે છે.

2.1.1 આર્કિબૅક્ટેરિયા (Archaebacteria)

આ પ્રકારના બૅક્ટેરિયા વિશિષ્ટ છે. તેમાંના કેટલાક અતિશય ક્ષારયુક્ત વિસ્તાર (halophiles), ગરમ પાણીના ઝરા (thermoacidophills) અને કળણ ભૂમિ (methanogens) જેવા ખૂબજ સખત કુદરતી નિવાસસ્થાનોમાં રહે છે. જુદા જ પ્રકારની કોષદીવાલ ધરાવતા હોવાથી આર્કિબૅક્ટેરિયા અન્ય બૅક્ટેરિયા કરતાં જુદા પડે છે અને આ પ્રકારની રચના વિપરિત પરિસ્થિતિમાં તેમનું જીવન જીવવા માટે જવાબદાર છે. ગાય અને ભેંસ જેવા કેટલાક ચરતા પ્રાણીઓ(ruminants animals)ની પાચનનળી(guts)માં મિથેનોજેન્સ બૅક્ટેરિયા હાજર હોય છે અને તેઓ આ પ્રાણીઓના છાણમાંથી મિથેન(biogas)ના ઉત્પાદન માટે જવાબદાર છે.

2.1.2 યુબૅક્ટેરિયા (Eubacteria)

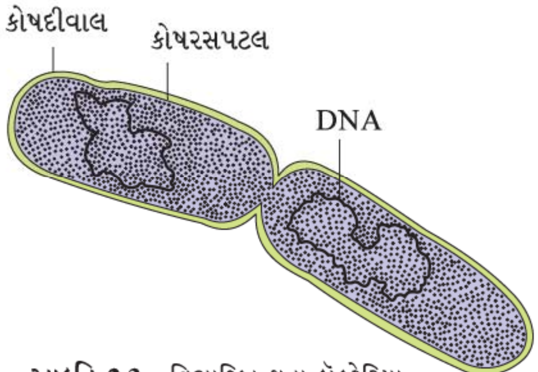
યુબૅક્ટેરિયા કે **સત્ય બૅક્ટેરિયા** હજારોની સંખ્યામાં હોય છે. સખત (rigid) કોષદીવાલ અને જો ચલિત હોય તો કશા(motile flagellum)ની હાજરી દ્વારા તેમને વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. **સાયનોબૅક્ટેરિયા** (નીલહરિત લીલ તરીકે પણ ઉલ્લેખ) એ લીલી વનસ્પતિઓ જેવું હરિતદ્રવ્ય a (chlorophyll - a) ધરાવે છે અને તેઓ **પ્રકાશસંશ્લેષી સ્વયંપોષીઓ** તરીકે છે (આકૃતિ 2.2). સાયનોબૅક્ટેરિયા એકકોષીય (unicellular), વસાહતી (colonial) કે તંતુમય (filamentous), જલજ એટલે કે ખારા (marine) / મીઠા પાણી(fresh water)ની કે સ્થળજ લીલ છે. વસાહતોની ફરતે સામાન્ય રીતે જીલેટીન દ્રવ્યનું આવરણ હોય છે. તેઓ ઘણીવાર પ્રદૂષિત પાણીમાં, જથ્થા (blooms) સ્વરૂપે હોય છે. તેમાંના કેટલાક સજીવો વાતાવરણમાંથી નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરવા માટે વિશિષ્ટ પ્રકારના કોષ ધરાવે છે જેને **અભિકોષ** (heterocysts) કહે છે. – દા. ત., નૉસ્ટોક (*Nostoc*) અને એનાબીના (*Anabaena*). **રસાયણસંશ્લેષી સ્વયંપોષી** બૅક્ટેરિયા વિવિધ અકાર્બનિક પદાર્થો જેવાં કે નાઇટ્રેટ, નાઇટ્રાઇટ અને એમોનિયાનું ઑક્સિડેશન કરે છે અને મુક્ત શક્તિ(released energy)નો ઉપયોગ તેમના ATPના ઉત્પાદન માટે કરે છે. તેઓ નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, લોહ અને સલ્ફર જેવા પોષક દ્રવ્યોના પુનઃ ચક્રિયકરણમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.



આકૃતિ 2.2 : તંતુમય નીલહરિત લીલ – નૉસ્ટોક

વિષમપોષી કે પરપોષી બૅક્ટેરિયા કુદરતમાં વિપુલ પ્રમાણમાં જોવા મળે છે. મોટે ભાગે તેઓ મહત્ત્વના વિઘટકો (decomposers) છે. તેમાંના ઘણા મનુષ્યની ક્રિયાવિધિ પર નોંધપાત્ર અસર પહોંચાડે છે.

તેઓ દૂધમાંથી દહીં બનાવવામાં, પ્રતિ જૈવિક દ્રવ્યો- (antibiotics)ના ઉત્પાદનમાં, શિમ્બી કુળ(legume)ની વનસ્પતિઓના મૂળમાં નાઇટ્રોજનનું



આકૃતિ 2.3 : વિભાજિત થતા બૅક્ટેરિયા

સ્થાપન કરવામાં મદદરૂપ છે. કેટલાક રોગકારકો છે. જે મનુષ્ય (human beings), પાક (crops), ફાયદા માટે રાખેલા પ્રાણીઓ (farm animals) તેમજ પાલતું પ્રાણીઓ(pets)ના જીવન પર નુકસાન પહોંચાડે છે. કૉલેરા (cholera), ટાઇફૉઇડ (typhoid), ધનુર (tetanus), લીંબુના ચાઠા (citrus canker) વગેરે જાણીતા રોગો વિવિધ બૅક્ટેરિયા દ્વારા થાય છે.

બૅક્ટેરિયા મુખ્યત્વે ભાજન (fission) દ્વારા પ્રજનન કરે છે (આકૃતિ 2.3). ક્યારેક, પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિઓમાં તેઓ બીજાણુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. તેઓ એક બૅક્ટેરિયામાંથી બીજા બૅક્ટેરિયામાં પ્રાથમિક પ્રકારના DNAની આપ-લે દ્વારા લિંગી પ્રજનનથી પણ પ્રજનન કરે છે.

માઇકોપ્લાઝમા (mycoplasma) જીવાણુઓ છે જે સંપૂર્ણ રીતે કોષદીવાલ વિહીન હોય છે. તેઓ નાનામાં નાના જોવા મળતા જીવંત કોષો છે અને ઑક્સિજન વગર પણ જીવી શકે છે. ઘણા માઇકોપ્લાઝમા, પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓમાં રોગકારકો (pathogenic) છે.

2.2 સૃષ્ટિ પ્રોટીસ્ટા (Kingdom Protista)

બધા જ એકકોષીય, સુકોષકેન્દ્રીય સજીવો **પ્રોટીસ્ટા (આદિજીવ)**માં મૂકવામાં આવેલ છે પરંતુ આ સૃષ્ટિની સીમાઓ સારી રીતે સ્પષ્ટ નથી. એક જીવશાસ્ત્રી માટે તે તેને પ્રકાશસંશ્લેષી પ્રોટીસ્ટા હોઈ શકે છે તો બીજા માટે તે વનસ્પતિ હોઈ શકે. આ પુસ્તકમાં આપણે ક્રાયસોફાઇટ્સ (Chrysophytes), ડાયનોફ્લેજેલેટ્સ (Dianoflagellates), યુગ્લિનોઇડ્સ (Euglenoids), સ્લાઇમ મોલ્ડસ (Slime moulds), પ્રજીવો(Protozoans)ને પ્રોટીસ્ટામાં સમાવેશિત કરેલા છે. પ્રોટીસ્ટા સૃષ્ટિના સભ્યો પ્રાથમિક રીતે જલજ (aquatic) છે. આ સૃષ્ટિ પ્રાણીઓ, વનસ્પતિઓ અને ફૂગ વગેરે સાથે સંબંધ ધરાવતા બીજા સજીવો સાથે કડી બનાવે છે. સુકોષકેન્દ્રીય સજીવ હોવાથી આ સૃષ્ટિમાં સમાવેશિત દરેક પ્રોટીસ્ટન કોષકાય (દેહ) એ ખૂબજ સ્પષ્ટ કોષકેન્દ્ર (nucleus) અને પટલમય અંગિકાઓ (membrane bound organelles) ધરાવે છે. કેટલાક કશા (flagella) અને પક્ષ્મો (cilia) ધરાવે છે. પ્રોટીસ્ટ્સ અલિંગી પ્રજનન તેમજ એકબીજાના કોષીય જોડાણ (cell fusion) કે ફલિતાંડ નિર્માણ(zygote formation)ની પ્રક્રિયા દ્વારા લિંગી પ્રજનન કરે છે.

2.2.1 ક્રાયસોફાઇટ્સ (Chrysophytes)

આ જૂથમાં ડાયેટમ્સ (diatoms) અને ડેસ્મિડ્સ (desmids-સોનેરી લીલ) સમાવેશિત છે. તેઓ મીઠા પાણીમાં તેમજ દરિયાઈ પર્યાવરણમાં જોવા મળે છે. તેઓ સૂક્ષ્મ સજીવો અને પાણીના પ્રવાહમાં નિષ્ક્રિય રીતે તરતા પ્લવકો (planktons) છે. તેમાંના ઘણા પ્રકાશસંશ્લેષી છે. ડાયેટમ્સમાં, સાબુના બૉક્સની જેમ બંધબેસતા બે પાતળા આચ્છાદિત કવચો (overlapping shells) સ્વરૂપે કોષદીવાલ હોય છે. દીવાલો સિલિકા દ્રવ્યથી જડાયેલી હોવાથી તે નાશ પામતી નથી. એટલે કે અવિનાશી (indestructible) છે. આથી, ડાયેટમ્સ તેમના નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનોમાં કોષદીવાલનો મોટો જથ્થો છોડી જાય છે. લાખો વર્ષો સુધીની આ પ્રકારની જમાવટ ડાયેટોમેસિયસ પૃથ્વી (diatomaceous earth) તરીકે ઉલ્લેખાય છે. રેતીવાળી હોવાથી આ માટી કોઈ વસ્તુને ચકચકિત કરવામાં (polishing), તેલ અને ચાસણીના ગાળણ(filtration)માં ઉપયોગમાં લેવાય છે. ડાયેટમ્સ મહાસાગરોમાં મુખ્ય ઉત્પાદકો છે.

2.2.2 ડાયનોફ્લેજેલેટ્સ (Dianoflagellates)

આ સજીવો મુખ્યત્વે દરિયાઈ અને પ્રકાશસંશ્લેષી છે. તેઓ તેમના કોષોમાં રહેલા મુખ્ય રંજકદ્રવ્યોને આધારે પીળા, લીલા, બદામી, વાદળી કે રાતા રંગના દેખાય છે. તેમની કોષદીવાલ બહારની સપાટી પર અક્કડ (stiff) સેલ્યુલોઝની તકતીઓ ધરાવે છે. તેમાંના ઘણા બે કશાઓ ધરાવે છે. એક આયામ રીતે પથરાયેલી (longitudinal) અને બીજી દીવાલની તક્તીઓ વચ્ચેની ખાંચ (furrow)માં આડી ગોઠવાયેલી છે. ઘણી વખત રાતા રંગના ડાયનોફ્લેજેલેટ્સ (ઉદાહરણઃ Gonyaulax-ગોનિયાલેક્સ) ખૂબ જ ત્વરિત રીતે બહુગુણનના તબક્કામાંથી પસાર થાય છે ત્યારે સમુદ્ર રાતા રંગનો દેખાય છે. દા. ત., રતાશ પડતી ભરતી અને ઓટ(red tides)નો વિસ્તાર. આવી જાતના મોટી સંખ્યાના સજીવો દ્વારા મુક્ત થતું વિષ-ઝેર (toxins) માછલી જેવા બીજા દરિયાઈ પ્રાણીઓને મારી નાખે છે.

2.2.3 યુગ્લિનોઇડ્સ (Euglenoids)

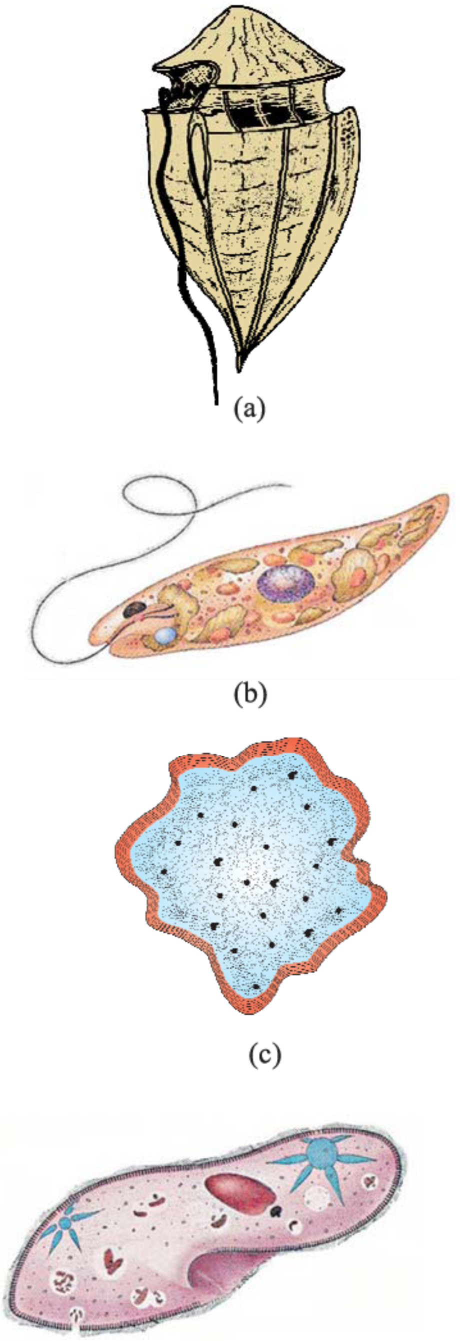
મોટે ભાગે તેઓ સ્થગિત (stagnant) પાણીમાં જોવા મળતા મીઠા પાણીના સજીવો છે. કોષદીવાલને બદલે તેઓ પ્રોટીનસભર આવરણ ધરાવે છે. જેને છાદિ (pellicle) કહે છે. છાદિ તેમના દેહને વળી શકે તેવો નરમ (flexible) બનાવે છે. તેઓ બે કશાઓ ધરાવે છે - એક ટૂંકી અને બીજી લાંબી. તેઓ સૂર્યપ્રકાશની હાજરીમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ કરે છે. જ્યારે સૂર્યપ્રકાશનો અભાવ હોય ત્યારે તેઓ ખૂબ નાના સજીવોનું ભક્ષણ કરી પરપોષી જેવી વર્તણૂક દાખવે છે. રસપ્રદ રીતે યુગ્લિનોઇડ્સના રંજકદ્રવ્યો એ ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં હાજર હોય તેવા રંજકદ્રવ્યો સાથે એકરૂપ છે. ઉદાહરણ : યુગ્લિના (*Euglena*) (આકૃતિ 2.4 a).

2.2.4 સ્લાઈમ મોલ્ડ્સ (Slime moulds)

સ્લાઇમ મોલ્ડ્સ એ મૃતોપજીવી આદિજીવો (saprophytic protists) છે. વનસ્પતિઓની સડતી શાખાઓ કે પર્ણોની સાથે તેમના દેહને પ્રસારી સડતા કાર્બનિક દ્રવ્યોને ગળી જાય છે. અનુકૂળ પરિસ્થિતિઓમાં, તેઓ એકત્રિત થઈ પ્લાઝમોડિયમ (plasmodium) કહેવાતું સ્વરૂપ બનાવે છે કે જે વિકાસ પામી કેટલાક ફૂટ સુધી ફેલાય છે. પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિ દરમિયાન, પ્લાઝમોડિયમ વિભેદિત થઈ તેમની ટોચના ભાગે બીજાણુઓ (spores) ધરાવતી ફળકાય (fruiting body) નામની રચના બનાવે છે. બીજાણુઓ સાચી દીવાલો ધરાવે છે. તેઓ ખૂબ જ પ્રતિકારકતા દાખવે છે અને વિપરિત પરિસ્થિતિઓ(adverse conditions)માં પણ જીવિત રહે છે. બીજાણુઓ હવાના પ્રવાહ (air current) દ્વારા વિકિરણ પામે છે.

2.2.5 પ્રજીવો (Protozoans)

બધાં જ પ્રજીવો (પ્રોટોઝુઅન્સ) વિષમપોષીઓ (heterotrophs) છે અને ભક્ષકો (predators) કે પરોપજીવીઓ (parasites) તરીકે જીવન જીવે છે. તેઓને પ્રાણીઓના આદિ સંબંધીઓ (primitive relatives) માનવામાં આવે છે. પ્રોટોઝુઅન્સના મુખ્ય ચાર મોટા જૂથો (groups) છે.



આકૃતિ 2.4 (a) ડાયનોફ્લેજેલેટ્સ
(b) યુગ્લિના
(c) સ્લાઈન મોલ્ડ
(d) પેરામિશિયમ

અમીબાસમ પ્રોટોઝુઅન્સ (*Amoeboid protozoans*) : આ સજીવો મીઠા પાણીમાં, ખારા (દરિયાઈ) પાણીમાં અને ભીની જમીનમાં જીવે છે. તેઓ શિકાર તરફ ખસી ખોટા પગ પ્રસારીને શિકારને પકડે છે. દા. ત., અમીબા (*Amoeba*). ખારા પાણીના સ્વરૂપો તેમની સપાટી પર સિલિકા આવરણો ધરાવે છે. તેમાંના કેટલાક પરોપજીવી તરીકે છે. ઉદાહરણ : એન્ટામીબા (*Entamoeba*).

કશાધારી પ્રોટોઝુઅન્સ (*Flagellate protozoans*) : આ જૂથના સભ્યો મુક્તજીવી (free living) કે પરોપજીવી છે. તેઓ કશાઓ ધરાવે છે. તેમના પરોપજીવી સ્વરૂપો ઊંઘવાની બીમારી જેવા રોગો (sleeping sickness) ઉત્પન્ન કરે છે. ઉદાહરણ : ટ્રાઈપેનોસોમા (*Trypanosoma*).

પક્ષ્મધારી પ્રોટોઝુઅન્સ (*Ciliated protozoans*) : તેઓ જલજ છે. હજારોની સંખ્યામાં પક્ષ્મોની હાજરીને કારણે તેઓ સક્રિય રીતે હલનચલન (moving) કરતા સજીવો છે. તેઓ અન્નમાર્ગમાં પોલાણ (gullet) ધરાવે છે કે જે કોષની બહારની સપાટી પર ખૂલે છે. ક્રમબદ્ધ રીતે ગોઠવાયેલા પક્ષ્મોના હલેસા જેવા સંકલિત હલનચલનને કારણે પાણીના પ્રવાહની સાથે ખોરાક પણ અન્નમાર્ગના પોલાણમાંથી પસાર થાય છે. ઉદાહરણ : પેરામેશિયમ (*Paramoecium*) (આકૃતિ 2.4 b).

બીજાણુધારી પ્રોટોઝુઅન્સ (*Sporozoans*) : આ સમૂહ વિવિધ સજીવોનો સમાવેશ કરે છે કે જેઓ તેમના જીવનચક્રમાં ચેપી (infectious) બીજાણુઓ જેવો તબક્કો ધરાવે છે. પ્લાઝમોડિયમ (મેલેરિયાને લગતો પરોપજીવી) જે મેલેરિયા ઉત્પન્ન કરવા જાણીતું છે. આ એવો રોગ છે કે જે માનવ વસૂતીને મંઝવૂણમાં મકી દે તેવી અસર ધરાવે છે. ઉદાહરણ : પ્લાઝમોડિયમ (*Plasmodium*).

2.3 ફૂગ સૃષ્ટિ (Kingdom Fungi)

ફૂગ એ વિષમપોષી સજીવોની આગવી (unique) સૃષ્ટિની રચના છે. તેઓ તેમની બાહ્યાકાર રચના અને નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનમાં ખૂબ જ વિવિધતા દર્શાવે છે. તમે સડેલાં ફળો અને ભેજયુક્ત બ્રેડ પર ફૂગને જુઓ. સામાન્ય મશરૂમ જે તમે ખાઓ છો તે બિલાડીનો ટોપ (toadstool) એ પણ ફૂગ છે. રાઈનાં પર્ણો પર જોવા મળતા સફેદ ટપકાં પરોપજીવી ફૂગને કારણે હોય છે. કેટલીક એકકોષીય ફૂગ-યીસ્ટ (Yeast) એ બ્રેડ અને જવનો દારૂ (beer) બનાવવા ઉપયોગી છે. બીજી કેટલીક ફૂગ વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં રોગો ઉત્પન્ન કરે છે. દા. ત., પક્સિનિયા (*Puccinia*) ફૂગને કારણે ઘઉંમાં થતો ગેરુ તેનું મુખ્ય ઉદાહરણ છે. કેટલીક ફૂગ પ્રતિજૈવિક દ્રવ્યોના સ્ત્રોત છે. દા. ત., પેનિસિલિયમ (*Penicillium*). ફૂગ એ સર્વત્ર સ્થાનોમાં (cosmopolitan) હોય છે અને હવા, પાણી, જમીનમાં તથા પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ પર થાય છે. તે હૂંફાળી અને ભેજવાળી (warm and humid) જગ્યાએ વિકાસ પામવાનું પસંદ કરે છે. તમને નવાઈ લાગશે કે શા માટે આપણે ખોરાકને રેફ્રિજરેટરમાં મૂકીએ છીએ ? હા, તે ખોરાકને બૅક્ટેરિયા કે ફૂગના ચેપથી બગડી જતો અટકાવવા માટે.

યીસ્ટ કે જે એકકોષી છે તેના અપવાદ સાથે બાકીની ફૂગ તંતુમય છે. તેમનો દેહ લાંબી, પાતળા સુતરના તાંતણા જેવી રચનાઓ ધરાવે છે જેને કવકસૂત્ર કે કવકતંતુ (hyphae) કહે છે. કવકસૂત્રની જાળી જેવી રચના કવકજાળ (mycelium) તરીકે ઓળખાય છે. કેટલાક કવકસૂત્ર બહુકોષકેન્દ્રીય કોષરસ ભરેલી સળંગ નળાકાર નળી જેવી રચના ધરાવે છે તેને બહુકોષકેન્દ્રીય કવકસૂત્ર (coenocytic hyphae) કહે છે. જ્યારે બીજી કેટલીક ફૂગ તેમના કવકસૂત્રમાં આડા પડદા (septae) કે ત્રાંસી દીવાલો (cross walls) ધરાવે છે. ફૂગની કોષદીવાલ કાઈટીન (chitin) અને પોલીસેકેરાઇડ્સ(polysaccharides)થી સંઘટીત થયેલી છે જેને ફંગસ સેલ્યુલોઝ કહે છે.

મોટા ભાગની ફૂગ વિષમપોષી છે અને પોષણ માટે મૃત આધારકો(dead substrates)માંથી દ્રાવ્ય કાર્બનિક પદાર્થોનું શોષણ કરે છે, આથી તેને **મૃતોપજીવી (saprophyte)** ફૂગ કહે છે. કેટલીક ફૂગ જીવંત વનસ્પતિઓ અને જીવંત પ્રાણીઓ પર આધાર રાખીને જીવન ગુજારે છે જેને **પરોપજીવી (parasite)** ફૂગ કહે છે. તેઓ **સહજીવીઓ (symbionts)** તરીકે પણ જીવન જીવે છે – લીલ સાથેનો તેનો સહવાસ કે સહજીવન **લાઈકેન્સ (lichens)** તરીકે અને ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓના મૂળ સાથેનું તેનું સહજીવન **કવકમૂળ (mycorrhiza)** કહેવાય છે.

અવખંડન (fragmentation), ભાજન (fission) અને કલિકાસર્જન (budding) પદ્ધતિ દ્વારા ફૂગ વાનસ્પતિક પ્રજનન (vegetative reproduction) કરે છે. કણીબીજાણુઓ (conidiospores) કે ચલબીજાણુઓ (zoospores)

કહેવાતા બીજાણુઓ દ્વારા અલિંગી પ્રજનન કરે છે તથા અંડબીજાણુઓ (oospores), ધાનીબીજાણુઓ (ascospores) અને પ્રકણીબીજાણુઓ (basidiospores) દ્વારા લિંગી પ્રજનન કરે છે. ફળકાય (fruiting body) કહેવાતી વિશિષ્ટ રચનાઓમાં વિવિધ પ્રકારના બીજાણુઓ ઉત્પન્ન થાય છે. લિંગી ચક્રમાં નીચેના ત્રણ તબક્કાઓ સમાવેશિત છે.

(i) **જીવરસ સંયુગ્મન (plasmogamy)** : બે ચલિત કે અચલિત જન્યુઓ વચ્ચેના જીવરસના જોડાણને જીવરસ સંયુગ્મન કહે છે.

(ii) **કોષકેન્દ્ર સંયુગ્મન (karyogamy)** : બે કોષકેન્દ્રોના જોડાણને કોષકેન્દ્ર સંયુગ્મન કહે છે.

(iii) **અર્ધીકરણ (meiosis)** : ફલિતાંડમાં અર્ધીકરણ ક્રિયા થવાને પરિણામે એકકીય બીજાણુઓ ઉત્પન્ન થાય છે.

જ્યારે ફૂગમાં લિંગી પ્રજનન થાય છે ત્યારે પરસ્પર સમાગમ (mating) કરી શકે તેવા હરીફ પ્રકારોના બે એકકીય (n) કવકસૂત્રો એકબીજાની પાસે આવી જોડાય છે. કેટલીક ફૂગમાં બે એકકીય કોષોનું જોડાણ થવાથી તરત જ તે દ્વિકીય કોષો(2n)માં પરિણમે છે. તેમ છતાં પણ આસ્કોમાયસેટીસ અને બેસિડીયોમાયસેટીસ વર્ગની ફૂગમાં મધ્યવર્તી દ્વિકોષકેન્દ્રીય અવસ્થા (intervening dikaryotic stage) બને છે (n + n - દરેક કોષમાં બે કોષકેન્દ્રો). આવી સ્થિતિને **દ્વિકોષકેન્દ્રીકરણ (dikaryon)** કહે છે અને આ તબક્કાને **દ્વિકોષકેન્દ્રી તબક્કો (dikaryophase)** કહે છે. પછી, પિતૃ કોષકેન્દ્રો જોડાય છે અને કોષ દ્વિકીય (diploid) બને છે. ફૂગ ફળકાયો બનાવે છે કે જેમાં અર્ધીકરણ વિભાજન થવાથી એકકીય બીજાણુઓ(haploid spores)નું નિર્માણ થાય છે.

કવકજાળની બાહ્યાકાર રચના, બીજાણુ નિર્માણનો પ્રકાર અને ફળકાયોના નિર્માણને આધારે આ સૃષ્ટિને વિવિધ વર્ગોમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે.

(a) મ્યુકર

(b) એસ્પરજીલસ

(c) એગેરિક્સ

આકૃતિ 2.5 : ફૂગ

2.3.1 ફાયકોમાયસેટીસ (Phycomycetes)

ફાયકોમાયસેટીસના સભ્યો જલજ નિવાસસ્થાનોમાં જોવા મળે છે તેમજ ભીના અને ભેજયુક્ત વિસ્તારોમાં સડતા લાકડાઓ પર કે અવિકલ્પી પરોપજીવીઓ (obligate parasites) તરીકે વનસ્પતિઓ પર જોવા મળે છે. કવકજાળ પડદાવિહીન (aseptate) અને બહુકોષકેન્દ્રીય (coenocytic) છે. ચલબીજાણુ (ચલિત-motile) કે અચલબીજાણુ (અચલિત-non motile) દ્વારા અલિંગી પ્રજનન કરે છે. બીજાણુધાનીમાં આ બીજાણુઓ અંતર્જાત (endogenous) રીતે ઉત્પન્ન થાય છે. બે જન્યુઓના જોડાણથી યુગ્મબીજાણુઓ (zygospores) બને છે. આ પ્રકારના જન્યુઓ જો બાહ્યાકાર રીતે સરખા હોય તો સમજન્યુક (isogamous) કે સરખા ન હોય તો વિષમજન્યુક કે અંડજન્યુક (anisogamous or oogamous) હોય છે. મ્યુકર (આકૃતિ 2.5 a), રાઇઝોપસ (*Rhizopus*-બ્રેડમોલ્ડ) અને આલ્બ્યુગો (*Albugo*-રાઇ પર થતી પરોપજીવી ફૂગ) કેટલાક સામાન્ય ઉદાહરણો છે.

2.3.2 આસ્કોમાયસેટીસ (Ascomycetes)

સામાન્ય રીતે આ વર્ગના સભ્યો કોથળીમય ફૂગ (sac-fungi) તરીકે જાણીતા છે. આસ્કોમાયસેટીસ વર્ગના સભ્યો મુખ્યત્વે બહુકોષીય, દા.ત., પેનિસિલિયમ (*Penicillium*) કે ભાગ્યે જ એકકોષીય, દા.ત., યીસ્ટ (Saccharomyces) છે. તેઓ મૃતોપજીવીઓ (saprophytes), વિઘટકો (decomposers), પરોજીવીઓ (parasites) કે છાણભક્ષીઓ (coprophilous - છાણ પર વિકાસ પામતા) તરીકે છે. કવકજાળ

શાખિત અને પડદાયુક્ત છે. કણીબીજાણુધાનીધર (conidiophores) કહેવાતી વિશિષ્ટ કવકજાળ ઉપર બહિર્જાત (exogenous) રીતે કણીબીજાણુઓ (conidia) તરીકે અલિંગી બીજાણુઓ ઉત્પન્ન થાય છે. કણીબીજાણુઓના અંકુરણથી નવી કવકજાળ બને છે. કોથળી (sac) જેવી ધાનીઓ(asci)માં અંતર્જાત (endogenous) રીતે લિંગી બીજાણુઓ ઉત્પન્ન થાય છે જેને ધાનીબીજાણુઓ (ascospores) કહે છે. આ ધાનીઓ વિશિષ્ટ પ્રકારના ફળકાયમાં ગોઠવાયેલી હોય છે જેને ફળધાનીકાય (ascocarps) કહે છે. એસ્પરજીલસ (*Aspergillus*) (આકૃતિ 2.5 b), ક્લેવિસેપ્સ (*Claviceps*) અને ન્યુરોસ્પોરા (*Neurospora*) તેના કેટલાક ઉદાહરણો છે. જૈવરસાયણ (biochemical) અને જનિન ક્રિયાવિધિમાં ન્યુરોસ્પોરા ખૂબજ ઉપયોગી છે. કાળા રંગ (morels-મોરેલ્સ) અને પીળા રંગ (baffles-બફલ્સ)ના ઘણા સભ્યો ખાવાલાયક છે અને સુસ્વાદુ વાનગી તરીકે માનવામાં આવે છે.

2.3.3 બેસિડીયોમાયસેટીસ (Basidiomycetes)

સામાન્ય રીતે બેસિડીયોમાયસેટીસ વર્ગના સ્વરૂપો મશરૂમ, બ્રેકેટ ફંજાઈ (bracket fungi) અને પફબોલ્સ (puffballs) તરીકે જાણીતા છે. તેઓ જમીનમાં, લાકડાના ગોળવા (log) પર, ઝાડના થડ (stump) પર કે વનસ્પતિઓના દેહની અંદર પરોપજીવી તરીકે જીવન ગુજારે છે. દા. ત., ગેરુ (rust) અને અંગારિયો (smut) તેની કવકજાળ શાખિત અને પડદાયુક્ત છે. અલિંગી બીજાણુઓ સામાન્ય રીતે જોવા મળતા નથી પરંતુ અવખંડન દ્વારા થતું વાનસ્પતિક પ્રજનન સામાન્ય છે. લિંગી અંગો ગેરહાજર હોય છે પરંતુ અલગ પ્રકારના વિભેદો કે જનીન પ્રકારોના બે વાનસ્પતિક કે દૈહિક કોષો(somatic cells)ના જોડાણ દ્વારા જીવરસ સંયુગ્મન થાય છે. આના પરિણામે દ્વિકોષકેન્દ્રી રચના બને છે કે જે અંતે પ્રકણીબીજાણુધાની (basidium) તરીકે વિકાસ પામે છે. પ્રકણીધાનીમાં કોષકેન્દ્ર સંયુગ્મન અને અર્ધીકરણ થવાથી ચાર પ્રકણીબીજાણુઓ (basidiospores) ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રકણીબીજાણુઓ પ્રકણીબીજાણુધાની પર બહિર્જાત રીતે ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રકણીબીજાણુધાનીઓ ફળકાયોમાં ગોઠવાયેલી હોય છે, જેને પ્રકણીધાનીકાયો (basidiocarp) કહે છે. એગેરિક્સ (*Agaricus*-મશરૂમ) (આકૃતિ 2.5 c), યુસ્ટીલાગો (*Ustilago*-અંગારિયા માટે જવાબદાર ફૂગ) અને પક્સિનિયા (*Puccinia*-ગેરુ માટે જવાબદાર ફૂગ) સામાન્ય રીતે આ વર્ગના સભ્યો છે.

2.3.4 ડ્યુટરોમાયસેટીસ (Deuteromycetes)

સામાન્ય રીતે અપૂર્ણ ફૂગ તરીકે જાણીતી છે કારણ કે આ ફૂગના માત્ર અલિંગી અને વાનસ્પતિક તબક્કાઓ જ ઓળખાયા છે. જ્યારે આ ફૂગના લિંગી સ્વરૂપો શોધાયા ત્યારે તેને સાચી રીતે સમાવેશત થાય તેવા વર્ગોમાં મૂકવામાં આવી હતી. એ પણ શક્ય છે કે તેની અલિંગી અને વાનસ્પતિક અવસ્થાઓને એક જ નામ આપવામાં આવ્યું હોય અને તેથી તેને ડ્યુટરોમાયસેટીસ વર્ગમાં મૂકવામાં આવી હોય તથા લિંગી અવસ્થાને કારણે અન્ય બીજા વર્ગમાં મૂકવામાં આવી હતી. પછી જ્યારે તેમની વચ્ચેની કડીઓ સ્વીકૃત બની ત્યારે આ ફૂગની સાચી રીતે ઓળખ થઈ અને ડ્યુટરોમાયસેટીસ વર્ગમાંથી ખસેડી દેવામાં આવી. જ્યાં સુધી ડ્યુટરોમાયસેટીસના સભ્યોની ચોક્કસ (લિંગી) અવસ્થાઓ શોધાઈ ત્યારે ઘણી વાર તેને આસ્કોમાયસેટીસ કે બેસિડીયોમાયસેટીસ વર્ગમાં મૂકી દેવામાં આવી હતી. ડ્યુટરોમાયસેટીસ વર્ગની ફૂગ કણીબીજાણુ તરીકે ઓળખાતા અલિંગી બીજાણુઓ દ્વારા જનન કરે છે. કવકજાળ પડદાયુક્ત અને શાખિત છે. કેટલાક સભ્યો મૃતોપજીવી કે પરોપજીવી છે જ્યારે તેમાંના મોટા ભાગના નકામા પદાર્થો (કચરા)નું વિઘટન કરતા વિઘટકો છે અને ખનીજોના ચક્રિયકરણ(mineral cycling)માં મદદરૂપ છે. ઑલ્ટરનેરિયા (*Alternaria*), કોલીટોટ્રાઈકમ (*Colletotrichum*) અને ટ્રાઈકોડર્મા (*Trichoderma*) તેના કેટલાંક ઉદાહરણો છે.

2.4 વનસ્પતિ સૃષ્ટિ (Kingdom Plantae)

વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાં બધા સુકોષકેન્દ્રીય હરિતદ્રવ્ય ધરાવતા સજીવો સમાવેશિત છે કે જેઓ વનસ્પતિઓ કહેવાય છે. કીટકભક્ષી વનસ્પતિઓ (insectivorous plants) કે પરોપજીવીઓ જેવા ખૂબ જ ઓછા સભ્યો આંશિક રીતે વિષમપોષી છે. અર્કઝવર (Bladderwort) તથા વિનસ મક્ષીપાશ (Venus fly trap) કીટકભક્ષી વનસ્પતિઓનાં ઉદાહરણો છે અને અમરવેલ (*Cuscuta*) પરોપજીવી છે. વનસ્પતિ કોષો મુખ્યત્વે હરિતકણો અને કોષદીવાલ સાથેની સુકોષકેન્દ્રીય રચના ધરાવે છે. કોષદીવાલ મુખ્યત્વે સેલ્યુલોઝની બનેલી છે. તમે પ્રકરણ 8 માં સુકોષકેન્દ્રીય કોષ રચનાનો વિસ્તૃતમાં અભ્યાસ કરશો. લીલ (algae), દ્વિઅંગીઓ (bryophytes), ત્રિઅંગીઓ (pteridophytes), અનાવૃત બીજધારીઓ (gymnosperms) અને આવૃત બીજધારી (angiosperms) વનસ્પતિઓ આ સૃષ્ટિમાં સમાવેશિત છે.

વનસ્પતિઓના જીવનચક્ર બે વિશિષ્ટ તબક્કાઓ ધરાવે છે. દ્વિકીય બીજાણુજનક (diploid sporophytic) અને એકકીય જન્યુજનક (haploid gametophytic) જે એકબીજાને એકાંતરે છે. એકકીય તથા દ્વિકીય તબક્કાઓની સમયાવધિ અને આ તબક્કાઓ મુક્તજીવી છે કે એકબીજા પર આધારિત છે તે વનસ્પતિઓના જુદા જુદા જૂથો (પ્રકારો)માં અલગ અલગ હોય છે. આ પ્રકારની ઘટનાને **એકાંતરજનન (alternation of generation)** કહે છે. તમે પ્રકરણ 3માં પણ આ સૃષ્ટિનો ફરીથી વિસ્તૃતમાં અભ્યાસ કરશો.

2.5 પ્રાણીસૃષ્ટિ (Kingdom Animalia)

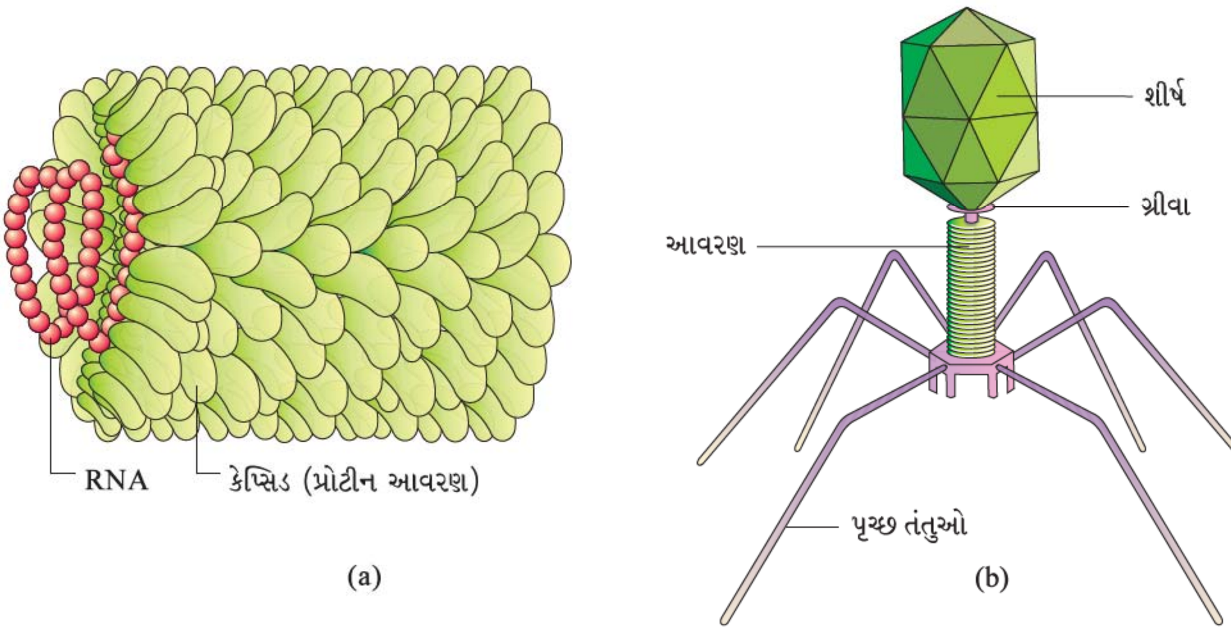
વિષમપોષી સુકોષકેન્દ્રીય સજીવો દ્વારા આ સૃષ્ટિને વર્ગીકૃત કરાય છે જે બહુકોષીય છે અને તેમના કોષો કોષદીવાલો વિહીન હોય છે. તેઓ ખોરાક માટે પ્રત્યક્ષ કે પરોક્ષ રીતે વનસ્પતિઓ પર આધાર રાખે છે. તેઓ તેમના ખોરાકનું પાચન અંતઃસ્થ ગુહા(internal cavity-અન્નમાર્ગ)માં કરે છે અને સંચિત ખોરાક ગ્લાયકોજન કે ચરબી તરીકે સંગ્રહ કરે છે. તેમના પોષણનો પ્રકાર પ્રાણીસમ (holozoic) છે - ખોરાકના અંતઃગ્રહણ (ingestion) દ્વારા. તેઓ ચોક્કસ વૃદ્ધિ પ્રક્રિયાને અનુસરે છે અને ચોક્કસ આકાર અને કદ સાથે પુખ્તતામાં વિકાસ પામે છે. ઉચ્ચ સ્વરૂપો, તેઓના ઉપયોગ મુજબ વિકસિત (elaborate) સંવેદનાત્મક (sensory) અને ચેતાચાલક (neuromotor) ક્રિયાવિધી દર્શાવે છે. તેમાંના મોટા ભાગના પ્રચલન (locomotion) કરવા સક્ષમ હોય છે.

નર અને માદાની મૈથુનક્રિયા(copulation) દ્વારા લિંગી પ્રજનન કરે છે જે ભ્રૂણવિદ્યાકીય વિકાસ(embryological development)ને અનુસરે છે. વિવિધ સમુદાયોના સ્પષ્ટ દેખાતા વિશિષ્ટ લક્ષણોનું પ્રકરણ 4માં વર્ણન કરેલ છે.

2.6 વાઈરસ (Viruses), વિરોઈડ્સ (Viroids), પ્રાયોન્સ (Prions)અને લાઈકેન્સ (Lichens)

વ્હીટેકરની પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિમાં વાઇરસ, વિરોઇડ્સ અને પ્રાયોન્સ જેવા કેટલાક અકોષીય સજીવો તેમજ લાઇકેન્સનો ઉલ્લેખ કરવામાં આવ્યો નથી. અહીં તેઓની સંક્ષિપ્ત રજૂઆત કરી છે.

વાઈરસ (Viruses) : આપણે બધા ક્યારેક ને ક્યારેક શરદી સાથેના ચેપી તાવ કે ઇનફ્લુએન્ઝા (common cold or flu)ની રોગિષ્ટ અસરમાં સપડાઈએ છીએ. શું ? તમે જાણો છો કે વાઇરસ આપણા પર કેવી અસર ધરાવી શકે ? ભલે આપણે તેના સંસર્ગમાં આવતા નથી તેમ છતાં પણ આપણને તેની અસર થાય છે. તેઓ સાચા અર્થમાં વાસ્તવિક જીવન ધરાવતા નથી તેથી આપણે વાઇરસને વર્ગીકરણમાં શોધી શકતા નથી. આપણે એવા સજીવોને જીવંત કોષો તરીકે સમજીએ કે જેઓ કોષરચના ધરાવતા હોય. વાઇરસ અકોષીય (non cellular-કોષરચના ધરાવતા નથી) સજીવો છે કે જેઓ જીવંત કોષની બહાર નિષ્ક્રિય સ્ફટિકમય રચના (inert crystalline structure) ધરાવવાથી જ વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે. એકવાર તેઓ યજમાન કોષને ચેપ લગાડે



આકૃતિ 2.6 : (a) ટોબેકો મોઝેઇક વાઇરસ (TMV) અને (b) બૅક્ટેરિયોફેઝ

છે ત્યારે તેઓ યજમાન કોષના વ્યવસ્થાતંત્રનો ભાગ (machinery of the host cell) બની આપમેળે જ સ્વયંજનિત થઈ યજમાનને મારી નાંખે છે. તમે કહી શકશો કે વાઇરસ સજીવ (living) છે કે નિર્જીવ (non-living)?

પાશ્ચર (Pasteur) દ્વારા વાઇરસ નામનો અર્થ વિષ કે ઝેરી રસાયણ તરીકે (venom or poisonous fluid) આપવામાં આવ્યો હતો. દીમિત્રી ઇવાનોવ્સ્કીએ(Dimitri Ivanowsky) 1892માં કેટલાક સૂક્ષ્મ જીવોને તમાકુનો કિર્મિર રોગ(mosaic disease of tobacco-મોઝેઇક ડીસીઝ ઓફ ટોબેકો)ના રોગકારક સજીવ (causal organism) તરીકે ઓળખાવ્યા (આકૃતિ 2.6 a). તેઓ બૅક્ટેરિયા પ્રૂફ ફિલ્ટરમાંથી પણ પસાર થઈ શકતા હોવાથી દેખાવમાં બૅક્ટેરિયા કરતાં પણ ખૂબ જ નાના દેખાતા હતા. એમ.ડબલ્યુ. બેઇજેરિનેક (M. W. Beijerinek) એ 1898માં તમાકુના રોગગ્રસ્ત (સંક્રમિત) છોડના નિષ્કર્ષણનું નિદર્શન કર્યું કે જે તંદુરસ્ત છોડને ચેપ લગાડે છે અને તે રસાયણને ચેપકારક જીવંત રસાયણ (*Contagium vivum fluidum*-કૉન્ટાજીયમ વાઇવમ ફ્લ્યુઇડમ) કહ્યું. ડબલ્યુ. એમ. સ્ટેનલી (W. M. Stanly) એ 1935માં દર્શાવ્યું કે વાઇરસને સ્ફટિકમય (crystallized) બનાવી શકાય છે અને આ સ્ફટિકો મુખ્યતઃ પ્રોટીન ધરાવે છે. તેઓ તેના ચોક્કસ યજમાન કોષની બહાર નિષ્ક્રિય હોય છે. વાઇરસ અવિકલ્પી પરોપજીવી (obligate parasite) છે.

વાઇરસ પ્રોટીન ઉપરાંત જનીનદ્રવ્ય પણ ધરાવે છે જે RNA કે DNA હોઈ શકે છે. કોઈ પણ વાઇરસમાં RNA તથા DNA બંને એકસાથે હોઈ શકતા નથી. વાઇરસમાં જનીનદ્રવ્ય (genetic material) તરીકે ન્યુક્લિઓપ્રોટીન (nucleoprotein = nucleic acid + protein) છે અને જનીનદ્રવ્ય ચેપી છે. સામાન્યતઃ જે વાઇરસ વનસ્પતિઓને ચેપ લગાડે છે તે એકલ શૃંખલામય RNA (single stranded RNA) ધરાવે છે અને જે વાઇરસ પ્રાણીઓને ચેપ લગાડે છે તેઓ એકલ કે બેવડી શૃંખલામય RNA અથવા બેવડી શૃંખલામય DNA ધરાવે છે. બૅક્ટેરિયલ વાઈરસ કે બૅક્ટેરિયોફેઝ વાઇરસ (bacteriophase virus-બૅક્ટેરિયાને ચેપ લગાડતા વાઇરસ) સામાન્ય રીતે બેવડી શૃંખલામય DNA (double stranded DNA) વાઇરસ છે (આકૃતિ 2.6 b). પ્રોટીન આવરણને કેપ્સિડ (capsid) કહે છે અને તે કેપ્સોમીયર (capsomere) કહેવાતા નાના ઉપએકમોનું બનેલું છે. કેપ્સિડ એ ન્યુક્લિક ઍસિડને સુરક્ષિત કરે છે. કેપ્સોમીયર કુંતલમય (helical) કે બહુફલકીય (polyhedral) ભૌમિતિક સ્વરૂપમાં (geometric form) ગોઠવાયેલું છે. ગાલપચોળીયું (mumps), બળિયા

(small pox), વિસર્પિકા (herpes) અને શરદી સાથેનો ચેપી તાવ (influenza) જેવા રોગો વાઇરસને કારણે થાય છે. મનુષ્યમાં એઇડ્સ (AIDS-Acquired immuno deficiency syndrome) પણ વાઇરસ દ્વારા થાય છે. વનસ્પતિઓમાં કિર્મિર રચના (mosaic formation), પર્ણવલન (leaf rolling) અને પર્ણકુંચન (leaf curling), પાંડુવર્ણ (yellowing) તથા શિરા સ્પષ્ટતા (vein clearing), વામનતા (dwarfing) અને કુંઠિત વૃદ્ધિ (stunted growth) જેવા રોગોના ચિહ્નો હોઈ શકે છે.

વિરોઇડ્સ (Viroids) : 1971માં ટી. ઓ. ડાયેનર (T. O. Diener) એ એક નવા ચેપી કારકો શોધ્યા કે જેઓ વાઇરસ કરતાં પણ નાના હતાં અને તેના કારણે બટાટામાં ત્રાકમય ગ્રંથિલનો રોગ (spindle tuber disease) થાય છે. તેમાં મુક્ત RNA જોવા મળે છે. પ્રોટીન આવરણ (capsid-કેપ્સિડ) કે જે વાઇરસમાં જોવા મળે તેનો અભાવ હોય છે. આથી, તેને વિરોઇડ્સ નામ આપવામાં આવ્યું છે. વિરોઇડ્સના RNAનો આણ્વીય ભાર (molecular weight) ઓછો હોય છે.

પ્રાયોન્સ (Prions) : આધુનિક ઔષધિકીમાં ચોક્કસ ચેપ ધરાવતા ચેતાકીય રોગો (neurological diseases), જે અસામાન્ય રીતે ગડીમય પ્રોટીન (folded protein) થી બનેલા વાહક દ્વારા ફેલાતો જોવા મળ્યો હતો. આ વાહક વાઇરસ જેટલું જ કદ ધરાવતો હતો. આ વાહકો પ્રાયોન્સ તરીકે ઓળખાયા. બોવાઈન સ્પોન્જીફોર્મ એન્સેફેલોપેથી (bovine spongiform encephalopathy-BSE) એ પ્રાયોન્સ દ્વારા થતા સૌથી નોંધપાત્ર રોગો છે, જે સામાન્ય રીતે પશુઓમાં મેડકાઉ ડિસીઝ (mad cow disease) તરીકે ઓળખાય છે અને તેને અનુરૂપ મનુષ્યમાં Cr-જેકોબ ડિસીઝ (Cr-Jacob disease-CJD) તરીકે ઓળખાય છે.

લાઈકેન્સ (Lichens) : લાઇકેન એ સહજીવી સહવાસ (symbiotic association) એટલે કે લીલ અને ફૂગ વચ્ચેનો પરસ્પર ઉપયોગી સહવાસ છે. લીલના ઘટકોને **ફાયકોબાયોન્ટ (phycobiont)** અને ફૂગના ઘટકો **માયકોબાયોન્ટ (mycobiont)**તરીકે ઓળખાય છે કે જેઓ અનુક્રમે સ્વયંપોષી અને વિષમપોષી છે. લીલ એ ફૂગ માટે ખોરાક તૈયાર કરે છે અને ફૂગ એ તેના સહવાસી (લીલ) માટે આશ્રય, શોષિત પોષક દ્રવ્યો તેમજ પાણી પૂરું પાડે છે. તેથી, તેમનું એવું ગાઢ સંગઠન છે કે જો કુદરતમાં લાઇકેન એકલાને જોઈએ તોપણ આપણે કદી પણ કલ્પના કરી શકતા નથી કે તેનામાં બે ભિન્ન પ્રકારના સજીવો સંકળાયેલા છે. લાઇકેન્સ ખૂબ જ સારા પ્રદૂષણ સૂચકો (pollution indecators) છે. તેઓ પ્રદૂષિત વિસ્તારમાં વિકાસ પામતા નથી.

સારાંશ (Summary)

એરિસ્ટોટલે (Aristotle) સૌપ્રથમ સરળ બાહ્યાકાર વિદ્યાકીય લક્ષણોને આધારે વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનું વર્ગીકરણ કર્યું હતું. ત્યાર પછી લિનિયસે (Linnaeus) બધા સજીવોને બે સૃષ્ટિઓમાં વર્ગીકૃત કર્યા-વનસ્પતિ સૃષ્ટિ અને પ્રાણીસૃષ્ટિ. આર. એચ. વ્હીટેકર (R. H. Whittaker-1969) દ્વારા એક વિકસિત પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિ (five kingdom classification system) પ્રસ્તાવિત કરવામાં આવી. મોનેરા, પ્રોટીસ્ટા, ફૂગ, વનસ્પતિ સૃષ્ટિ અને પ્રાણીસૃષ્ટિ. કોષરચના (cell structure), દૈહીક આયોજન (body organization), પોષણનો પ્રકાર (mode of nutrition) તથા પ્રજનન (reproduction) અને જાતિવિકાસકીય સંબંધો (phylogenetic relationships) જેવા પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિના મુખ્ય ધોરણો હતા.

પાંચ સૃષ્ટિ વર્ગીકરણ પદ્ધતિમાં બૅક્ટેરિયાને મોનેરા (Monera) સૃષ્ટિમાં સમાવેશિત કરવામાં આવ્યા છે. બૅક્ટેરિયા સર્વત્ર સ્થાનોમાં વિતરિત છે. આ સજીવો વ્યાપક ચયાપચયિક (metabolic) વિવિધતા દર્શાવે છે. બૅક્ટેરિયા તેમના પોષણના પ્રકારમાં સ્વયંપોષી (autotrophic) કે વિષમપોષી (heterotrophic) હોઈ શકે છે. બધા જ એકકોષીય (unicellular), સુકોષકેન્દ્રીય (eukaryotic) સજીવો જેવા કે ક્રાયસોફાઇટ્સ (Chrysophytes), ડાયનોફ્લેજેલેટ્સ (Dianoflagellates), યુગ્લિનોઇડ્સ (Euglenoids), સ્લાઈમ મોલ્ડ્સ (Slime moulds) પ્રજીવો- (Protozoans)ને સૃષ્ટિ પ્રોટીસ્ટામાં સમાવેશિત કરવામાં આવ્યા છે. પ્રોટીસ્ટ્સ સ્પષ્ટ કોષકેન્દ્ર (nucleus) અને અન્ય પટલમય અંગિકાઓ (membrane bound organelles) ધરાવે છે. તેઓ અલિંગી અને લિંગી બંને રીતે પ્રજનન કરે છે. ફૂગ સૃષ્ટિના સભ્યો રચના અને નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનમાં ખૂબ જ વિવિધતા દર્શાવે છે. મોટા ભાગની ફૂગ તેમના પોષણની રીતભાતમાં મૃતોપજીવી (saprophytic) છે. તેઓ અલિંગી અને લિંગી પ્રજનન દર્શાવે છે. ફાયકોમાયસેટીસ (Phycomycetes), આસ્કોમાયસેટીસ (Ascomycetes), બેસિડીયોમાયસેટીસ (Basidomycetes) અને ડ્યુટરોમાયસેટીસ (Deuteromycetes) ચાર વર્ગો ફૂગમાં સમાવેશિત છે. વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાં બધા સુકોષકેન્દ્રીય હરિતદ્રવ્ય ધરાવતા સજીવો સમાવેશિત છે. લીલ (algae), દ્વિઅંગીઓ (bryophytes), ત્રિઅંગીઓ (pteridophytes), અનાવૃત બીજધારીઓ (gymnosperms) અને આવૃત બીજધારીઓ (angiosperms) આ જૂથ(વનસ્પતિ સૃષ્ટિ)માં સમાવેશિત છે. વનસ્પતિઓનાં જીવનચક્ર એકાંતરજનન (alternation of generation) પ્રદર્શિત કરે છે - દ્વિકીય બીજાણુજનક (diploid sporophytic) અને એકકીય જન્યુજનક (haploid gametophytic). વિષમપોષી સુકોષકેન્દ્રીય, બહુકોષીય સજીવો કે જેઓમાં કોષદીવાલનો અભાવ છે તે પ્રાણીસૃષ્ટિમાં સમાવેશિત છે. આ સજીવોનો પોષણ પ્રકાર પ્રાણીસમ (holozoic) છે. તેઓ મુખ્યત્વે લિંગી રીતે પ્રાજનનિક થાય છે. વાઇરસ અને વિરોઇડ્સ જેવા અકોષીય સજીવો, તેવી જ રીતે લાઇકેન્સને વર્ગીકરણની પાંચ સૃષ્ટિ પદ્ધતિમાં સમાવેશિત કરાયા નથી.

સ્વાધ્યાય

1. ચર્ચા કરો કે વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓ સમય જતાં કેટલાક ફેરફારોમાંથી કેવી રીતે પસાર થઈ ?
2. બે આર્થિક રીતે મહત્ત્વની ઉપયોગિતાઓ જણાવો :

   (a) વિષમપોષી બૅક્ટેરિયા (b) આર્કિબૅક્ટેરિયા
3. ડાયેટમ્સમાં કોષદીવાલોની પ્રકૃતિ શું છે ?
4. આલ્ગલ બ્લુમ (algal bloom) અને રેડ ટાઇડ્સ(red tides)નો ભાવાર્થ શું થાય છે ? તે શોધો.
5. વિરોઇડ્સ એ વાઈરસ કરતાં કેવી રીતે જુદા પડે છે ?
6. પ્રજીવોનાં ચાર મોટાં જૂથોનું વિસ્તૃતમાં વર્ણન કરો.
7. વનસ્પતિઓ સ્વયંપોષી છે. શું તમે વિચારી શકો છો કે કેટલીક વનસ્પતિઓ કે જે આંશિક રીતે વિષમપોષી છે ?
8. ફાયકોબાયોન્ટ અને માયકોબાયોન્ટનો અર્થ તમે શું કરશો ?
9. નીચે આપેલ ફૂગ સૃષ્ટિના વર્ગોનો તુલનાત્મક અહેવાલ આપો :

   (i) પોષણની પદ્ધતિ (ii) પ્રજનનનો પ્રકાર
10. યુગ્લિનોઇડ્સની વિશિષ્ટ લાક્ષણિકતાઓ શું છે ?
11. રચના અને જનીનદ્રવ્યની પ્રકૃતિના સંદર્ભે વાઇરસનો સંક્ષિપ્ત અહેવાલ આપો. વાઇરસથી થતાં ચાર રોગોના પણ નામ આપો.
12. વાઇરસ સજીવ છે કે નિર્જીવ ? તમારા વર્ગમાં આ મુદ્દા પર ચર્ચા કરવાનું આયોજન કરો.

પ્રકરણ 3

વનસ્પતિ સૃષ્ટિ (Plant Kingdom)

3.1 લીલ
3.2 દ્વિઅંગીઓ
3.3 ત્રિઅંગીઓ
3.4 અનાવૃત્ત બીજધારીઓ
3.5 આવૃત્ત બીજધારીઓ
3.6 વનસ્પતિ જીવનચક્રો અને એકાંતરજનન

અગાઉના પ્રકરણમાં, આપણે વ્હીટેકર (Whittakar-1969) દ્વારા સૂચિત કરવામાં આવેલ સજીવોના વર્ગીકરણની પદ્ધતિ જોઈ, જ્યાં તેમણે મોનેરા, પ્રોટીસ્ટા, ફૂગ, વનસ્પતિસૃષ્ટિ અને પ્રાણીસૃષ્ટિ જેવી પાંચ સૃષ્ટિઓના વર્ગીકરણ(five kingdom classification)નું સૂચન કર્યુ હતું. આ પ્રકરણમાં, આપણે વનસ્પતિ સૃષ્ટિ તરીકે ખૂબ જ જાણીતી સૃષ્ટિના વર્ગીકરણનો વિસ્તૃતમાં અભ્યાસ કરીશું.

અહીં આપણે સમયે સમયે બદલાવ ધરાવતી વનસ્પતિ સૃષ્ટિ વિશેની આપણી સમજ પર ભાર મૂકીશું. ફૂગ તથા મોનેરા અને પ્રોટીસ્ટાના સભ્યો કોષદીવાલ ધરાવે છે તેમને વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાંથી બાકાત રખાયા છે, તેમ છતાં પહેલાંના વર્ગીકરણ પ્રમાણે તેઓને એક જ સૃષ્ટિમાં મૂકેલ હતા. તેથી, સાયનોબૅક્ટેરિયા (cyanobacteria) કે જેઓ નીલહરિત લીલ (blue green algae) તરીકે પણ ઉલ્લેખાય છે તેઓ લીલથી વિશેષ કંઈ નથી. આ પ્રકરણમાં, આપણે વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાં લીલ, દ્વિઅંગીઓ, ત્રિઅંગીઓ, અનાવૃત્ત બીજધારીઓ અને આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓનું વર્ણન કરીશું.

ચાલો આપણે, આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓના વર્ગીકરણમાં કેટલીક સંબંધિત બાબતો કે જે આપણને પ્રભાવિત કરે છે તે સમજવા માટે વિસ્તૃતમાં વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓ જોઈએ. પહેલાંની વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓમાં ફક્ત પ્રકૃતિ, રંગ (colour), પર્ણોની સંખ્યા અને આકાર વગેરે જેવા બધી જ રીતે મૂલવતાં ઓછા વ્યક્ત થયેલા (ઉપરછલ્લા-superficial) બાહ્યાકાર લક્ષણોનો ઉપયોગ થતો હતો. તેઓ મુખ્યત્વે વાનસ્પતિક લક્ષણો (vegetative characters) કે પુંકેસરચક્ર (androecium) રચના પર આધારિત હતી. (લિનિયસ દ્વારા આપવામાં આવેલ પદ્ધતિ). આવી પદ્ધતિઓ **કૃત્રિમ (artificial)** હતી; કારણ કે તેઓ ખૂબ જ ઓછી લાક્ષણિકતાઓ પર આધારિત હોવાથી નજીકની સંબંધિત જાતિઓને અલગ કરેલ હતી, વધુમાં, કૃત્રિમ પદ્ધતિઓ વાનસ્પતિક અને લિંગી લક્ષણોને એકસરખું મહત્ત્વ આપે છે; આ સ્વીકૃત (acceptable) નથી. કારણ આપણે જાણીએ છીએ કે ઘણીવાર વાનસ્પતિક લક્ષણો પર્યાવરણ દ્વારા ખૂબ જ સરળતાથી અસર પામે છે. એનાથી વિરુદ્ધમાં, **નૈસર્ગિક વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓ (natural classification system)** વિકાસ પામી, કે જેઓ સજીવો વચ્ચેના પ્રાકૃતિક (કુદરતી) સંબંધો પર આધારિત છે અને તેમાં માત્ર બાહ્ય લક્ષણોને જ ધ્યાનમાં નથી લેવાયા, પરંતુ તેની સાથે સાથે સૂક્ષ્મ સંરચના (ultrastructure), અંતઃસ્થરચના (anatomy), ભ્રૂણવિદ્યા

(embryology) અને વનસ્પતિ રસાયણવિદ્યા (phytochemistry) જેવા આંતરિક લક્ષણોને પણ ધ્યાને લેવાયા છે. સપુષ્પી વનસ્પતિઓ માટે આવું વર્ગીકરણ જ્યોર્જ બેન્થામ અને જોસેફ ડાલ્ટન હૂકર (George Bentham and Joseph Dalton Hooker) દ્વારા આપવામાં આવ્યુ.

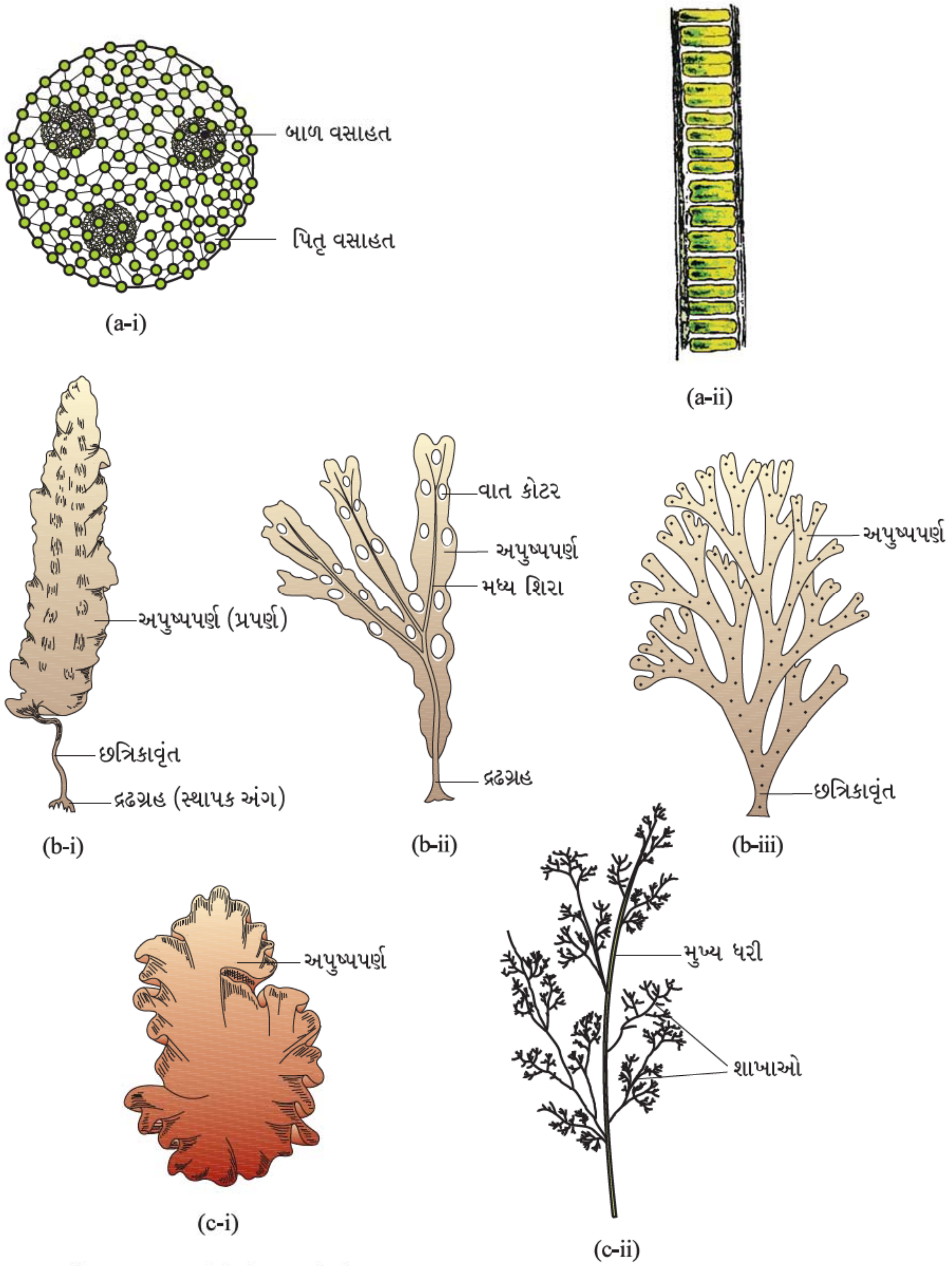
હાલમાં, **જાતિવિકાસકીય (phylogenetic) વર્ગીકરણ પદ્ધતિઓ** એ વિવિધ સજીવો વચ્ચેના ઉદ્‌વિકાસકીય (evolutionary) સંબંધો પર આધારિત છે જે સ્વીકાર્ય છે. એનાથી એ ધારણા બંધાઈ કે એકસરખા વર્ગક(taxa)માં સમાવેશિત સજીવોના પૂર્વજો (ancestor) એક જ હતા. આપણે અત્યારે (હાલમાં) બીજા ઘણા સ્રોતોમાંથી મળતી માહિતીનો ઉપયોગ કરી તેની મદદથી વર્ગીકરણમાં પડતી મુશ્કેલીઓનું નિરાકરણ (resolve) કરીએ છીએ. જ્યારે આપણી પાસે સહાયક રીતે અશ્મિઓના પુરાવા (evidence of fossil) ન હોય ત્યારે આ માહિતી ખૂબ જ મહત્ત્વની બને છે. **સંખ્યાકીય વર્ગીકરણવિદ્યા (numerical taxonomy)** કે જેમાં કમ્પ્યૂટરનો ઉપયોગ કરી સરળતાથી માહિતી મળી રહે છે જે અવલોકિત કરેલ બધી જ લાક્ષણિકતાઓ (observable characteristics) પર આધારિત છે. બધાં જ લક્ષણો અને સ્વીકૃત માહિતી(data)ના આંકડાની સંખ્યા અને સંકેતો (codes) નિર્દિષ્ટ છે અને તે પછી પ્રક્રિયા કરવામાં આવે છે. આ રીતે દરેક લક્ષણને એકસરખું મહત્ત્વ અપાયું છે અને એ જ સમયે ત્વરિત રીતે સો (સેંકડો) જેટલા લક્ષણો ધ્યાને લઈ શકાય છે. હાલના દિવસોમાં વર્ગીકરણવિદો દ્વારા, મૂંઝવણના નિરાકરણ માટે, **કોષવર્ગીકરણવિદ્યા (cytotaxonomy)** કે જે રંગસૂત્રની સંખ્યા, રચના, વર્તણૂક જેવી કોષવિદ્યાકીય માહિતી અને **રસાયણ વર્ગીકરણવિદ્યા (chemotaxonomy)** કે જે વનસ્પતિઓના રાસાયણિક ઘટકો ઉપયોગમાં લેવાય છે.

3.1 લીલ (Algae)

લીલ એ હરિતદ્રવ્ય ધરાવતા, સાદા, સુકાયક (thalloid), સ્વયંપોષી અને મહદ્‌અંશે જલજ (aquatic) (મીઠા અને ખારા પાણી બંને - both fresh water and salty) સજીવો છે. તે અન્ય નિવાસસ્થાનોની વિવિધતામાં પણ થાય છે : ભેજવાળા પથ્થરો (moist stones), જમીન અને લાકડા. તેમાંની કેટલીક લીલ એ ફૂગ સાથે (Lichens - લાઈકેન) અને પ્રાણીઓ (પહાડોના રીંછ પર - on sloth bear) સાથે પણ સંગઠિત થાય છે.

લીલના સ્વરૂપ અને કદ ખૂબ જ પરિવર્તનશીલ છે (આકૃતિ 3.1). તેમનો કદ વિસ્તાર ક્લમિડોમોનાસ્ (*Chlamidomonas*) જેવા સૂક્ષ્મ એકકોષીય સ્વરૂપોથી લઈ વોલ્વોક્સ (*Volvox*) જેવા વસાહતી અને યુલોથ્રીક્સ (*Ulothrix*) તેમજ સ્પાયરોગાયરા (*Spirogyra*) જેવો તંતુમય હોઈ શકે છે. થોડીક દરિયાઈ લીલના થોડાક સ્વરૂપો, દરિયાઈ ઘાસ (kelp) તરીકે છે, જે વિરાટ વનસ્પતિ દેહ બનાવે છે.

લીલ એ વાનસ્પતિક, અલિંગી અને લિંગી પદ્ધતિઓ દ્વારા પ્રજનન કરે છે. વાનસ્પતિક પ્રજનન અવખંડન (fragmentation) દ્વારા થાય છે. દરેક ખંડ સુકાયમાં વિકાસ પામે છે. અલિંગી પ્રજનન વિવિધ પ્રકારના બીજાણુઓના સર્જન દ્વારા થાય છે જે મુખ્યત્વે **ચલબીજાણુ (zoospore)** હોય છે. તેઓ કશાધારી ચલાયમાન (flagellated motile) હોય છે અને અંકુરિત થઈ નવા છોડમાં પરિણમે છે. લિંગી પ્રજનન એ બે જન્યુઓના જોડાણ (fusion) દ્વારા થાય છે. આ જન્યુઓ કશાધારી (ચલિત) અને કદમાં એકસરખા (યુલોથ્રિક્સમાં) અથવા કશાવિહીન (અચલિત) પરંતુ કદમાં એકસરખા (સ્પાયરોગાયરામાં) હોઈ શકે છે. આ પ્રકારના પ્રજનનને **સમજન્યુક (isogamous)** પ્રકારનું પ્રજનન કહે છે. યુડોરિનાની કેટલીક જાતિઓમાં કદમાં અસમાન (સરખા ન હોય તેવા) બે જન્યુઓનું જોડાણ થાય છે જેને **અસમજન્યુક-(વિષમજન્યુક-anisogamous)** પ્રકારનું પ્રજનન કહે છે. બે જન્યુઓ પૈકી એક મોટા, અચલિત (સ્થાયી-static) માદા જન્યુ અને નાના, ચલિત (અસ્થાયી-non static) નર જન્યુઓનું જોડાણ થાય છે જેને **અંડજન્યુક (oogamous)** પ્રકારનું પ્રજનન કહે છે. દા. ત., વોલ્વોક્સ (*Volvox*) અને ફ્યુક્સ (*Fucus*).



આકૃતિ 3.1 : (a) લીલી લીલ (i) વોલ્વોક્સ (ii) યુલોથ્રિક્સ
(b) બદામી લીલ (i) લેમિનારિયા (ii) ફ્યુકસ (iii) ડિક્ટીઓટા
(c) રાતી લીલ (i) પોરફાયરા (ii) પોલીસાયફોનિયા

લીલ મનુષ્યને વિવિધ રીતે ઉપયોગી છે. પૃથ્વી પર લગભગ કુલ કાર્બન ડાયોક્સાઇડના અડધા કાર્બન ડાયોક્સાઇડનું સ્થાપન પ્રકાશસંશ્લેષણથી લીલ દ્વારા થાય છે. પ્રકાશસંશ્લેષી સજીવો હોવાથી તેઓ તેમના આસપાસના પર્યાવરણમાં દ્રાવ્ય ઑક્સિજન(dissolve oxygen)નું પ્રમાણ વધારે છે. તેઓ સર્વશ્રેષ્ઠ મહત્ત્વના શક્તિસભર સંયોજનોના પ્રાથમિક ઉત્પાદકો (primary producers of energy rich compounds) છે કે જે બધા જ જલીય પ્રાણીઓના પોષણ ચક્રનો આધારસ્તંભ છે. પોરફાયરા (*Porphyra*), લેમિનારિયા (*Laminaria*) અને સરગાસમ(*Sargassum*) જેવી ખારા પાણીની લગભગ 70 જેટલી જાતિઓ ખોરાક તરીકે ઉપયોગી છે. કેટલીક દરિયાઈ બદામી (brown) અને રાતી કે લાલ (red) લીલ વધુ માત્રામાં હાઇડ્રૉકોલોઇડ્સ (જલ ગ્રાહક કલિલ પદાર્થ) ઉત્પન્ન કરે છે. દા. ત., **આલ્જિન-Algin** (બદામી કે કથ્થાઈ લીલ) અને **કેરાજીન-carrageen** (લાલ લીલ) કે જે વ્યવસાયિક રીતે ઉપયોગી છે. અગર (*Agar*) એ જેલિડિયમ (*Gelidium*) અને ગ્રેસીલારિયા(*Gracillaria*)માંથી મળતું એક માત્ર વ્યવસાયિક ઉત્પાદન છે જે સૂક્ષ્મ જીવાણુઓની વૃદ્ધિ અને આઇસક્રીમ તથા જેલીની બનાવટમાં ઉપયોગી છે. ક્લોરેલા (*Chlorella*) અને સ્પાઇરુલિના (*Spirullina*) એકકોષીય, પ્રોટીનસભર લીલ છે અને અવકાશયાત્રીઓ પણ પૂરક આહાર તરીકે તેનો ઉપયોગ કરે છે. લીલ ત્રણ મુખ્ય વર્ગોમાં વિભાજિત કરવામાં આવી છે : **ક્લોરોફાયસી, ફીઓફાયસી** અને **રોડોફાયસી**.

3.1.1 ક્લોરોફાયસી (Chlorophyceae)

ક્લોરોફાયસીના સભ્યોને સામાન્ય રીતે **લીલી** કે **હરિત લીલ (green algae)** કહેવામાં આવે છે. તેમનો વનસ્પતિ દેહ એકકોષીય (unicellular), વસાહતી (colonial) કે તંતુમય (filamentous) હોઈ શકે છે. ક્લોરોફીલ a અને ક્લોરોફીલ b જેવા રંજકદ્રવ્યોની પ્રભાવિતાને કારણે તેઓ સામાન્યતઃ ઘાસ (તૃણ) જેવા લીલા (grass green) દેખાય છે. રંજકદ્રવ્યો એ સ્પષ્ટપણે હરિતકણોમાં સ્થાન પામેલા છે. જુદી જુદી જાતિઓમાં હરિતકણો બિંબ આકાર (discoid), તકતી જેવા (plate like), જાલાકાર (reticulate), કપ આકાર (cup shaped), કુંતલાકાર (spiral) કે પટ્ટી આકાર (ribbon shaped)ના હોઈ શકે છે. ઘણા સભ્યો, હરિતકણોમાં સ્થિત (સ્થાન પામેલા) પ્રોભુજકો (pyranoids) કહેવાતા એક કે વધુ સંગ્રાહક ભાગો ધરાવે છે. પ્રોભુજકો પ્રોટીન ઉપરાંત સ્ટાર્ચ ધરાવે છે. કેટલીક લીલ તૈલી બિંદુઓના સ્વરૂપમાં ખોરાક સંગ્રહ કરી શકે છે. હરિત લીલ એ સામાન્યતઃ સખત કોષદીવાલ ધરાવે છે જેનું અંદરનું આવરણ સેલ્યુલોઝનું અને બહારનું આવરણ પેક્ટોઝનું બનેલું છે.

વાનસ્પતિક પ્રજનન સામાન્યતઃ અવખંડન દ્વારા અને અલિંગી પ્રજનન જુદા જુદા પ્રકારના બીજાણુઓના નિર્માણ દ્વારા થાય છે. ચલબીજાણુધાની(zoosporangium)માં ઉદ્ભવતા કશાધારી ચલબીજાણુઓ દ્વારા અલિંગી પ્રજનન થાય છે. લિંગી પ્રજનન એ લિંગી કોષોના પ્રકાર તેમજ નિર્માણમાં નોંધપાત્ર વિવિધતા દર્શાવે છે અને તે સમજન્યુક (isogamous), વિષમજન્યુક (heterogamous) કે અંડજન્યુક (oogamous) હોઈ શકે છે. ક્લેમિડોમોનાસ, વોલ્વોક્સ, યુલોથ્રીક્સ, સ્પાયરોગાયરા અને કારા (*Chara*) જેવી કેટલીક સામાન્ય રીતે જોવા મળતી લીલ છે (આકૃતિ 3.1 a).

3.1.2 ફીઓફાયસી (Phaeophyceae)

ફીઓફાયસીના સભ્યોને સામાન્ય રીતે **બદામી** કે **કથ્થાઈ લીલ (brown algae)** કહેવાય છે અને પ્રાથમિક રીતે દરિયાઈ નિવાસસ્થાનોમાં જોવા મળે છે. તેઓ કદ અને સ્વરૂપમાં ખૂબ જ વિવિધતા દર્શાવે છે. તેઓના કદ વિસ્તાર, સાદા શાખિત, તંતુમય સ્વરૂપો-એક્ટોકાર્પસ (*Ectocarpus*)થી લઈ અતિશય શાખિત સ્વરૂપો છે, જે ખૂબ જ મોટી દરિયાઈ વનસ્પતિઓ(kelp)નું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે કે

જેઓ 100 મીટર જેટલી સપાટીની ઊંચાઈની પરાકાષ્ઠાએ પહોંચી શકે છે. તેઓ ક્લોરોફીલ a, ક્લોરોફીલ c, કેરેટીનોઇડ્સ અને ઝેંથોફિલ્સ જેવા રંજકદ્રવ્યો ધરાવે છે. તેઓ તેમનામાં હાજર ઝેંથોફિલ્સ કે ફ્યુકોઝેંથીન જેવા રંજકદ્રવ્યોના પ્રમાણની માત્રાને આધારે ચમકતા લીલા (olive green)થી લઈ વિવિધ છાંયવાળા બદામી (various shades of brown) રંગની વિવિધતા ધરાવે છે. ખોરાક જટિલ કાર્બોદિત તરીકે સંગ્રહિત છે, કે જે લેમિનારિન કે મેનિટોલના સ્વરૂપમાં હોઈ શકે છે. વાનસ્પતિક કોષો સેલ્યુલોઝની કોષદીવાલ ધરાવે છે જે સામાન્યતઃ તે બહારની બાજુએ **આલ્જિન**ના જિલેટીન આવરણ દ્વારા આવરિત હોય છે. જીવરસ એ રંજકકણો ઉપરાંત મધ્યસ્થ સ્થાને રસધાની (central vacuole) અને કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. વનસ્પતિ દેહ સામાન્યતઃ **સ્થાપક અંગ** કે **દ્રઢગ્રહ (holdfast)** દ્વારા આધારક સાથે જોડાયેલો હોય છે અને તે **વૃંત (stalk)**, **છત્રિકાવૃંત (stipe)** અને પર્ણ જેવું પ્રકાશસંશ્લેષી અંગ **પ્રપર્ણ** (અપુષ્પપર્ણ - **frond**) ધરાવે છે. વાનસ્પતિક પ્રજનન અવખંડન દ્વારા થાય છે. અલિંગી પ્રજનન મુખ્યત્વે બદામી લીલમાં દ્વિકશાધારી ચલબીજાણુઓ દ્વારા થાય છે કે જે નાસપતી આકારના (pear shaped) અને બે અસમાન પાર્શ્વીય રીતે જોડાયેલી કશાઓ ધરાવે છે.

લિંગી પ્રજનન એ સમજન્યુક, વિષમજન્યુક કે અંડજન્યુક હોઈ શકે છે. જન્યુઓનું જોડાણ પાણીમાં કે અંડધાની-(અંડજન્યુક જાતિઓ)માં થઈ શકે છે. જન્યુઓ નાસપતિ આકારના છે અને બે પાર્શ્વીય રીતે જોડાયેલી કશાઓ ધરાવે છે. એક્ટોકાર્પસ, ડીક્ટીઓટા (*Dictyota*), લેમિનારિયા, સરગાસમ અને ફ્યુક્સ તેના સામાન્ય સ્વરૂપો છે (આકૃતિ 3.1 b).

3.1.3 રોડોફાયસી (Rhodophyceae)

રોડોફાયસીના સભ્યો સામાન્ય રીતે **લાલ** કે **રાતી લીલ (red algae)** કહેવાય છે. કારણ કે તેમના દેહમાં લાલ રંજકદ્રવ્ય - r-ફાયકોઇરીથ્રીન (r-phycoerythrin) પ્રભાવિતા છે. મોટે ભાગે રાતી લીલ દરિયાઈ છે જે હૂંફાળા ખારા પાણીમાં વધુ જોવા મળે છે. તેઓ પાણીની સપાટી નજીક વધુ સારા પ્રકાશિત વિસ્તારમાં અને મહાસાગરોમાં વધુ ઊંડાઈએ કે જ્યાં સાપેક્ષ રીતે ખૂબ જ ઓછો પ્રકાશ પ્રવેશે તેવા વિસ્તારોમાં એમ બંને સ્થાને થાય છે.

મોટે ભાગે રાતી લીલનું સુકાય બહુકોષીય છે. તેમાંની કેટલીક જટિલ દૈહિક આયોજન (body organization) ધરાવે છે. તેમાં ખોરાકનો સંગ્રહ ફ્લોરિડીઅન સ્ટાર્ચ (floridian starch) સ્વરૂપે થાય છે કે જે બંધારણમાં એમાયલોપેક્ટીન અને ગ્લાયકોજનને ઘણું મળતું આવે છે.

રાતી લીલ સામાન્યતઃ અવખંડન દ્વારા વાનસ્પતિક પ્રજનન કરે છે. તેઓ અચલિત બીજાણુઓ દ્વારા અલિંગી રીતે અને અચલિત જન્યુઓ દ્વારા લિંગી રીતે પ્રજનન કરે છે. લિંગી પ્રજનન એ અંડજન્યુક પ્રકારે થાય છે અને તેની

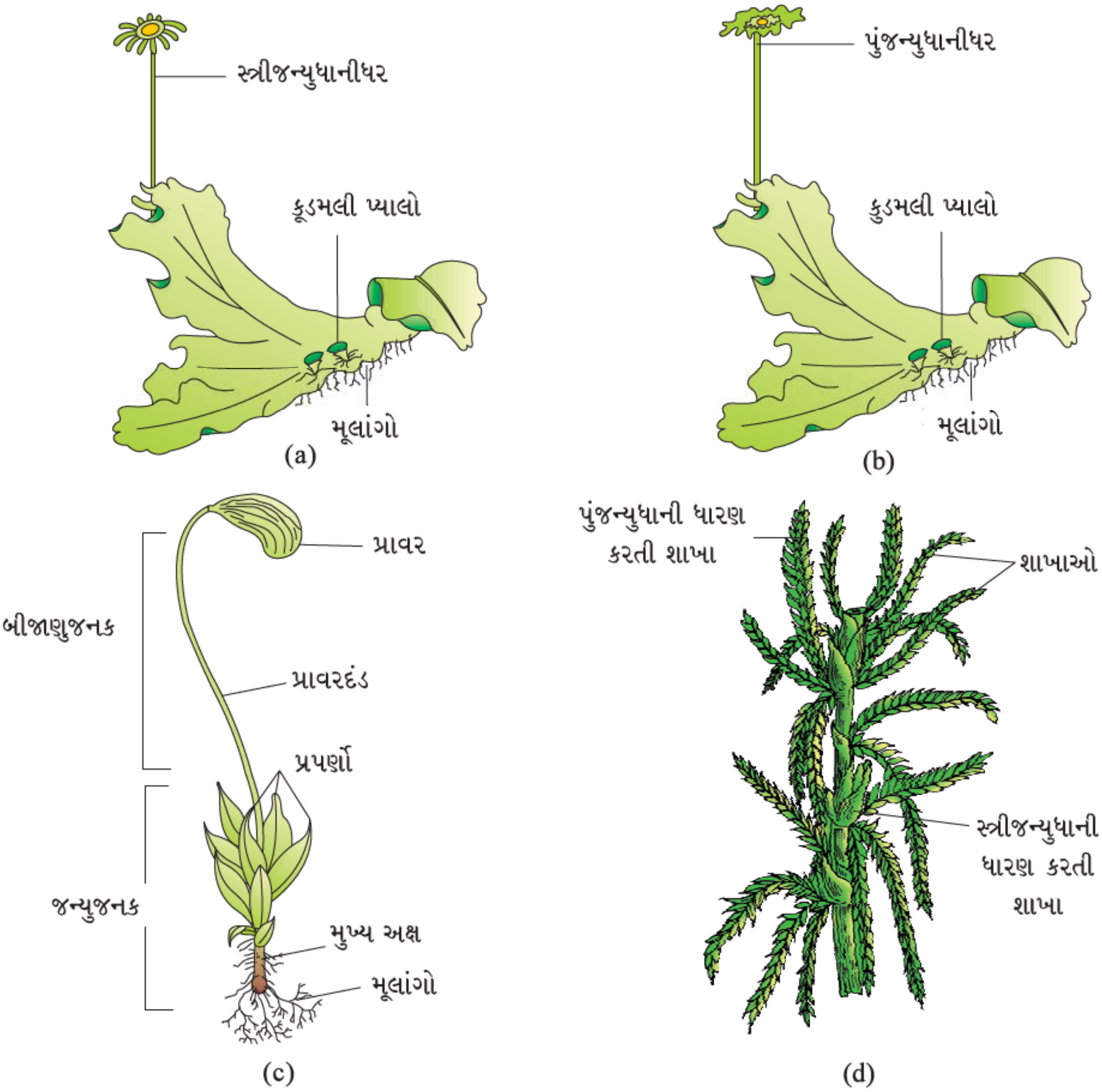
કોષ્ટક 3.1 : લીલના વિભાગો અને તેમની મુખ્ય લાક્ષણિકતાઓ

વર્ગો	સામાન્ય નામ	મુખ્ય રંજકદ્રવ્યો	ખોરાક સંગ્રહ	કોષદીવાલ	કશાની સંખ્યા અને પ્રવેશની સ્થિતિ	નિવાસસ્થાન
ક્લોરોફાયસી	લીલી લીલ	ક્લોરોફીલ a, b	સ્ટાર્ચ	સેલ્યુલોઝ	2-8, સમાન, અગ્રસ્થ	મીઠું પાણી, થોડુંક ખારું પાણી, ક્ષારયુક્ત પાણી
ફીઓફાયસી	બદામી લીલ	ક્લોરોફીલ a, c અને ફ્યુકોઝેન્થીન	મેનિટોલ અને લેમિનારિન	સેલ્યુલોઝ અને આલ્જિન	2, અસમાન પાર્શ્વીય	મીઠું પાણી (ભાગ્યે જ), થોડુંક ખારું પાણી, ક્ષારયુક્ત પાણી
રોડોફાયસી	રાતી લીલ	ક્લોરોફીલ a, d અને ફાયકોઇરીથ્રીન	ફ્લોરિડીઅન સ્ટાર્ચ	સેલ્યુલોઝ, પેકટીન અને પોલીસલ્ફેટ એસ્ટર	ગેરહાજર	મીઠુંપાણી (કેટલાક) થોડુંક ખારું પાણી, ક્ષારયુક્ત પાણી (મુખ્યત્વે)

સાથે જટિલ પશ્ચ-ફલન (post fertilization) વિકાસ થાય છે. પોલીસાઈફોનિયા (*Polysiphonia*), પોરફાયરા. (આકૃતિ 3.1 c). ગ્રેસિલારિયા અને જેલિડિયમ (*Gelidium*) તેના સામાન્ય સભ્યો છે.

3.2 દ્વિઅંગીઓ (Bryophytes)

દ્વિઅંગી વનસ્પતિઓમાં વિવિધ મોસ (Mosses) અને લીવરવર્ટ (Liverworts)નો સમાવેશ થાય છે કે જે ટેકરીઓમાં ભેજયુક્ત છાયાપ્રિય (shaded) વિસ્તારોમાં સામાન્ય રીતે વિકાસ પામતી જોવા મળે છે (આકૃતિ 3.2). દ્વિઅંગીઓને વનસ્પતિ સૃષ્ટિના ઉભયજીવીઓ (amphibians) પણ કહે છે, કારણ કે આ



આકૃતિ 3.2 : દ્વિઅંગીઓ : લીવરવર્ટ-માર્કેન્શિયા
(a) માદા સુકાય (b) નર સુકાય
(c) મોસ-ફ્યુનારિયા, જન્યુજનક અને બીજાણુજનક (d) સ્ફેગ્નમ જન્યુજનક

વનસ્પતિઓ જમીન પર પણ જીવિત રહી શકે છે પરંતુ લિંગી પ્રજનન માટે પાણી પર આધારિત હોય છે. તેઓ હંમેશાં ભીની, ભેજયુક્ત અને છાયાવાળા સ્થાને થાય છે. તેઓ વેરાન (ઉજ્જડ) ખડકો કે જમીન પર વનસ્પતિ અનુક્રમણમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

દ્વિઅંગીઓનો વનસ્પતિ દેહ લીલના વાનસ્પતિક દેહ કરતાં ખૂબ જ વિભેદિત (differentiated) છે. તે સુકાય જેવો છે અને તેનું સુકાય પથરાયેલ (prostrate) કે ટટ્ટાર (erect) છે તથા એકકોષીય કે બહુકોષીય મૂલાંગો (rhizoids) દ્વારા આધારક સાથે જોડાયેલું રહે છે. તેઓ સાચા મૂળ, પ્રકાંડ કે પર્ણો ધરાવતા નથી. તેઓ મૂળ જેવી, પર્ણ જેવી કે પ્રકાંડ જેવી રચનાઓ ધરાવી શકે છે. દ્વિઅંગીઓનો મુખ્ય વનસ્પતિ દેહ એકકીય (haploid) છે. તે જન્યુઓ ઉત્પન્ન કરે છે તેથી તેને **જન્યુજનક (gametophyte)** કહે છે. દ્વિઅંગીઓમાં લિંગી અંગો બહુકોષીય છે. નર લિંગી અંગને **પુંજન્યુધાની (antheridium)** કહે છે. તેઓ દ્વિકશાધારી ચલપુંજન્યુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. માદા લિંગી અંગને **સ્ત્રીજન્યુધાની (archegonium)** કહે છે જે ચંબુ આકારની અને એક અંડકોષ (egg-ઈંડુ) ઉત્પન્ન કરે છે. ચલપુંજન્યુઓ પાણીમાં મુક્ત કરવામાં આવે છે કે જ્યાં તેઓ સ્ત્રીજન્યુધાનીના સંપર્કમાં આવે છે. ચલપુંજન્યુઓ અંડકોષ સાથે જોડાઈને ફલિતાંડ(zygote-યુગ્મનજ)નું નિર્માણ કરે છે. ફલિતાંડ ત્વરિત રીતે અર્ધીકરણ (meiosis) દાખવતું નથી. તેઓ બહુકોષીય દેહનું નિર્માણ કરે છે જેને **બીજાણુજનક (sporophyte)** કહે છે. બીજાણુજનક એ મુક્તજીવી નથી પરંતુ પ્રકાશસંશ્લેષી જન્યુજનક સાથે જોડાયેલો રહે છે અને તેમાંથી તેનું પોષણ મેળવે છે. બીજાણુજનકના કેટલાક કોષો અર્ધીકરણ પામી એકકીય બીજાણુઓનું નિર્માણ કરે છે. આ બીજાણુઓ અંકુરિત થઈ જન્યુજનક ઉત્પન્ન કરે છે.

સામાન્યતઃ દ્વિઅંગી વનસ્પતિઓની આર્થિક અગત્યતા ઓછી છે પરંતુ કેટલાક મોસ તૃણાહારી સસ્તનો (herbaceous mammals), પક્ષીઓ અને અન્ય પ્રાણીઓ માટે ખોરાક પૂરો પાડે છે. સ્ફેગ્નમની કેટલીક જાતિ, મોસ વગેરે પીટ-peat (પાણીની અસરથી સડીને લોચો થઈ ગયેલ વનસ્પતિજન્ય પદાર્થ) પૂરા પાડે છે કે જે લાંબા સમય સુધી બળતણ તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે અને પાણીને રોકવાની તેમની ક્ષમતાને કારણે જીવંત પદાર્થોની જરૂરી હેરફેર માટે સામગ્રી બાંધવા તરીકે(as packing material)ની ઉપયોગિતા છે. મોસ એ લાઇકેન્સની સાથે વસાહતી ખડકો માટેના પ્રથમ સજીવો છે અને તેથી, તેમનું પરિસ્થિતિકીય દૃષ્ટિએ ખૂબ જ મહત્ત્વ છે. તેઓ ખડકોનું વિઘટન કરી ઉચ્ચ વનસ્પતિઓને ઉગવા માટે (વિકાસ પામવા) માટેનો સાનુકૂળ આધાર બનાવે છે. જ્યારે મોસ જમીન પર ગહન (ગીચ) સાદડી (mats) જેવું અસ્તર બનાવે છે, ત્યારે તેઓ વરસતા વરસાદ (rain falling)ની અસરને ઘટાડી જમીનનું ધોવાણ થતું અટકાવે છે. દ્વિઅંગીઓને, **લીવરવર્ટ** અને **મોસ** એમ બે ભાગમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે.

3.2.1 લીવરવર્ટ (Liverworts)

લીવરવર્ટ સામાન્યતઃ ભેજયુક્ત, છાયાપ્રિય નિવાસસ્થાનોમાં વિકાસ પામે છે જેવા કે પાણીના પ્રવાહો (ઝરણાં, નદી વગેરે)ના કિનારે, ભેજવાળા મેદાનોમાં, ભીની જમીન પર, વૃક્ષોની છાલ પર અને લાકડાઓના ગર્તામાં. લીવરવર્ટનો વનસ્પતિ દેહ સુકાયક છે, દા. ત., માર્કેન્શિયા. સુકાય પૃષ્ઠ-વક્ષીય (dorsiventral) છે અને ગાઢ રીતે આધાર સાથે ચોંટેલું હોય છે. પત્રમય સભ્યો એ પ્રકાંડ જેવી રચના પર બે હરોળ(પંક્તિ)માં પર્ણ જેવી નાની નાની સંરચનાઓ (ઉપાંગો) ધરાવે છે.

લીવરવર્ટમાં અલિંગી પ્રજનન સુકાયના અવખંડન દ્વારા કે **કુડમલીઓ (gammae)** કહેવાતી વિશિષ્ટ રચનાના નિર્માણ દ્વારા થાય છે. કુડમલીઓ લીલી, બહુકોષીય, અલિંગી કલિકાઓ છે કે જે સુકાય ઉપર સ્થિત કુડમલી પ્યાલાઓ (gamma cups) કહેવાતી નાની કુપધાનીઓ

(receptacles) વિકસે છે. કૂડમલીઓ પિતૃદેહથી છૂટી પડે છે અને અંકુરિત થઈ નવા સ્વતંત્ર છોડમાં પરિણમે છે. લિંગી પ્રજનન દરમિયાન, નર અને માદા લિંગી અંગો એ જ સુકાય પર કે અલગ સુકાય પર ઉદ્‌ભવે છે. બીજાણુજનક પાદ (foot), પ્રાવરદંડ (seta) અને પ્રાવર(capsule)માં વિભેદિત છે. અર્ધીકરણ બાદ, પ્રાવરમાં બીજાણુઓ ઉત્પન્ન થાય છે. આ બીજાણુઓ અંકુરિત થઈ મુક્તજીવી જન્યુજનક બનાવે છે.

3.2.2 મોસ (Mosses)

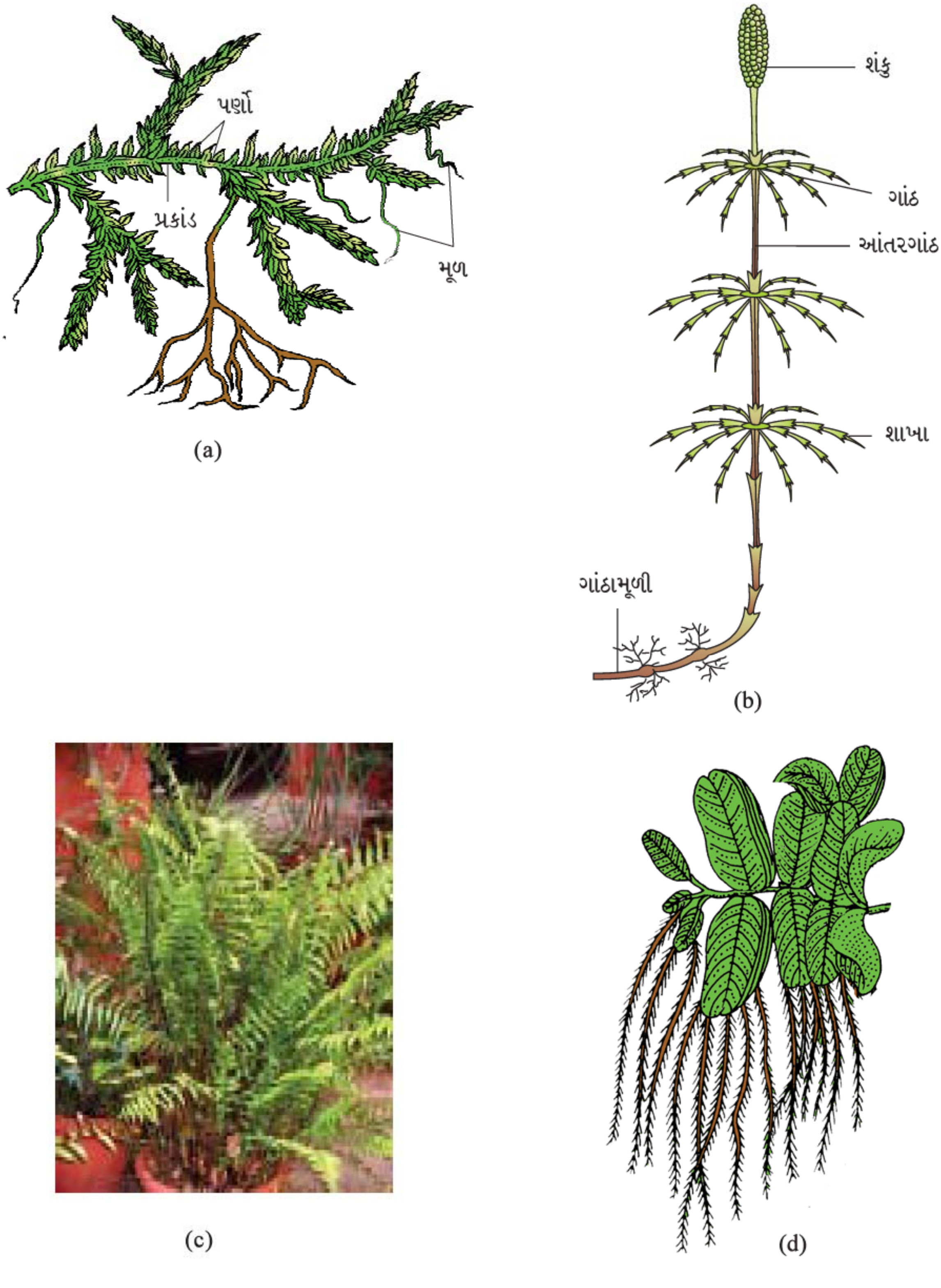
મોસના જીવનચક્રની પ્રભાવી (dominant) અવસ્થા જન્યુજનક છે કે જે બે અવસ્થાઓ ધરાવે છે. પ્રથમ અવસ્થા **પ્રતંતુ (protonema)** અવસ્થા છે કે જે બીજાણુમાંથી સીધી વિકાસ પામે છે. તે વિસર્પી (creeping-ભૂપ્રસારી), લીલી, શાખિત અને ઘણીવાર તંતુમય હોય છે. બીજી અવસ્થા **પર્ણમય અવસ્થા** છે, કે જે પાર્શ્વીય કલિકા તરીકે દ્વિતીયક પ્રતંતુમાંથી વિકાસ પામે છે. તેઓ સીધા (upright-ટટ્ટાર), કુંતલાકાર રીતે ગોઠવાયેલા પર્ણો ધારણ કરતી પાતળી ધરી (slender axis) ધરાવે છે. તેઓ બહુકોષીય અને શાખિત મૂલાંગો વડે જમીન સાથે જોડાયેલા હોય છે. આ અવસ્થા લિંગી અંગો ધારણ કરે છે.

મોસમાં વાનસ્પતિક પ્રજનન દ્વિતીયક પ્રતંતુના અવખંડન કે કલિકાસર્જન (budding) દ્વારા થાય છે. લિંગી પ્રજનનમાં, લિંગી અંગો પુંજન્યુધાની અને સ્ત્રીજન્યુધાની પર્ણમય પ્રરોહ(leafy shoot-પ્રાંકુર)ની ટોચે (tip) ઉદ્‌ભવે છે. ફલન બાદ, ફલિતાંડ એ પાદ, પ્રાવરદંડ અને પ્રાવર ધરાવતા બીજાણુજનકમાં વિકાસ પામે છે. મોસમાં બીજાણુજનક એ લીવરવર્ટ કરતાં ખૂબ જ વિકસિત હોય છે. પ્રાવરની અંદર બીજાણુઓ હોય છે. બીજાણુઓ અર્ધીકરણ થયા પછી નિર્માણ પામે છે. મોસ એ બીજાણુ વિકિરણની વિકસિત કાર્યપદ્ધતિ ધરાવે છે. ફયુનારિયા (Funaria), પોલીટ્રીકમ (*Polytrichum*) અને સ્ફેગ્નમ (*Sphagnum*) વગેરે, મોસના સામાન્ય ઉદાહરણો છે (આકૃતિ 3.2).

3.3 ત્રિઅંગીઓ (Pteridophytes)

ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓમાં અશ્વપુચ્છ (horse tail-*Equisetum*) અને હંસરાજ (fern) સમાવેશિત છે. ત્રિઅંગીઓ ઔષધીય હેતુઓ માટે અને ભૂમિ-બંધકો (soil binders) તરીકે ઉપયોગી છે. તેઓને ઘણીવાર સુશોભન (ornamental) માટે પણ ઉછેરવામાં આવે છે. ઉદ્‌વિકાસકીય રીતે, તેઓ વાહકપેશીઓ (vascular tissues) જલવાહક (xylem) અને અન્નવાહક (phloem) ધરાવતી સૌપ્રથમ સ્થળજ (terrestrial-ભૂમિનિવાસી) વનસ્પતિઓ છે. તમે આ પેશીઓ વિશે પ્રકરણ 6માં વધુ અભ્યાસ કરશો. ત્રિઅંગીઓ ઠંડા, ભેજયુક્ત, છાયાપ્રિય સ્થાને જોવા મળે છે, છતાં કેટલીક રેતાળ જમીનમાં પણ સારી રીતે ફૂલેફાલે (flourish) છે.

તમે યાદ કરો કે દ્વિઅંગી વનસ્પતિઓના જીવનચક્રમાં પ્રભાવી અવસ્થા જન્યુજનક વનસ્પતિ દેહ છે. આજ રીતે, ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓમાં મુખ્ય વનસ્પતિ દેહ બીજાણુજનક છે કે જે વાસ્તવિક (સાચા) મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણોમાં વિભેદિત છે (આકૃતિ 3.3). આ અંગો સારી રીતે વિભેદન પામેલી વાહકપેશીઓ ધરાવે છે. ત્રિઅંગીઓમાં પર્ણો નાના (સૂક્ષ્મપર્ણી- microphylls) સેલાજીનેલામાં કે મોટા (મહાપર્ણી - macrophylls) હંસરાજમાં હોય છે. બીજાણુજનક એ બીજાણુધાની ધારણ કરે છે જે પર્ણ જેવી સંરચનાઓ પર જોડાયેલ રહે છે, જેને **બીજાણુપર્ણ (sporophylls)**કહે છે. કેટલાક કિસ્સાઓમાં બીજાણુપર્ણો વિશિષ્ટ સંગઠિત રચનાઓ બનાવે છે, જેને **પ્રશંકુ** કે **શંકુ** (strobilus or cone) કહે છે (સેલાજીનેલા- *Selaginella*, ઈક્વીસેટમ-*Equisetum*). બીજાણુધાનીમાં રહેલ બીજાણુ માતૃકોષોમાં અર્ધીકરણ દ્વારા બીજાણુઓ ઉત્પન્ન થાય છે. આ બીજાણુઓ અંકુરિત થઈ



આકૃતિ 3.3 : ત્રિઅંગીઓ : (a) સેલાજીનેલા (b) ઇક્વીસેટમ (c) હંસરાજ (d) સાલ્વિનીયા

નરી આંખે ન જોઈ શકાય તેવા અસ્પષ્ટ, નાના પરંતુ બહુકોષીય, મુક્તજીવી, મુખ્યત્વે પ્રકાશસંશ્લેષી સુકાયક એવા જન્યુજનકમાં વિકાસ પામે છે, તેને **પ્રસુકાય (prothallus)** કહે છે. આ જન્યુજનકને વિકાસ પામવા ઠંડી, ભેજયુક્ત અને છાયાવાળી જગ્યાની જરૂર છે. આ ખાસ સીમિત જરૂરિયાત અને ફલન માટે પાણીની આવશ્યકતાને કારણે જીવંત ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓનો પ્રસાર (ફેલાવો) મર્યાદિત છે અને તેઓ સંકુચિત ભૌગોલિક વિસ્તારો (geographical areas) પૂરતી સિમિત છે. જન્યુજનક એ નર અને માદા લિંગી અંગો ધારણ કરે છે જે અનુક્રમે પુંજન્યુધાની અને સ્ત્રીજન્યુધાની કહેવાય છે. ચલપુંજન્યુધાનીમાંથી નરજન્યુઓ (ચલપુંજન્યુઓ) મુક્ત થયા બાદ તેમને સ્ત્રીજન્યુધાનીના મુખ સુધી પહોંચવા માટે પાણીની આવશ્યકતા હોય છે. નરજન્યુઓ(male gametes)નું સ્ત્રીજન્યુધાનીમાં આવેલ માદાજન્યુ (female gametes-અંડકોષ) સાથે જોડાણ થાય છે, તેને પરિણામે ફલિતાંડનું નિર્માણ થાય છે. ફલિતાંડ ત્યાર પછી બહુકોષીય, સારી રીતે વિભેદિત બીજાણુજનક ઉત્પન્ન કરે છે કે જે ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓની પ્રભાવી અવસ્થા છે. ત્રિઅંગીઓમાં મહદ્અંશે બધા બીજાણુઓ એકસરખા પ્રકાર(same type)ના હોય છે; આવી વનસ્પતિઓ **સમબીજાણુક (homosporous)** વનસ્પતિઓ કહેવાય છે. સેલાજીનેલા અને સાલ્વિનીયા (*Salvinia*) જેવી પ્રજાતિઓ કે જે બે પ્રકારના બીજાણુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. મહા (macro) અને લઘુ (micro) બીજાણુઓ, આથી તેમને **વિષમબીજાણુક (heterosporous)** વનસ્પતિઓ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. મહાબીજાણુઓ (megaspores) અને લઘુબીજાણુઓ (microspores) અંકુરિત થઈ અનુક્રમે માદા અને નરજન્યુજનકમાં વિકાસ પામે છે. આ વનસ્પતિઓમાં માદાજન્યુજનક ઓછા કે વધુ સમય માટે પિતૃ બીજાણુજનક પર જળવાય છે. આ વનસ્પતિઓમાં માદાજન્યુજનકની અંદર જ ફલિતાંડનો વિકાસ તરુણ ભ્રૂણ (young embryo)માં થાય છે. આ ઘટના **બીજ પ્રકૃતિ** (seed habit) તરીકેનું પૂર્વચિહ્ન છે જે ઉદ્વિકાસમાં મહત્ત્વનો તબક્કો (Step) માનવામાં આવે છે.

ત્રિઅંગીઓને ફરીથી ચાર વર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે : સાઇલોપ્સીડા (સાઇલોટમ-Psilotum); લાયકોપ્સીડા (સેલાજીનેલા, લાયકોપોડિયમ-*Lycopodium*); સ્ફીનોપ્સીડા (ઇક્વીસેટમ) અને ટેરોપ્સીડા (ડ્રાયોપ્ટેરિસ *Dryopteris*, ટેરિસ-*Pteris*, એડિએન્ટમ-*Adiantum*).

3.4 અનાવૃત્ત બીજધારીઓ (Gymnosperms)

અનાવૃત્ત બીજધારીઓ-gymnosperms(gymnos = નગ્ન / ખુલ્લા, sperma = બીજ) એવી વનસ્પતિઓ છે કે જેમાં અંડક એ કોઈ પણ બીજાશય દીવાલ વડે આવૃત્ત નથી અને ફલન પહેલાં અને ફલન પછી એ જ સ્થાને અનાવૃત્ત રીતે ટકેલા રહે છે. પશ્ચ-ફલન(ફલન પછી)થી વિકાસ પામતાં બીજ ઢંકાયેલા નથી. એટલે કે નગ્ન કે ખુલ્લા (naked) છે. અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં મધ્યમ કદના કે ઊંચા વૃક્ષો અને ક્ષુપો સમાવેશિત છે (આકૃતિ 3.4). અનાવૃત્ત બીજધારીઓ પૈકીનું એક, વિરાટ રેડવુડ વૃક્ષ (giant redwood tree) સીકોઈયા (Sequoia) એ એકમાત્ર ઊંચામાં ઊંચી વનસ્પતિ જાતિ છે. મૂળ સામાન્ય રીતે સોટીમય મૂળ છે. કેટલીક પ્રજાતિઓમાં મૂળ એ ફૂગ સાથે સહવાસ કરી **કવકમૂળ(mycorrhiza)** બનાવે છે (પાઇનસ-*Pinus*), જ્યારે બીજા કેટલાકમાં (સાયકસ-*Cycas*) નાના વિશેષિત મૂળ હોય છે જેને **પ્રવાળ મૂળ** (coralloid root) કહે છે જે નાઇટ્રોજન-સ્થાપક સાયનોબૅક્ટેરિયા (N_2-fixaing cyanobacteria) સાથે સહવાસી છે. પ્રકાંડ અશાખિત (સાયકસ) કે શાખિત (પાઇનસ, સીડ્રસ) હોય છે. પર્ણો સાદા કે સંયુક્ત હોઈ શકે છે. સાયકસમાં પીંછાકાર (પક્ષવત્) પર્ણો થોડાંક વર્ષો સુધી (માતૃ વનસ્પતિને) વળગી રહેલા હોય છે. અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં પર્ણો એ તાપમાન, ભેજ અને પવનની અતિશયતા સામે ટકી રહેવા સારી રીતે અનુકૂલિત થયેલા હોય છે. શંકુધારીઓ(conifers)માં સોંય જેવા અણીવાળા પર્ણો

(needle like leaves) તેમનો સપાટી વિસ્તાર ઘટાડે છે. તેમનું જાડુ ક્યુટિકલ અને નિમગ્ન વાયુરંધ્રો (sunken stomata) પણ પાણીનો વ્યય ઘટાડવામાં મદદરૂપ છે.

અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ વિષમ બીજાણુક છે : તેઓ એકકીય લઘુબીજાણુઓ અને મહાબીજાણુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. બે પ્રકારના બીજાણુઓ બીજાણુધાનીમાં ઉદ્‌ભવે છે. બીજાણુધાનીઓ જે શિથિલ કે સંઘટિત **શંકુ** સ્વરૂપમાં અક્ષ પર કુંતલાકાર રીતે ગોઠવાયેલા બીજાણુપર્ણો પર નિર્માણ પામે છે. **લઘુબીજાણુપર્ણ** અને **લઘુબીજાણુધાની** ધારણ કરતા શંકુને **લઘુબીજાણુધારક કે નરશંકુ** (male cone) કહે છે. લઘુબીજાણુઓથી નરજન્યુજનક પેઢી વિકસે (પરિણમે) છે કે જે ખૂબ જ ઘટાડો પામેલ (અવનત થયેલ) કોષો પૂરતી સીમિત છે. આ કોષોની સંખ્યામાં ઘટાડો પામેલ જન્યુજનકને **પરાગરજ** કહે છે. **લઘુબીજાણુધાની**માં પરાગરજનો વિકાસ થાય છે. અંડકો કે **મહાબીજાણુધાની** સાથે **મહાબીજાણુપર્ણો** ધારણ કરતા શંકુને **મહાબીજાણુધારક કે માદાશંકુ (female cone)** કહે છે. નર કે માદા શંકુ એક જ વૃક્ષ પર ઉદ્‌ભવ પામી શકે છે (પાઇનસ). આ જ રીતે, સાયકસમાં નરશંકુ (લઘુબીજાણુપર્ણ- microsporophylls) અને માદાશંકુ (મહાબીજાણુપર્ણ- megasporophylls) જુદા જુદા વૃક્ષો પર ઉદ્‌ભવે છે. પ્રદેહ(nucellus)ના એકમાત્ર કોષમાંથી મહાબીજાણુ માતૃકોષ વિભેદિત થાય છે. જે પ્રદેહ આવરણોથી રક્ષાયેલ છે અને આવી સંયુક્ત રચનાને **અંડક** (ovule) કહે છે. અંડક એ મહાબીજાણુપર્ણ પર ઉદ્‌ભવે છે કે જે ગુચ્છાદાર બની માદા શંકુ બનાવે છે. મહાબીજાણુ માતૃકોષ અર્ધીકરણથી વિભાજિત થઈ ચાર એકકીય મહાબીજાણુઓનું નિર્માણ કરે છે. **મહાબીજાણુધાની / પ્રદેહ**ની અંદર રહેલા મહાબીજાણુઓ પૈકી એક જ મહાબીજાણુ એ બહુકોષીય માદાજન્યુજનકમાં વિકાસ પામે છે કે જે બે કે વધુ **સ્ત્રીજન્યુધાનીઓ** કે માદા લિંગી અંગો ધારણ કરે છે. બહુકોષીય માદા જન્યુજનક પણ મહાબીજાણુધાનીની અંદર જળવાય છે.

દ્વિઅંગી અને ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓની જેમ અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં નર અને માદાજન્યુજનક બંને સ્વતંત્ર મુક્તજીવી (free-living) અસ્તિત્વ ધરાવતા નથી. તેઓ એ જ જગાએ ટકી રહી બીજાણુજનક પર બીજાણુધાનીની અંદર જળવાય છે. લઘુબીજાણુધાનીમાંથી પરાગરજ મુક્ત થાય છે. તે પવન દ્વારા વહન પામી મહાબીજાણુપર્ણો પર પેદા થયેલા ખુલ્લા અંડકોના છિદ્રો સાથે સંપર્કમાં આવે છે. તે અંડકમાં રહેલ સ્ત્રીજન્યુધાની તરફ વિકાસ પામી (લંબાઈ) પરાગનલિકા (pollen tube) બનાવે છે જે નરજન્યુઓનું વહન કરે છે અને સ્ત્રીજન્યુધાનીના મુખ પાસે તેમના દ્રવ્યો (નરજન્યુઓ સહિત) મુક્ત કરે છે. ફલનને અનુસરી, ફલિતાંડનો ભ્રૂણમાં અને અંડકો બીજમાં વિકસે (પરિણમે) છે. આ બીજ ઢંકાયેલા હોતા નથી.

આકૃતિ 3.4 : અનાવૃત્ત બીજધારીઓ
(a) સાયકસ (b) પાઇનસ
(c) જીન્કો

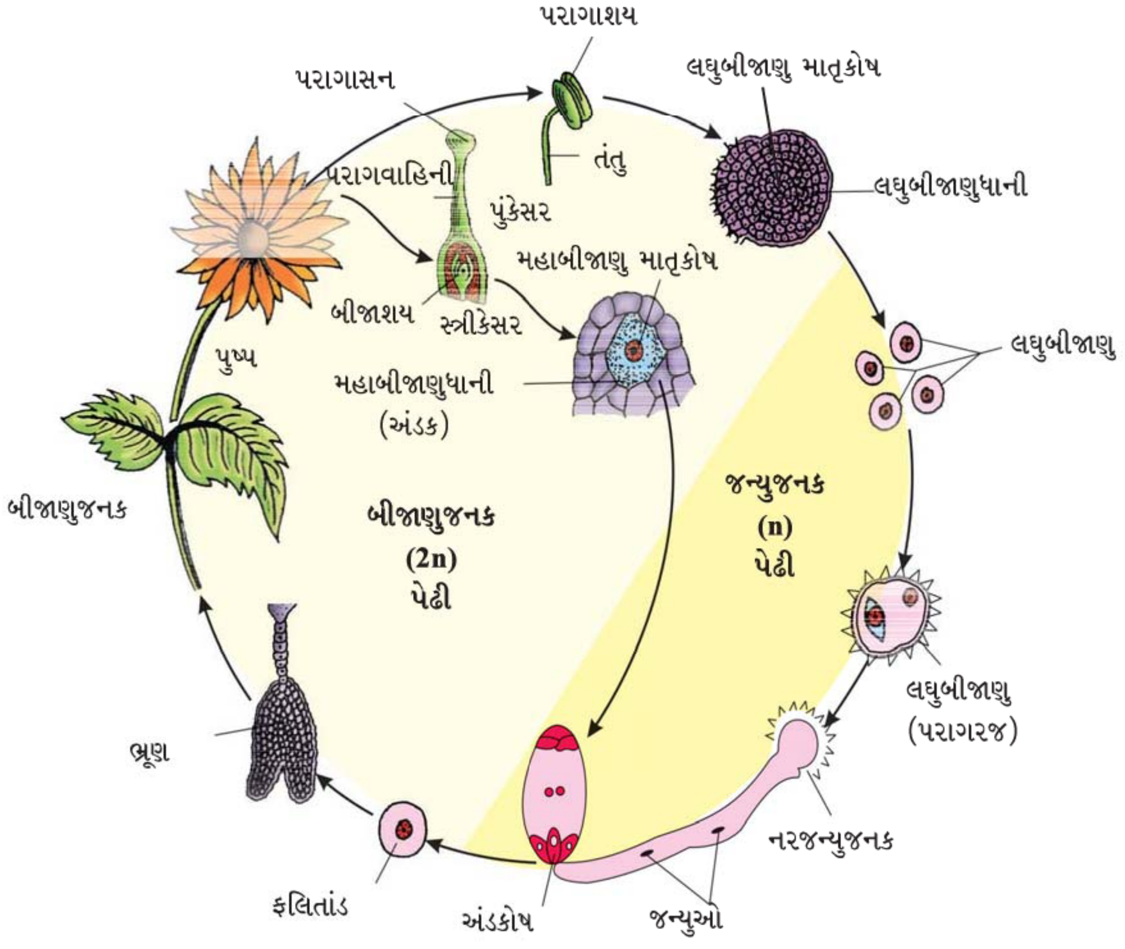
3.5 આવૃત્ત બીજધારીઓ (Angiosperms)

અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ કે જ્યાં અંડકો ખુલ્લા છે તેમ, અહીં આવૃત્ત બીજધારીઓમાં અંડકો ખુલ્લા કે નગ્ન નથી. આવૃત્ત બીજધારીઓ કે સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં પરાગરજ અને અંડકો વિશેષ રચનામાં વિકાસ પામે છે જેને **પુષ્પ** કહે છે. આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં બીજ એ ફળ દ્વારા ઘેરાયેલ છે (બીજ ફળમાં બંધ છે). આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનોના વિશાળ ક્ષેત્ર(વિસ્તાર)માં થતો વનસ્પતિઓનો અસાધારણ મોટો સમૂહ છે. તેમનો કદ વિસ્તાર ખૂબ નાના (સૂક્ષ્મદર્શી-microscopic)) વુલ્ફીયા(Wolfia)થી લઈ નિલગીરી(Eucalyptus)ના ઊંચા વૃક્ષો (100 મીટરથી વધારે) સુધીનો છે. તેઓ આપણને ખોરાક, ઘાસચારો, બળતણ, ઔષધો અને બીજી ઘણી વ્યવસાયિક અગત્યની પેદાશો પૂરી પાડે છે. તેઓ બે વર્ગોમાં વિભાજિત છે : **દ્વિદળી વનસ્પતિઓ (dicotyledons)** અને **એકદળી વનસ્પતિઓ (monocotyledons)** (આકૃતિ 3.5). દ્વિદળી વનસ્પતિઓ તેમના બીજમાં બે બીજપત્રો (cotyledons), પર્ણોમાં જાલાકાર શિરાવિન્યાસ (reticulate venation) અને ચતુઃઅવયવી (tetramerous) કે પંચાવયવી (pentamerous) પુષ્પો (દા. ત., દરેક પુષ્પીયચક્રમાં ચાર કે પાંચ સભ્યો ધરાવતા) દ્વારા વર્ગીકૃત કરાય છે. જ્યારે બીજી બાજુ એકદળી વનસ્પતિઓ તેમના બીજમાં એક જ બીજપત્ર, પર્ણોમાં સમાંતર શિરાવિન્યાસ (parallel venation) અને ત્રિઅવયવી (trimerous) પુષ્પો (દા. ત., દરેક પુષ્પીયચક્રમાં ત્રણ સભ્યો ધરાવતા) દ્વારા વર્ગીકૃત કરાય છે. પુષ્પમાં નર લિંગી અંગ પુંકેસર છે. દરેક પુંકેસર પાતળા તંતુ, યોજી (જોડાણ) અને ટોચના ભાગે પરાગાશય(anther)નું બનેલું છે. પરાગ માતૃકોષ અર્ધીકરણને અનુસરી લઘુ બીજાણુઓ ઉત્પન્ન કરે છે જે પુખ્ત થઈને પરાગરજમાં પરીણમે છે. પુષ્પમાં માદા લિંગી અંગ સ્ત્રીકેસર છે. સ્ત્રીકેસર તલસ્થ ભાગે ઉપસેલું બીજાશય (ovary), લાંબી પાતળી પરાગવાહિની (style) અને ટોચના ભાગે પરાગાસન(stigma) ધરાવે છે. બીજાશયની અંદર અંડકો આપેલા હોય છે. સામાન્ય રીતે પ્રત્યેક અંડક પાસે મહાબીજાણુ માતૃકોષ હોય છે જે અર્ધિકરણ પામીને ચાર એકકીય મહાબીજાણુઓ ઉત્પન્ન કરે છે તેમાંથી ત્રણ અવનત પામે છે અને એક વિભાજન પામીને ભ્રૂણપુટનું સર્જન કરે છે. દરેક ભ્રૂણપૂટ ત્રણ કોષીય અંડસાધન – egg apparatus (એક

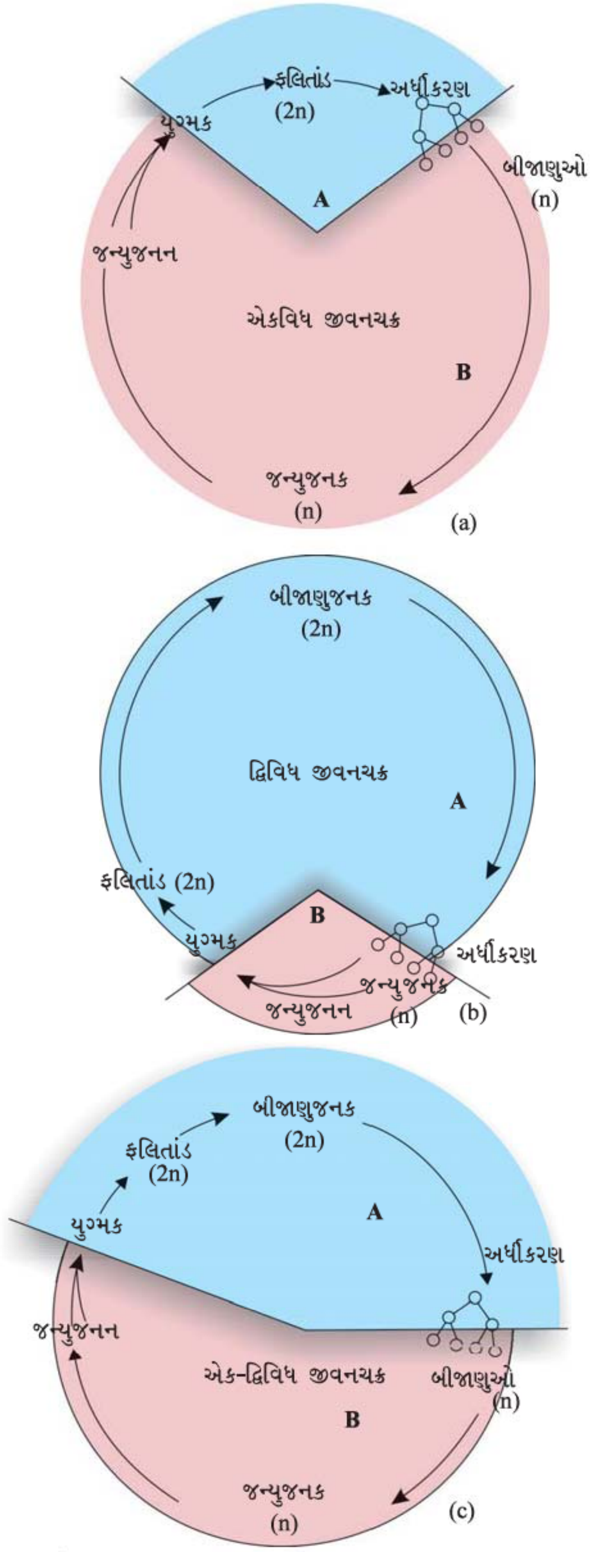
(a) (b)

આકૃતિ 3.5 : આવૃત્ત બીજધારીઓ (a) દ્વિદળી (b) એકદળી

અંડકોષ અને **બે સહાયક કોષો-synergids**), **ત્રણ પ્રતિધ્રુવીય કોષો (antipodal cells)** અને **બે ધ્રુવીય કોષકેન્દ્રો (polar nuclei)** ધરાવે છે. ધ્રુવીય કોષકેન્દ્રો જોડાઈને છેવટે દ્વિકીય દ્વિતીયક કોષકેન્દ્ર (diploid secondary nucleus)નું સર્જન કરે છે. પરાગાશયમાંથી પરાગરજના વિકિરણ પામ્યા બાદ પવન કે વિવિધ અન્ય વાહકો દ્વારા પરાગરજને સ્ત્રીકેસરના પરાગાસન પર સ્થળાંતરિત કરવામાં આવે છે, જેને **પરાગનયન (pollination)** કહે છે. પરાગાસન પર પરાગરજનું અંકુરણ થાય છે અને તેના પરિણામ સ્વરૂપ પરાગાસન અને પરાગવાહિનીની પેશીઓ દ્વારા પરાગ નલિકાનો વિકાસ થાય છે અને પરાગનલિકા અંડક સુધી પહોંચે છે. પરાગનલિકા ભ્રૂણપૂટમાં પ્રવેશી બે નરજન્યુઓ મુક્ત કરે છે. નરજન્યુઓમાંનું એક નરજન્યુ, અંડકોષ સાથે જોડાણ પામી (જોડાઈ) ફલિતાંડ(યુગ્મક-syngamy)નું નિર્માણ કરે છે. જ્યારે બીજો નરજન્યુ દ્વિકીય દ્વિતીયક કોષકેન્દ્ર સાથે જોડાઈ ત્રિકીય પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષકેન્દ્ર (PEN-primary endosperm nucleus) ઉત્પન્ન કરે છે. બે જોડાણો (અંડકોષ સાથે અને દ્વિકીય દ્વિતીયક કોષકેન્દ્ર સાથે) સંકલિત હોવાને કારણે આ ઘટનાને **બેવડું ફલન (double fertilization)** કહે છે જે આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓની અજોડ (unique) ઘટના છે. ફલિતાંડનો ભ્રૂણ(એક કે બે બીજપત્રો સાથે)માં વિકાસ થાય છે અને PEN એ ભ્રૂણપોષમાં વિકાસ પામે છે કે જે વિકાસ પામતા ભ્રૂણને પોષણ પૂરું પાડે છે. સહાયક કોષો અને પ્રતિધ્રુવીયકોષો ફલન બાદ અવનત (degenerated) પામે છે. આ ઘટનાઓ દરમિયાન અંડકો બીજમાં પરિણમે છે અને બીજાશય ફળમાં વિકાસ (પરિણમે) પામે છે. આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓનું જીવનચક્ર આકૃતિ 3.6માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 3.6 : આવૃત્ત બીજધારીનું જીવનચક્ર



આકૃતિ 3.7 : જીવનચક્ર ભાતો
(a) એકવિધ જીવનચક્ર (b) દ્વિવિધ જીવનચક્ર
(c) એક-દ્વિવિધ જીવનચક્ર

3.6 વનસ્પતિ જીવનચક્રો અને એકાંતરજનન (Plant Life Cycles and Alternation of Generation)

વનસ્પતિઓમાં એકકીય (haploid) અને દ્વિકીય (diploid) એમ બંને કોષો સમવિભાજન(mitosis)થી વિભાજન પામી શકે છે. આ ક્ષમતાને કારણે વિવિધ વાનસ્પતિક દેહોનું નિર્માણ થાય છે - એકકીય અને દ્વિકીય. એકકીય વનસ્પતિ દેહ સમવિભાજન દ્વારા જન્યુઓ ઉત્પન્ન કરે છે. વનસ્પતિ દેહ જન્યુજનકનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. ફલનને અનુસરીને ફલિતાંડ પણ સમવિભાજનથી વિભાજિત થઈ દ્વિકીય બીજાણુજનક વનસ્પતિ દેહ ઉત્પન્ન કરે છે. વનસ્પતિ દેહ દ્વારા અર્ધીકરણથી એકકીય બીજાણુઓ ઉદ્‌ભવે છે. આ એકકીય બીજાણુઓ, ફરી પાછા સમવિભાજનથી વિભાજિત થઈ ફરી એકવાર એકકીય વનસ્પતિ દેહની રચના કરે છે. આથી, કોઈ પણ લિંગી પ્રજનન કરતી વનસ્પતિના જીવનચક્ર દરમિયાન જન્યુ નિર્માણ કરતી એકકીય જન્યુજનક (haploid gametophyte) અને બીજાણુ નિર્માણ કરતી દ્વિકીય બીજાણુજનક (diploid sporophyte) અવસ્થા વચ્ચે એકાંતરજનન થાય છે.

આ જ રીતે, વિવિધ વનસ્પતિ સમૂહો અને તે જ રીતે સ્વતંત્ર વનસ્પતિઓ નીચે પ્રમાણેની વિવિધ જીવનચક્રની ભાતોમાં તેમને રજૂ કરે છે.

1. બીજાણુજનક પેઢી ફક્ત એકકોષીય ફલિતાંડ દ્વારા રજૂ થાય છે. તે મુક્તજીવી બીજાણુજનક નથી. ફલિતાંડમાં અર્ધીકરણ થવાના પરિણામે એકકીય બીજાણુઓનું નિર્માણ થાય છે. એકકીય બીજાણુઓ સમવિભાજનથી વિભાજિત થઈ અને જન્યુજનકનું નિર્માણ કરે છે. આવી વનસ્પતિઓમાં મુક્તજીવી જન્યુજનક એ પ્રભાવી, પ્રકાશસંશ્લેષી તબક્કો છે. આ પ્રકારના જીવનચક્રને **એકવિધ (haplontic) જીવનચક્ર** કહે છે. વોલ્વોક્સ, સ્પાયરોગાયરા જેવી ઘણી લીલ અને ક્લેમિડોમોનાસની કેટલીક જાતિઓ તેમના જીવનચક્રની આવી ભાત રજૂ કરે છે (આકૃતિ 3.7 a).
2. તેનાથી ભિન્ન એવો બીજો પ્રકાર કે જેમાં દ્વિકીય બીજાણુજનક એ પ્રભાવી, પ્રકાશસંશ્લેષી અને સ્વતંત્ર તબક્કો છે. જન્યુજનક તબક્કો એકલ કે થોડાક કોષીય એકકીય જન્યુજનક દ્વારા રજૂ થાય છે. આ પ્રકારનું જીવનચક્ર **દ્વિવિધ (diplontic) જીવનચક્ર** કહે છે. ફ્યુક્સ લીલની જાતિ આ ભાત દર્શાવે છે (આકૃતિ **3.7 b**). તદ્દુપરાંત બધી બીજધારી દા. ત., અનાવૃત્ત કે આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ કેટલીક વિવિધતાઓ સાથે આ ભાતને અનુસરે છે. જેમાં જન્યુજનક તબક્કો થોડાકથી બહુકોષીય હોય છે.
3. દ્વિઅંગી અને ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓ રસપ્રદ રીતે મધ્યસ્થી સ્થિતિ (**એક-દ્વિવિધ/haplo-diplontic**) પ્રદર્શિત કરે છે; બંને તબક્કાઓ બહુકોષીય છે. તેમ છતાં, તેઓ તેમના પ્રભાવી તબક્કાઓથી જુદી પડે છે.

પ્રભાવી, સ્વતંત્ર, પ્રકાશસંશ્લેષી, સુકાયક કે સીધો (ટટ્ટાર) તબક્કો એકકીય જન્યુજનક દ્વારા રજૂ થાય છે અને તે આધાર કે પોષણ માટે જન્યુજનક પર સંપૂર્ણ કે અપૂર્ણ નિર્ભર કરતી ટૂંકજીવી, બહુકોષીય બીજાણુજનક સાથે એકાંતરે આવે છે. બધી દ્વિઅંગી વનસ્પતિઓ આ પ્રકારની જીવનચક્ર ભાત રજૂ કરે છે.

દ્વિકીય બીજાણુજનક એ પ્રભાવી, સ્વતંત્ર, પ્રકાશસંશ્લેષી, વાહકપેશીધારી વનસ્પતિ દેહ દ્વારા રજૂ થાય છે. તે બહુકોષીય, મૃતોપજીવી / સ્વયંપોષી, સ્વતંત્ર પરંતુ ટૂંકજીવી એકકીય જન્યુજનક સાથે એકાંતરે આવે છે. આવી ભાત એક–દ્વિવિધ જીવન (haplo-diplontic) જીવનચક્ર તરીકે ઓળખાય છે. બધી જ ત્રીઅંગી વનસ્પતિઓ આ ભાત પ્રદર્શિત કરે છે (આકૃતિ 3.7 c).

રસપ્રદ રીતે, જ્યારે ઘણી લીલની પ્રજાતિઓ એકવિધ જીવનચક્ર ધરાવે છે. તેમાંની કેટલીક એક્ટોકાર્પસ, પોલીસાયફોનિયા અને મોટી દરિયાઈ ઘાસ સ્વરૂપની વનસ્પતિઓ (kelp) જે એક–દ્વિવિધ જીવનચક્ર ધરાવે છે.

સારાંશ (Summary)

લીલ, દ્વિઅંગી, ત્રિઅંગી, અનાવૃત્ત બીજધારીઓ અને આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ વનસ્પતિ સૃષ્ટિમાં સમાવેશિત છે. લીલ એ હરિતદ્રવ્ય ધરાવતા, સાદા, સુકાયક, સ્વયંપોષી અને મોટા ભાગે જલજ સજીવો છે. રંજકદ્રવ્યોના પ્રકાર અને સંગ્રહિત ખોરાકના પ્રકારને આધારે લીલને ક્લોરોફાયસી, ફીઓફાયસી અને રોડોફાયસી નામ પ્રમાણેના ત્રણ મુખ્ય વર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. લીલ સામાન્યતઃ અવખંડન દ્વારા વાનસ્પતિક પ્રજનન, જુદા જુદા પ્રકારનાં બીજાણુઓના નિર્માણ દ્વારા અલિંગી પ્રજનન અને જન્યુઓના નિર્માણ દ્વારા લિંગી પ્રજનન કરે છે કે જે સમજન્યુક, વિષમજન્યુક કે અંડજન્યુક હોઈ શકે છે.

દ્વિઅંગીઓ એવી વનસ્પતિઓ કે જેઓ જમીન પર જીવન ગુજારી શકે છે પરંતુ લિંગી પ્રજનન માટે પાણી પર આધારિત છે. દ્વિઅંગીઓનો વનસ્પતિ દેહ લીલના વાનસ્પતિક દેહ કરતાં ખૂબ જ વિભેદિત છે. તે સુકાય જેવો અને પથરાયેલ કે સીધો છે અને એકકોષીય કે બહુકોષીય મૂલાંગો દ્વારા આધારક સાથે સંપર્કમાં હોય છે. તેઓ મૂળ જેવી, પર્ણ જેવી કે પ્રકાંડ જેવી રચનાઓ ધરાવી શકે છે. દ્વિઅંગીઓને લીવરવર્ટ અને મોસ એમ બે ભાગમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે. લીવરવર્ટનો વનસ્પતિ દેહ સુકાયક અને પૃષ્ઠ-વક્ષીય છે. જ્યારે મોસનો વનસ્પતિક દેહ સીધા (ટટ્ટાર), કુંતલાકાર રીતે ગોઠવાયેલા પર્ણો ધારણ કરતી પાતળી ધરી ધરાવે છે. દ્વિઅંગીઓનો મુખ્ય વનસ્પતિ દેહ જન્યુઓનું નિર્માણ કરે છે અને તેને જન્યુજનક કહે છે. તે પુંજન્યુધાની કહેવાતા નર લિંગી અંગો અને સ્ત્રીજન્યુધાની કહેવાતા માદા લિંગી અંગો ધારણ કરે છે. નર અને માદા જન્યુઓનું જોડાણ ફલિતાંડના સ્વરૂપમાં થાય છે કે જે બીજાણુજનક કહેવાતો બહુકોષીય દેહ ઉત્પન્ન કરે છે. બીજાણુઓ અંકુરિત થઈ જન્યુજનકનું નિર્માણ કરે છે.

ત્રિઅંગી વનસ્પતિઓમાં મુખ્ય વનસ્પતિ દેહ બીજાણુનક છે કે જે સાચા મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણોમાં વિભેદિત છે. આ અંગો સારી રીતે વિભેદિત વાહકપેશીઓ ધરાવે છે. બીજાણુજનક બીજાણુંધાની ધારણ કરે છે કે જે બીજાણુઓનું નિર્માણ કરે છે. બીજાણુઓ અંકુરિત થઈ જન્યુજનક નિર્માણ કરે છે કે જેને વિકાસ પામવા ઠંડી, ભેજયુક્ત અને છાયાવાળી જગાની જરૂર છે. જન્યુજનક એ નર અને માદા લિંગી અંગો ધારણ કરે છે જે અનુક્રમે પુંજન્યુધાની અને સ્ત્રીજન્યુધાની કહેવાય છે. નરજન્યુઓને સ્ત્રીજન્યુધાની

સુધી સ્થાનફેર (વહન) થવા માટે પાણી જરૂરી છે કે જ્યાં ફલિતાંડનું નિર્માણ થાય છે. ફલિતાંડ બીજાણુજનકનું નિર્માણ કરે છે.

અનાવૃત્ત બીજધારીઓ એવી વનસ્પતિઓ છે કે જેના અંડકો એ કોઈ પણ બીજાશય દીવાલ વડે આવૃત્ત નથી. ફલન પછીથી વિકાસ પામતા બીજ ઢંકાયેલા નથી અને આથી જ આ વનસ્પતિઓ નગ્ન/ખુલ્લા બીજ ધરાવતી વનસ્પતિઓ કહેવાય છે. અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ લઘુબીજાણુઓ અને મહાબીજાણુઓ ઉત્પન્ન કરે છે કે જેઓ બીજાણુપર્ણો પર ઉદ્ભવતી લઘુબીજાણુધાની અને મહાબીજાણુધાનીમાં ઉત્પન્ન થાય છે. બીજાણુપર્ણો-લઘુબીજાણુપર્ણો અને મહાબીજાણુપર્ણો-અક્ષ પર કુંતલાકાર રીતે ગોઠવાઈને અનુક્રમે નર અને માદા શંકુઓનું નિર્માણ કરે છે. પરાગરજ અંકુરિત થાય છે અને પરાગનલિકા અંડકમાં નરજન્યુઓ મુક્ત કરે છે કે જ્યાં તે સ્ત્રીજન્યુધાનીમાં અંડકોષ સાથે જોડાય છે. ફલનને અનુસરી, ફલિતાંડનો ભ્રૂણમાં અને અંડકો બીજમાં વિકસે (પરિણમે) છે.

આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં, નર લિંગી અંગ (પુંકેસર), માદા લિંગી અંગ (સ્ત્રીકેસર) પુષ્પમાં ઉદ્ભવે છે. દરેક પુંકેસર એ તંતુ અને પરાગાશયનું બનેલું છે. પરાગાશય અર્ધીકરણ બાદ પરાગરજ (નરજન્યુજનક) ઉત્પન્ન કરે છે. સ્ત્રીકેસર બીજાશયથી ઘેરાયેલા એક કે વધુ અંડકો ધરાવે છે. અંડકની અંદર માદાજન્યુજનક કે ભ્રૂણપૂટ હોય છે જે અંડકોષ ધરાવે છે. પરાગનલિકા ભ્રૂણપૂટમાં પ્રવેશી બે નરજન્યુઓ મુક્ત કરે છે. એક નરજન્યુ અંડકોષ સાથે જોડાય (યુગ્મક) છે અને બીજો નરજન્યુ દ્વિકીય દ્વિતીયક કોષકેન્દ્ર સાથે જોડાય (ત્રેવડું જોડાણ) છે. બે વખતના જોડાણોની આ ઘટનાને બેવડું ફલન કહે છે અને તે આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓની આગવી (અજોડ) ઘટના છે. આવૃત્ત બીજધારી બે વર્ગોમાં વિભાજિત છે. દ્વિદળી વનસ્પતિઓ અને એકદળી વનસ્પતિઓ.

કોઈ પણ લિંગી પ્રજનન કરતી વનસ્પતિના જીવનચક્ર દરમિયાન જન્યુ નિર્માણ કરતી એકકીય જન્યુજનક અને બીજાણુ નિર્માણ કરતી દ્વિકીય બીજાણુજનક અવસ્થા વચ્ચે એકાંતરજનન થાય છે. આમ છતાં, વિવિધ વનસ્પતિ સમૂહો અને તે જ રીતે સ્વતંત્ર વનસ્પતિઓ વિવિધ જીવનચક્રની ભાતો દર્શાવી શકે છે. જેવી કે એકવિધ જીવનચક્ર, દ્વિવિધ જીવનચક્ર કે મધ્યસ્થી (એક-દ્વિવિધ જીવનચક્ર).

સ્વાધ્યાય

1. લીલના વર્ગીકરણનો આધાર શું છે ?
2. લીવરવર્ટ, મોસ, હંસરાજ, અનાવૃત્ત બીજધારીઓ અને આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓના જીવનચક્રમાં ક્યારે અને ક્યાં અર્ધીકરણ થાય છે ?
3. સ્ત્રીજન્યુધાની ધારણ કરતી ત્રણ વનસ્પતિઓના નામ આપો. તેમાંથી કોઈ એકનું જીવનચક્ર સંક્ષિપ્તમાં વર્ણવો.
4. નીચેનાની સૂત્રગુણકતા જણાવો : મોસનો પ્રતંતુકીય કોષ; દ્વિદળીઓમાં પ્રાથમિક ભ્રૂણપોષ કોષકેન્દ્ર; મોસના પ્રપર્ણ કોષ; હંસરાજનો પ્રસુકાયક કોષ; માર્કેન્શિયામાં કૂડમલી કોષ; એકદળીનો વર્ધનશીલ કોષ; લીવરવર્ટનો અંડકોષ અને હંસરાજનું ફલિતાંડ.
5. લીલ અને અનાવૃત્ત બીજધારીઓની આર્થિક અગત્યતા વિશે નોંધ લખો.
6. અનાવૃત્ત બીજધારી અને આવૃત્ત બીજધારી બંને બીજ ધરાવે છે, ત્યારે તેમને શા માટે અલગ રીતે વર્ગીકૃત કરાય છે ?

7. વિષમબીજાણુતા શું છે ? તેની અગત્યતા વિશે સંક્ષિપ્તમાં ટિપ્પણી કરો. બે ઉદાહરણો આપો.
8. યોગ્ય ઉદાહરણ સાથે નીચેના શબ્દો સંક્ષિપ્તમાં સમજાવો :
   (i) પ્રતંતુ
   (ii) પુંજન્યુધાની
   (iii) સ્ત્રીજન્યુધાની
   (iv) દ્વિવિધજીવનચક્ર
   (v) બીજાણુ પર્ણ
   (vi) સમજન્યુતા
9. નીચેનાનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
   (i) રાતી (લાલ) લીલ અને બદામી (કથ્થાઈ) લીલ
   (ii) લીવરવર્ટ અને મોસ
   (iii) સમબીજાણુક અને વિષમબીજાણુક ત્રિઅંગી
   (iv) યુગ્મક અને ત્રેવડું જોડાણ
10. તમે એકદળી વનસ્પતિઓને દ્વિદળીઓથી કેવી રીતે જુદી કરશો ?
11. નીચે આપેલ જોડકાં બનાવો : (કૉલમ 1 સાથે કૉલમ 2)

કૉલમ 1	કૉલમ 2
(a) ક્લેમિડોમોનાસ	(i) મોસ
(b) સાયકસ	(ii) ત્રિઅંગી
(c) સેલાજીનેલા	(iii) લીલ
(d) સ્ફેગ્નમ	(iv) અનાવૃત્ત બીજધારી

12. અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓની મહત્ત્વની લાક્ષણિકતાઓ વર્ણવો.

પ્રકરણ 4

પ્રાણીસૃષ્ટિ (Animal Kingdom)

4.1 વર્ગીકરણના આધારો
4.2 પ્રાણીઓનું વર્ગીકરણ

જ્યારે તમે આસપાસ જુઓ તો તમે વિવિધ પ્રાણીઓની જુદી જુદી રચના અને સ્વરૂપોનું નિરીક્ષણ કરો છો. હાલના તબક્કે પ્રાણીઓની લાખો ઉપરાંત જાતિઓ ઓળખાયેલી (વર્ણવિત) છે, તેમના વર્ગીકરણ માટેની જરૂરિયાત બધી રીતે મહત્ત્વની બને છે. વર્ગીકરણ (classification) એ નવી ઓળખાયેલી જાતિઓને યોગ્ય સ્થાને મૂકવામાં પણ મદદરૂપ છે.

4.1 વર્ગીકરણના આધારો (Basis of Classification)

વિવિધ પ્રાણીઓની રચના અને સ્વરૂપમાં તફાવતો હોવા છતાં, કોષોની ગોઠવણી, દૈહિક સમમિતિ, દેહકોષ્ઠની પ્રકૃતિ, પાચનની રીતો, પરિવહન કે પ્રજનન તંત્રો જેવા પાયાનાં લક્ષણો એ સ્વતંત્ર સજીવોના સંબંધમાં એકરૂપ (સરખા) પણ છે. પ્રાણી વર્ગીકરણના આધાર તરીકે અને તેમાંના કેટલાકની અહીંયાં ચર્ચા કરવા આ લક્ષણો ઉપયોગી છે.

4.1.1 આયોજનના સ્તરો (Levels of Organisation)

પ્રાણીસૃષ્ટિના દરેક સભ્યો બહુકોષી છે, છતાં તેમાંના બધા જ પ્રાણીઓ કોષોના આયોજનની સરખી રીતો પ્રદર્શિત કરતા નથી. ઉદાહરણ તરીકે, સછિદ્ર (વાદળીઓ) સમુદાયના પ્રાણીઓમાં કોષો શિથિલ રીતે ગોઠવાયેલા (loose cell aggregates) કે કાર્યની દૃષ્ટિએ એકબીજા સાથે જોડાયેલા હોતા નથી. એટલે કે તેઓ આયોજનનું **કોષીયસ્તર (cellular level)** પ્રદર્શિત કરે છે. કોષો-કોષો વચ્ચે કાર્યની દૃષ્ટિએ કેટલાક વિભાજનો થાય છે. કોષ્ઠાંત્રિઓમાં કોષોની ગોઠવણી વધુ જટિલ છે. અહીં, સમાન કાર્ય ધરાવતા કોષો ભેગા મળી પેશી બનાવે છે (પેશીઓ ગોઠવાય છે). આથી તેને **પેશીસ્તરીય આયોજન (tissue level organization)** કહે છે. આયોજનના ઉચ્ચ સ્તરોમાં દા. ત., પૃથુકૃમિ અને બીજા ઉચ્ચ સમુદાયના સભ્યો **અંગસ્તરીય આયોજન (organ level**

organization) ધરાવે છે કે જ્યાં પેશીઓ ચોક્કસ કાર્ય માટે ભેગી મળી અંગોની રચના કરે છે. નુપુરક, સંધિપાદ, મૃદુકાય, શૂળત્વચી અને મેરુદંડી જેવા પ્રાણીઓમાં અંગો એ કાર્યકીય તંત્રોના સ્વરૂપમાં એકત્રિત થયેલા છે તથા દરેક તંત્ર ચોક્કસ દેહધાર્મિક કાર્ય સાથે સંકળાયેલ છે. આ પ્રકારની રીત(આયોજન)ને **અંગતંત્રસ્તરીય આયોજન (organ system level organization)** કહે છે. પ્રાણીઓના જુદા જુદા સમૂહોના અંગતંત્રો વિવિધ રીતોની જટિલતા પ્રદર્શિત કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે પૃથુકૃમિના પાચનતંત્રમાં મુખદ્વાર અને મળદ્વાર બંને માત્ર એક જ સામાન્ય દ્વાર મારફતે દેહની બહાર ખૂલે છે આથી તેને અપૂર્ણ પાચનતંત્ર કહે છે. સંપૂર્ણ પાચનતંત્રમાં મુખદ્વાર (mouth) અને મળદ્વાર (anus) એમ બંને અલગ ખૂલતા દ્વાર હોય છે. એ જ રીતે પરિવહનતંત્ર પણ બે પ્રકારનું હોય છે.

(i) **ખુલ્લુ પરિવહનતંત્ર (open type circulatory system)** કે જેમાં રુધિર હૃદયની બહાર ધકેલવામાં આવે છે. કોષો અને પેશીઓ તેમાં તરબોળ (તરબતર) હોય છે.

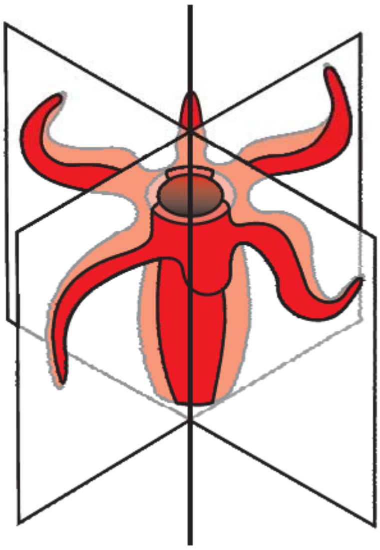
(ii) **બંધ પરિવહનતંત્ર (closed type circulatory system)** કે જ્યાં રુધિર એ વિવિધ વ્યાસ(વેહ)ની વાહિનીઓના પરિપથ દ્વારા પરિવહિત થાય છે. (ધમનીઓ - arteries, શિરાઓ - veins અને વાહિકાઓ - capillaries).

4.1.2 સમમિતિ (Symmetry)

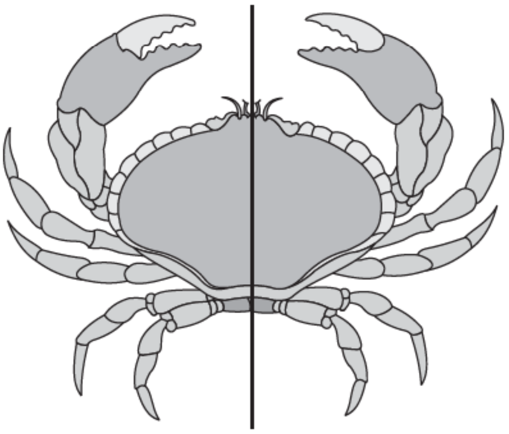
પ્રાણીઓને તેમની સમમિતિને આધારે વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. વાદળીઓ મુખ્યત્વે **અસમમિતિય (asymmetrical)** હોય છે. એટલે કે જો મધ્ય અક્ષમાંથી પસાર થતી ધરી (plane) પ્રાણી શરીરને સરખા ભાગોમાં વિભાજિત ન કરે તો તેને અસમમિતિ કહે છે. જ્યારે પ્રાણી શરીરના મધ્ય અક્ષમાંથી પસાર થતી કોઈ પણ એક ધરી સજીવને બે સરખા ભાગોમાં વિભાજિત કરે તેને **અરીય સમમિતિ (radial symmetry)** કહે છે. કોષ્ઠાંત્રિ, કંકતધરો (ctenophores) અને શૂળત્વચીઓ વગેરે સમમિતિનો આ પ્રકાર ધરાવે છે (આકૃતિ 4.1 (a)). નુપુરક અને સંધિપાદ વગેરે સમુદાયના પ્રાણીઓ કે જ્યાં પ્રાણી શરીરને મધ્ય અક્ષ પર કોઈ એક જ ધરીથી (અક્ષથી) બે સરખા ડાબા અને જમણા ભાગમાં વિભાજિત કરાય તો તેવી સમમિતિ **દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિ (bilateral symmetry)** કહે છે (આકૃતિ 4.1 (b)).

4.1.3 દ્વિગર્ભસ્તરીય અને ત્રિગર્ભસ્તરીય આયોજન (Diploblastic and Triploblastic Organization)

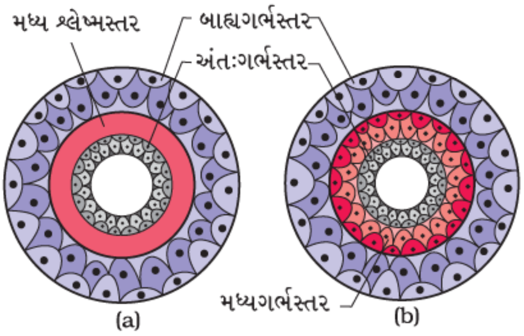
પ્રાણીઓ કે જેમાં કોષો બે ગર્ભીયસ્તરો(embryonic layers)માં ગોઠવાય છે - બહારનું **બાહ્યગર્ભસ્તર (ectoderm)** અને અંદરનું **અંત:ગર્ભસ્તર (endoderm)**, તેમને દ્વિગર્ભસ્તરીય પ્રાણીઓ કહે છે. દા. ત., કોષ્ઠાંત્રિઓ. બાહ્યગર્ભસ્તર અને અંત:ગર્ભસ્તર વચ્ચે અવિભેદિત સ્તર તરીકે



આકૃતિ 4.1 (a) : અરીય સમમિતિ

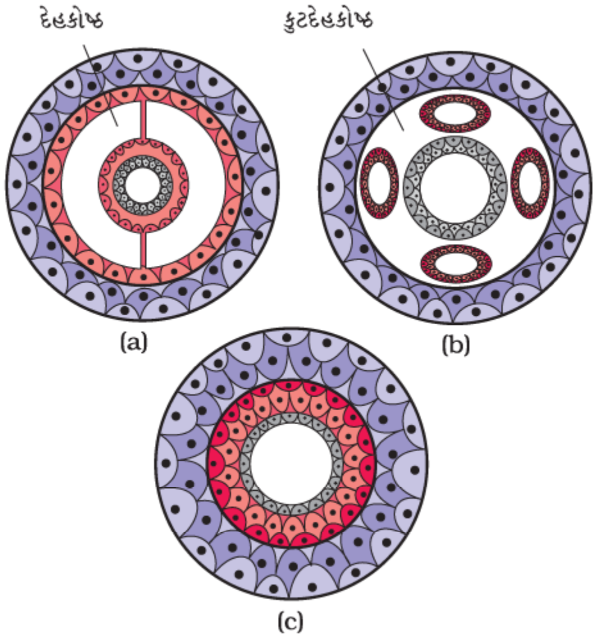


આકૃતિ 4.1 (b) : દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિ



આકૃતિ 4.2 : ગર્ભસ્તરોનો દેખાવ : (a) દ્વિગર્ભસ્તરી (b) ત્રિગર્ભસ્તરી

મધ્યશ્લેષસ્તર (mesoglea) આવેલું હોય છે (આકૃતિ 4.2 a). જે પ્રાણીઓમાં વિકાસ પામતો ભ્રૂણ એ બાહ્યગર્ભસ્તર અને અંતઃગર્ભસ્તર વચ્ચે ત્રીજું **ગર્ભસ્તર (germinal layer)**, **મધ્યગર્ભસ્તર (mesoderm)** ધરાવે, તો તેવા પ્રાણીઓને **ત્રિગર્ભસ્તરી (triploblastic)** પ્રાણીઓ કહે છે (પૃથુકૃમિથી મેરુદંડી, આકૃતિ 4.2 b).



આકૃતિ 4.3 : નામનિર્દેશિત છેદ-નિરુપણ (a) દેહકોષ્ઠ (b) આભાસી દેહકોષ્ઠ (c) અદેહકોષ્ઠ

4.1.4 દેહકોષ્ઠ (Coelom)

શરીરદીવાલ અને પાચનનળી (gut) વચ્ચે અવકાશની હાજરી કે ગેરહાજરી વર્ગીકરણમાં ખૂબ જ મહત્ત્વની છે. દૈહિક અવકાશ કે જેનું અસ્તર મધ્યગર્ભસ્તરનું હોય છે તેને **દેહકોષ્ઠ (coelom)** કહે છે. જે પ્રાણીઓ દેહકોષ્ઠ ધરાવે તેને **દેહકોષ્ઠી (coelomate)** પ્રાણીઓ કહે છે. દા. ત., નુપુરક, મૃદુકાય, સંધિપાદ, શૂળત્વચી, સામીમેરુદંડી અને મેરુદંડી પ્રાણીઓ (આકૃતિ 4.3 a). કેટલાક પ્રાણીઓમાં, દૈહિક અવકાશની ફરતે મધ્યગર્ભસ્તરનું અસ્તર (આવરણ) હોતું નથી પરંતુ બાહ્યગર્ભસ્તર અને અંતઃગર્ભસ્તર વચ્ચે મધ્યગર્ભસ્તરમાં છૂટીછવાયી કોથળીઓ (પૂટિકાઓ) આવેલ હોય છે તેને કુટદેહકોષ્ઠ અને પ્રાણીઓને **કુટદેહકોષ્ઠી (pseudocoelomates)** કહે છે. દા. ત., સૂત્રકૃમિ (આકૃતિ 4.3 b). પ્રાણીઓ કે જેમાં દૈહિક અવકાશ (દેહકોષ્ઠ) ગેરહાજર હોય તેને **અદેહકોષ્ઠી (acoelomates)** કહે છે. દા. ત., પૃથુકૃમિ (આકૃતિ 4.3 c).

4.1.5 ખંડતા (Segmentation - ખંડન)

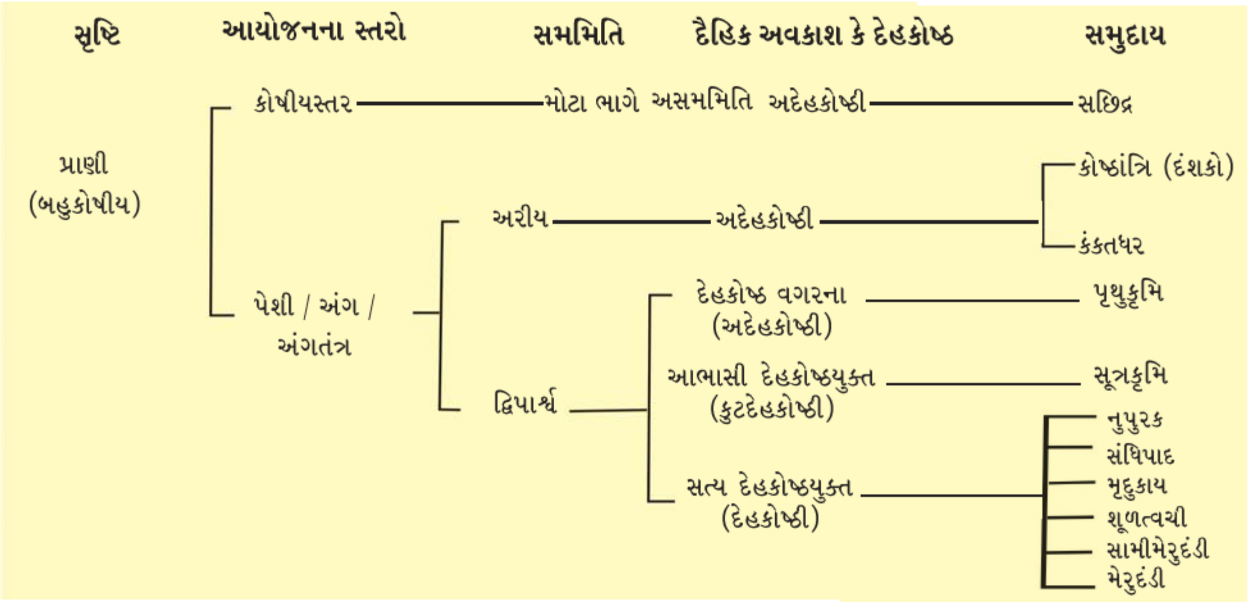
કેટલાક પ્રાણીઓમાં શરીર લગભગ કેટલાંક અંગોના ક્રમિક પુનરાવર્તન સાથે બહારથી અને અંદરથી એમ બે સરખા ખંડોમાં વિભાજિત હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, અળસિયામાં શરીર આ પ્રકારની રચના દર્શાવે છે, તેને સમખંડીય ખંડતા (metameric segmentation) કહે છે અને આ ઘટના **સમખંડતા (metamerism)** તરીકે ઓળખાય છે.

4.1.6 મેરુદંડ (Notochord)

કેટલાક પ્રાણીઓમાં મેરુદંડ એ ભ્રૂણ વિકાસ દરમિયાન પૃષ્ઠ બાજુએ મધ્યગર્ભસ્તરમાંથી ઉદ્‌ભવતી દંડ જેવી રચના (rod-like structure) છે. મેરુદંડ ધરાવતા પ્રાણીઓને મેરુદંડી (chordate) પ્રાણીઓ કહે છે અને એવા પ્રાણીઓ કે જેઓમાં મેરુદંડ આવેલ નથી તેને અમેરુદંડી (non-chordate) પ્રાણીઓ કહે છે. દા. ત., સછિદ્રથી શૂળત્વચી.

4.2 પ્રાણીઓનું વર્ગીકરણ (Classification of Animals)

સામાન્ય મૂળભૂત લક્ષણોને આધારે પ્રાણીસૃષ્ટિનું વિસ્તૃત વર્ગીકરણ તેમના પ્રલેખિત – (અગાઉના વિભાગોમાં જણાવ્યા) મુજબ ચાર્ટ 4.4માં આપેલું છે.

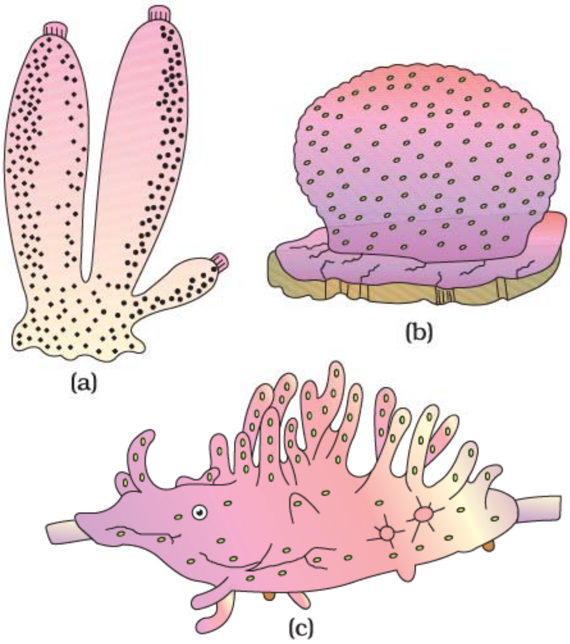


ચાર્ટ 4.4 : સામાન્ય મૂળભૂત લક્ષણોને આધારે પ્રાણીસૃષ્ટિનું વિસ્તૃત વર્ગીકરણ

વિવિધ સમુદાયોની મહત્ત્વની લાક્ષણિકતાઓ નીચે પ્રમાણે વર્ણવેલ છે.

4.2.1 સમુદાય-સછિદ્ર (Porifera)

આ સમુદાયના સભ્યો સામાન્યતઃ વાદળીઓ તરીકે ઓળખાય છે. તેઓ સામાન્ય રીતે દરિયાઈ (marine - ખારા પાણીના) અને મુખ્યત્વે અસમમિતિય પ્રાણીઓ છે (આકૃતિ 4.5). તે આદિ-બહુકોષીય અને કોષીય આયોજન ધરાવતા પ્રાણીઓ છે. વાદળીઓ જલવહન કે નલિકાતંત્ર (water transport or canal system) ધરાવે છે. પાણી શરીરદીવાલમાં રહેલા **સૂક્ષ્મછિદ્રો (ostea - ઓસ્ટિઆ)** દ્વારા **છિદ્રિષ્ઠગુહા (spongocoel)** નામની મધ્યસ્થ ગુહામાં પ્રવેશ પામે છે અને તેમાંથી તે **આસ્યક (osculum)** દ્વારા બહાર નિકાલ પામે છે. જલપ્રવાહનો આ માર્ગ ખોરાક એકત્રિત કરવામાં, શ્વસન વાયુઓની આપ-લે કરવામાં અને નકામા પદાર્થોનો નિકાલ કરવામાં મદદરૂપ છે. છિદ્રિષ્ઠગુહા અને નલિકાતંત્રનું અસ્તર **કોલરકોષો(choanocytes)**નું બનેલું છે. પાચન અંતઃકોષીય છે. શરીર એ **દઢાઓ (spicules)** કે **સ્પોંજિન**ના રેસાઓના બનેલા અંતઃકંકાલ દ્વારા આધાર પામે છે. લિંગભેદ જોવા મળતો નથી **(ઉભયલિંગી)** એટલે કે અંડકોષો અને શુક્રકોષો એક જ પ્રાણી દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. વાદળીઓ અવખંડન દ્વારા અલિંગી પ્રજનન અને જન્યુઓના નિર્માણ દ્વારા લિંગી પ્રજનન કરે છે. અંતઃફલન અને

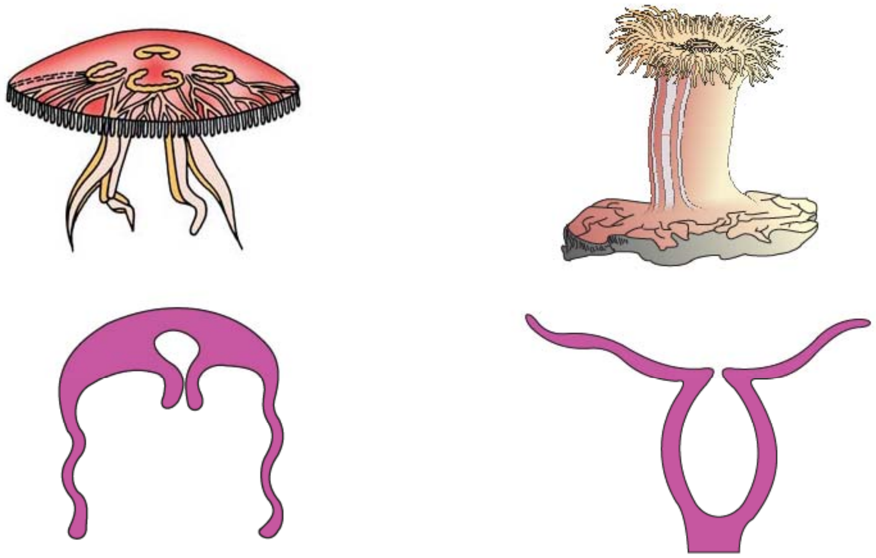


આકૃતિ 4.5 : સછિદ્રનાં ઉદાહરણો :
(a) સાયકોન (b) યુસ્પોંજિઆ
(c) સ્પોંજિલા

ડિમ્ભિય અવસ્થા (larval stage) ધરાવતો પરોક્ષ વિકાસ છે કે જે બાહ્યાકાર રીતે પુખ્ત પ્રાણીથી જુદો છે. ઉદાહરણો : સાયકોન (*Scypha*), સ્પોંજિલા (*Spongilla* - મીઠા જળની વાદળી) અને યુસ્પોંજિઆ (*Euspongia* - સ્નાનવાદળી).

4.2.2 સમુદાય-કોષ્ઠાંત્રિ (દંશકો) - Coelenterata (Cnideria)

તેઓ જલજ, મુખ્યત્વે દરિયાઈ, સ્થાયી કે મુક્ત રીતે તરતા, અરીય સમમિતિ ધરાવતા પ્રાણીઓ છે (આકૃતિ 4.6). દંશક નામ એ સૂત્રાંગો (tentacles) અને શરીર પર રહેલી ડંખાંગિકાઓ



(a) (b)

આકૃતિ 4.6 : કોષ્ઠાંત્રિનાં ઉદાહરણો સૂચિત તેમના દૈહિક સ્વરૂપની રૂપરેખા (a) જેલીફિશ (છત્રક) (b) સમુદ્રફૂલ (પુષ્પક)

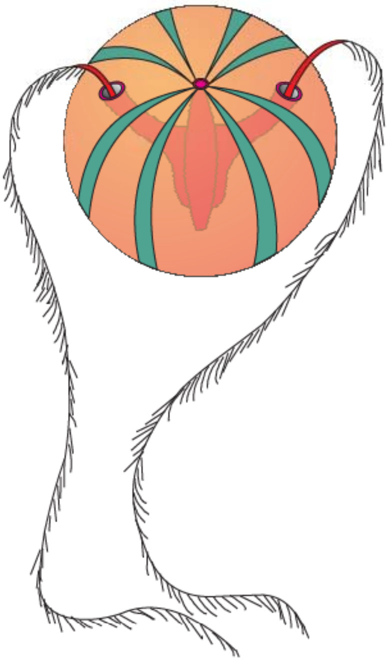
આકૃતિ 4.7 : ડંખાગિકાનું રેખાકૃતીય નિરુપણ

(cnidoblast) કે ડંખકોષો (cnidocytes) [ડંખીસંપૂટ (stinging capsule) કે સૂત્રાંગ કોષો (nematocytes) ધરાવતી રચના]માંથી ઉદ્ભવેલ હોય છે. સૂત્રાંગોનો આધાર સાથે જકડાઈ રહેવા માટે સંરક્ષણ (પ્રતિકાર) અને ભક્ષકને પકડવા માટે ઉપયોગ કરે છે (આકૃતિ 4.7). દંશકો (કોષ્ઠાંત્રિઓ)પેશીસ્તરીય આયોજન દાખવે છે અને દ્વિગર્ભસ્તરીય છે. તેઓ મધ્યમાં એક જ છેડેથી ખુલતા **અધોમુખ (hypostome)** સાથેની આંત્ર પરિવહન ગુહા (gastro-vascular cavity - કોષ્ઠાંત્ર ગુહા) ધરાવે છે. પાચન બર્હિકોષીય અને અંતઃકોષીય છે. કેટલાક દંશકો જેવા કે, **પરવાળા (corals)** કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટનું સંગઠિત અંતઃકંકાલ ધરાવે છે. દંશકો **પુષ્પક (polyp)** અને **છત્રક (medusa)** કહેવાતા બે મૂળભૂત દૈહિક સ્વરૂપો દર્શાવે છે (આકૃતિ 4.6). પહેલું (પુષ્પક) સ્થાયી અને નળાકાર સ્વરૂપ હાઇડ્રા (જળવ્યાળ), સમુદ્રફૂલ (એડેમ્સિયા) વગેરે જેવા પ્રાણીઓમાં જ્યારે બીજું (છત્રક) એ છત્રી-આકારનું અને મુક્ત રીતે તરતું સ્વરૂપ જેલીફિશ (Aurelia) જેવા પ્રાણીઓમાં જોવા મળે છે. એવા દંશકો કે જેઓ બંને સ્વરૂપોમાં અસ્તિત્વ છે તેઓ એકાંતરજનન (સમ-એકાંતરણ કે અનુજનન- metagenesis) દર્શાવે છે. એટલે કે, પુષ્પકો દ્વારા અલિંગી રીતે છત્રકોની ઉત્પત્તિ અને છત્રકો દ્વારા લિંગી રીતે પુષ્પકોની ઉત્પત્તિ કરે છે

(દા. ત., ઓબેલિયા - Obelia). ઉદાહરણો : ફિરંગી મનવાર (*Physalia* / Portuguese man-of-war), સમુદ્રફૂલ (*Adamsia*/Sea anemone), પેન્નાટુલા (Sea-pen), ગોર્ગોનિયા (Sea-fan) અને મિંડ્રીના (Brain coral).

4.2.3 સમુદાય-કંકતધરા (Ctenophora)

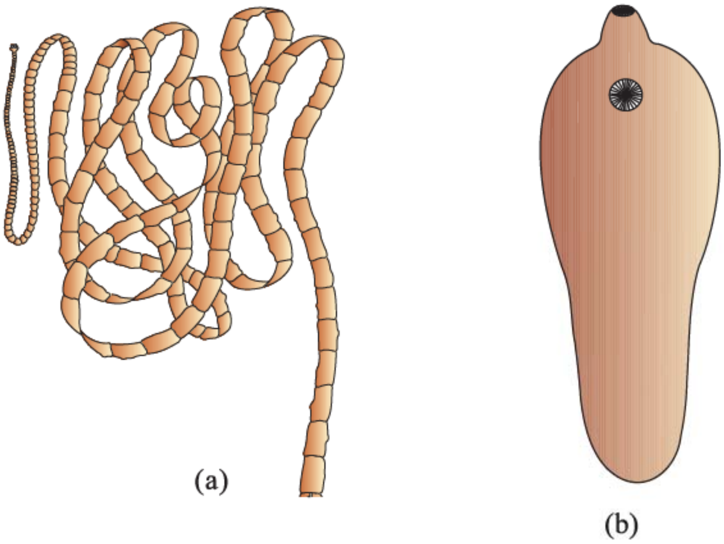
કંકતધારી પ્રાણીઓ, સામાન્ય રીતે **સમુદ્ર અખરોટ (sea walnuts)** કે **કંકત જેલી** (comb jellies) તરીકે ઓળખાય છે જે સંપૂર્ણ દરિયાઈ, અરીય સમમિતિ, દ્વિગર્ભસ્તરીય તથા પેશીસ્તરીય આયોજન ધરાવતા સજીવો છે. શરીર એ પક્ષ્મોની **કંકત તક્તીઓ (comb plates)** કહેવાતી આઠ બાહ્ય હરોળ ધરાવે છે, કે જે પ્રચલનમાં મદદરૂપ છે (આકૃતિ 4.8). બર્હિકોષીય અને અંતઃકોષીય એમ બંને પ્રકારનું પાચન થાય છે. **જૈવિકપ્રદીપ્યતા (bioluminescence** - સજીવનો પ્રકાશિતતાનો ગુણધર્મ) એ કંકતધરોમાં ખૂબ જ નોંધનીય લક્ષણ છે. તેઓમાં લિંગભેદ નથી. ફક્ત લિંગી પ્રજનન કરે છે. બાહ્યફલન અને પરોક્ષ ગર્ભવિકાસ છે. ઉદાહરણો : પ્લ્યુરોબ્રેકીઆ (*Pleurobrachia*) અને ટીનોપ્લેના (*Ctenoplana*).



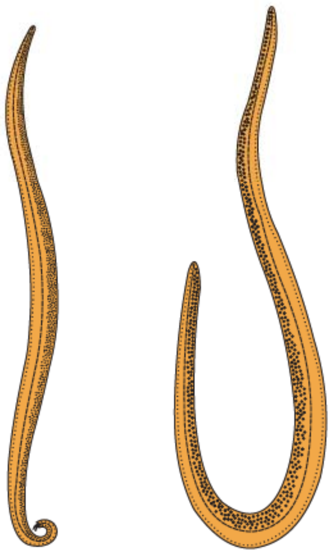
આકૃતિ 4.8 : કંકતધરાનું ઉદાહરણ (પ્લ્યુરોબ્રેકીઆ)

4.2.4 સમુદાય-પૃથુકૃમિ (Platyheiminthes)

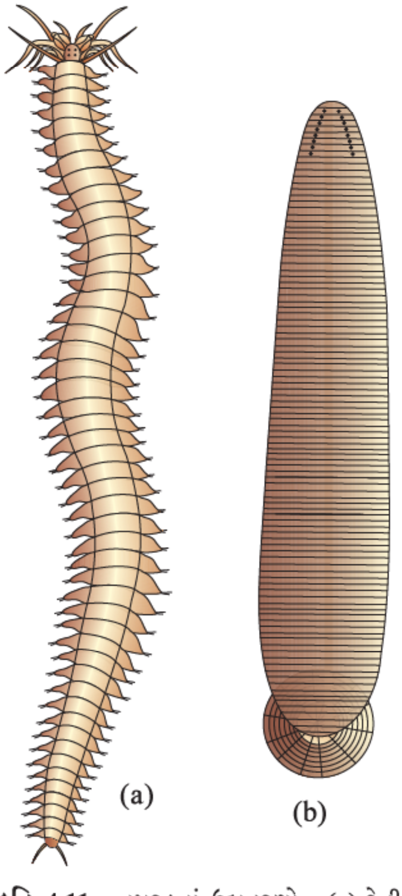
તેઓ પૃષ્ઠવક્ષીય ચપટો દેહ ધરાવે છે. આથી *ચપટા કૃમિઓ* **(flatworms)** કહે છે (આકૃતિ 4.9). તેઓ મુખ્યત્વે મનુષ્ય સહિત અન્ય પ્રાણીઓમાં જોવા મળતા અંતઃપરોપજીવી છે. ચપટા કૃમિઓ દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિય, ત્રિગર્ભસ્તરીય, અદેહકોષ્ઠી અને અંગસ્તરીય આયોજન ધરાવતા પ્રાણીઓ છે. તેમના પરોપજીવી સ્વરૂપોમાં અંકુશો (hooks) અને ચૂષકો (suckers) આવેલા છે. તેમાંના કેટલાક તેમની સપાટી દ્વારા યજમાન શરીરમાંથી સીધા જ પોષકદ્રવ્યોનું શોષણ કરે છે. જ્યોતકોષો (flame cells) કહેવાતા વિશિષ્ટીકરણ પામેલા કોષો આસૃતિ નિયમન (osmoregulation) અને ઉત્સર્જનમાં મદદરૂપ છે. લિંગભેદ નથી. અંતઃફલન અને ઘણી ડિમ્ભિય અવસ્થાઓ દ્વારા વિકાસ પામે છે. પ્લેનેરિયા (*Planaria*) જેવા કેટલાક સભ્યો ઊંચી પુનઃસર્જન



આકૃતિ 4.9 : પૃથુકૃમિનાં ઉદાહરણો : (a) પટ્ટીકૃમિ (b) યકૃતકૃમિ



આકૃતિ 4.10 : સુત્રકૃમિનું ઉદાહરણ - ગોળકૃમિ (કરમીયું)



આકૃતિ 4.11 : નુપુરકનાં ઉદાહરણો : (a) રેતીકીડો (b) જળો

(regeneration) ક્ષમતા ધરાવે છે. ઉદાહરણો : પટ્ટીકૃમિ (Tapeworm-*Taenia*), યકૃતકૃમિ (Liver fluke-*Fasciola*).

4.2.5 સમુદાય-સૂત્રકૃમિ (Aschelminthes)

સૂત્રકૃમિઓનો દેહ એ આડા છેદમાં ગોળાકાર છે. આથી, **ગોળકૃમિઓ (round worms)** કહેવાય છે (આકૃતિ 4.10). તેઓ મુક્તજીવી, જલજ અને સ્થળજ અથવા વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓમાં પરોપજીવી છે. ગોળકૃમિઓ શરીરનું અંગતંત્ર સ્તરીય આયોજન ધરાવે છે. તેઓ દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિય, ત્રિગર્ભસ્તરીય અને આભાસી શરીર ગુહા (કૂટદેહકોષ્ઠ) ધરાવતા પ્રાણીઓ છે. અન્નમાર્ગ (પાચનમાર્ગ) સારી રીતે વિકાસ પામેલી **સ્નાયુલ કંઠનળી (mascular pharynx)** યુક્ત સંપૂર્ણ છે. ઉત્સર્ગનલિકા એ ઉત્સર્ગછિદ્રો દ્વારા આભાસી શરીર ગુહામાંથી નકામા પદાર્થોને શરીરથી દૂર નિકાલ કરે છે. લિંગભેદ જોવા મળે છે (**dioecious - દ્વિગૃહી**). એટલે કે, નર અને માદા જુદા છે. ઘણીવાર માદા એ નર કરતાં લાંબુ હોય છે. અંતઃફલન અને વિકાસ પ્રત્યક્ષ કે સીધો (બાળસ્વરૂપ એ પુખ્ત પ્રાણી જેવું જ) અથવા પરોક્ષ હોય છે. ઉદાહરણો : કરમિયું (*Ascaris*-Round worm), વુકેરેરિયા (*Wuchereria* - Filaria worm), ઍંસાયલોસ્ટોમા (Hookworm).

4.2.6 સમુદાય-નુપુરક (Annelida)

તેઓ જલજ (ખારા અને મીઠા પાણીના) કે સ્થળજઃ મુક્તજીવી અને ક્યારેક પરોપજીવી હોય છે. તેઓ શરીરનું અંગતંત્ર સ્તરીય આયોજન તેમજ દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિ ધરાવે છે. તેઓ ત્રિગર્ભસ્તરીય, સમખંડીય ખંડતા ધરાવતા અને દેહકોષ્ઠી પ્રાણીઓ છે. તેમની શરીર સપાટી એ **સમખંડો (metameres)**માં નોંધનીય રીતે જુદી પડે છે અને આથી, સમુદાયનું નામ નુપુરક છે (Latin, *annulus* : little ring) (આકૃતિ 4.11). તેઓ આયામ અને વર્તુળી સ્નાયુઓ ધરાવે છે કે જે પ્રચલનમાં મદદરૂપ છે. રેતીકીડા (*Neris*) જેવા જલીય નુપુરકો **અભિચરણપાદ (parapodia)** કહેવાતા પાર્શ્વીય ઉપાંગો ધરાવે છે કે જે તરવામાં મદદરૂપ છે. બંધ પ્રકારનું રુધિરાભિસરણ તંત્ર આવેલું છે. **ઉત્સર્ગિકાઓ (nephridia)** આસૃતિ નિયમન અને ઉત્સર્જનમાં મદદરૂપ છે. ચેતાતંત્ર એક જોડ ચેતાકંદોનું બનેલું છે કે જે પાર્શ્વીય ચેતાઓ દ્વારા બેવડા વક્ષ ચેતારજ્જુ (nerve cord) સાથે જોડાયેલું છે. રેતીકીડો જલજ સ્વરૂપી અને દ્વિગૃહી (એકલિંગી) છે. પરંતુ અળસિયા અને જળો એકગૃહી (ઉભયલિંગી) છે. પ્રજનન લિંગી છે. ઉદાહરણો : રેતીકીડો (*Neris*), અળસિયું (*Pheretima*-Earthworm) અને લોહી ચૂસતી જળો (*Hirudineria*).

4.2.7 સમુદાય-સંધિપાદ (Arthropoda)

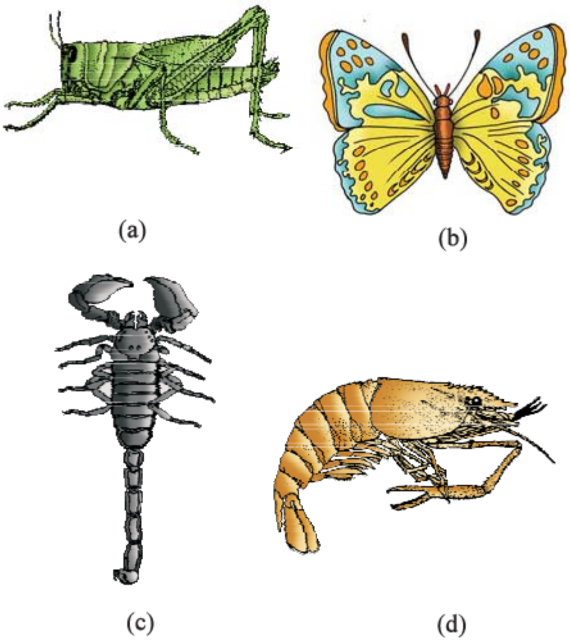
આ પ્રાણીસૃષ્ટિમાં સૌથી **મોટામાં મોટો સમુદાય** છે કે જેમાં કીટકો (insects) સમાવેશિત છે. પૃથ્વી પર નામકરણ કરેલ (ઓળખાયેલ) બધી જાતિઓ પૈકી $\frac{2}{3}$ ભાગ કરતાં પણ વધારે સંધિપાદ સમુદાયની જાતિઓ છે (આકૃતિ 4.12). તેઓ અંગતંત્ર સ્તરીય આયોજન ધરાવે છે. તેઓ દ્વિપાર્શ્વ સમિતિય, ત્રિગર્ભસ્તરીય, ખંડયુક્ત અને દેહકોષ્ઠધારી પ્રાણીઓ છે. સંધિપાદ સમુદાયના પ્રાણીઓના શરીર કાઇટીનના બનેલા બર્હિકંકાલથી આવૃત્ત છે. શરીર એ **શીર્ષ** (head), **ઉરસ** (thorax) અને **ઉદર** (abdomen) ધરાવે છે. તેઓ **સાંધાવાળા ઉપાંગો** (arthros-joint / સાંધા, poda-appendages / ઉપાંગો) ધરાવે છે. શ્વસનાંગ તરીકે ઝાલરો (gills), ઝાલરપોથી (book gills), ફેફસાંપોથી (book lungs) કે શ્વાસનલિકા તંત્ર (tracheal system) છે અને ખુલ્લા પ્રકારનું રુધિરાભિસરણ તંત્ર છે. સ્પર્શકો (antennae), આંખો (સંયુક્ત કે સાદી), સ્થિતકોષ્ઠ કે સમતોલન અંગ (statocysts or balance organ) જેવા સંવેદન અંગો આવેલા છે. **માલ્પિઘિયન નલિકાઓ** દ્વારા ઉત્સર્જન થાય છે. તેઓ મુખ્યત્વે એકલિંગી (દ્વિગૃહી) છે. ફલન સામાન્યતઃ અંતઃફલન છે. તેઓ મહદ્અંશે અંડપ્રસવી (oviparous) છે. વિકાસ સીધો (direct) અથવા પરોક્ષ (indirect) છે.

ઉદાહરણો : આર્થિક રીતે ઉપયોગી કીટકો (Insects) - મધમાખી (*Apis*-Honey bee), રેશમના કીડા (*Bombax*-Silkworm), લાખ આપતા કીટક (*Laccifer*-Lac insect).

વાહકો (Vectors) - એનોફિલિસ (*Anopheles*), ક્યુલેક્સ (*Culex*) અને એડિસ (*Aedes*) વગેરે મચ્છરો (Mosquitoe).

ટોળામાં રહેતા પાક માટે હાનિકારક કિટકો (Gregarious pest) - તીડ (*Locusta*-Locust)

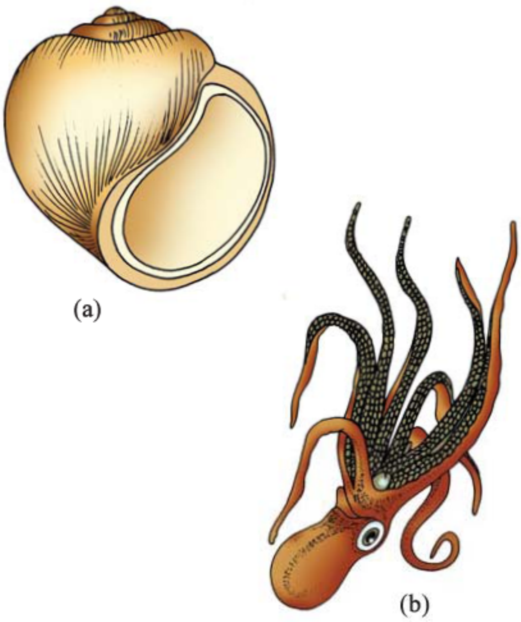
જીવંત અશ્મિ (Living fossil) - કિંગ ક્રેબ (*Limulus*-King crab).


(a) (b) (c) (d)

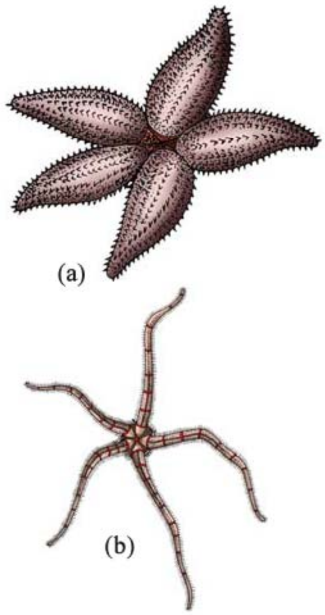
આકૃતિ 4.12 : સંધિપાદનાં ઉદાહરણો : (a) તીડ (b) પતંગિયું (c) વીંછી (d) ઝિંગો

4.2.8 સમુદાય-મૃદુકાય (Mollusca)

આ **બીજા નંબરનો મોટો** પ્રાણી સમુદાય છે (આકૃતિ 4.13). મૃદુકાય પ્રાણીઓ સ્થળજ કે જલજ (ખારા કે મીઠા પાણીના), અંગતંત્ર સ્તરીય આયોજન ધરાવે છે. તેઓ દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિય, ત્રિગર્ભસ્તરીય અને દેહકોષ્ઠધારી પ્રાણીઓ છે. શરીર કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ(કલ્કેરિયસ)ના કવચથી આવૃત્ત અને ખંડવિહીન સ્પષ્ટ **શીર્ષ, સ્નાયુલ પગ** અને **અંતરંગ કકુદ** કે **ખૂંધ (visceral hump)**નું બનેલ છે. ત્વચાનું કોમળ અને વાદળી સદશ્યસ્તર એ અંતરંગ કકુદની ફરતે પ્રાવરણ (mantle -


(a) (b)

આકૃતિ 4.13 : મૃદુકાયનાં ઉદાહરણો : (a) પાઇલા (b) ઑક્ટોપસ



આકૃતિ 4.14 : શૂળત્વચીનાં ઉદાહરણો : (a) તારામાછલી (b) બરડતારા

પ્રાવાર આવરણ) બનાવે છે. કકુદ (ખૂંધ) અને પ્રાવરણ વચ્ચેના અવકાશને પ્રાવારગુહા કહે છે કે જેમાં શ્વસન અને ઉત્સર્જન જેવાં કાર્યો ધરાવતી પીંછાં જેવી ઝાલરો આવેલી છે. અગ્ર ભાગે શીર્ષ પ્રદેશ સંવેદી સૂત્રાંગો ધરાવે છે. મુખ કરવત-જેવું (rasping) અંગ ધરાવે છે જેને **રેત્રિકા** (redula) કહે છે. તેઓ સામાન્યતઃ દ્વિગૃહી અને પરોક્ષ વિકાસ ધરાવતા અંડપ્રસવી પ્રાણીઓ છે. ઉદાહરણો : પાઈલા (*Pila*-Apple snail), મોતી છીપ (*Pinctada*-Peral oyster), સેપિયા (*Sepia*-Cuttlefish), લોલીગો (Squid), ઑક્ટોપસ (Devil fish), એપ્લાસીઆ (Sea-hare), દંતકવચ (*Dentalium*-Tusk shell), અષ્ટકવચ (*Chetopleura*-Chiton).

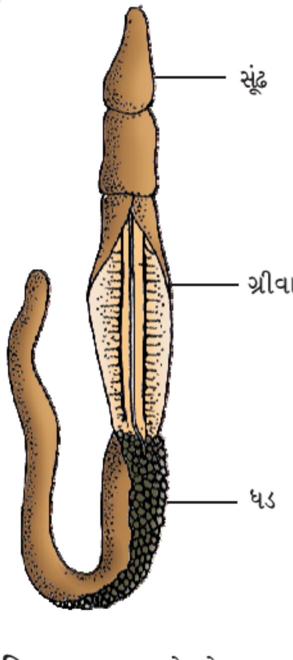
4.2.9 સમુદાય-શૂળત્વચી (Echinodermata)

આ પ્રાણીઓ કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ(કલ્કેરિયસ)ની **અસ્થિકાઓ** કે **તકતીઓ**(ossicles)નું અંતઃકંકાલ ધરાવે છે અને આથી, શૂળત્વચી નામ છે (શૂળો ધરાવતું શરીર-આકૃતિ 4.14). બધા જ પ્રાણીઓ દરિયાઈ (ખારા પાણીના) અને અંગતંત્ર સ્તરીય આયોજનયુક્ત છે. પુખ્ત શૂળત્વચીઓમાં અરીય સમમિતિ પરંતુ ડિમ્ભ એ દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિ ધરાવે છે. તેઓ ત્રિગર્ભસ્તરીય અને દેહકોષ્ઠધારી પ્રાણીઓ છે. નીચેની (વક્ષ) બાજુએ મુખ અને ઉપરની (પૃષ્ઠ) બાજુએ મળદ્વારયુક્ત પાચનતંત્ર સંપૂર્ણ છે. **જલવાહકતંત્ર (water vascular system)**ની હાજરી એ શૂળત્વચી સમુદાયનું મુખ્ય વિશિષ્ટ લક્ષણ છે જે પ્રચલન, ખોરાક પકડવો અને તેનું વહન કરવું તથા શ્વસનમાં મદદરૂપ થાય છે. તેઓમાં ઉત્સર્જન તંત્રનો અભાવ છે. લિંગભેદ ધરાવે છે અને લિંગી પ્રજનન જોવા મળે છે. ફલન સામાન્યતઃ બાહ્યફલન છે. મુક્ત રીતે તરતા ડિમ્ભસહિત વિકાસ પરોક્ષ છે. ઉદાહરણો : તારામાછલી (*Asterias*-Star fish), સાગરગોટા (*Echinus*-Sea urchin), સમુદ્રકમળ (*Antedon*-Sea lily), સમુદ્રકાકડી (*Cucumerina*-Sea cucumber) અને બરડતારા (*Ophiura*-Brittle star).

4.2.10 સમુદાય-સામીમેરુદંડી (Hemichordata)

સામીમેરુદંડીને પહેલાં મેરુદંડી સમુદાયના ઉપસમુદાય તરીકે માનવામાં આવતો હતો. પરંતુ હાલમાં તેને અલગ સમુદાય તરીકે અમેરુદંડીમાં મૂકવામાં આવેલ છે.

સામીમેરુદંડી ગ્રીવા પ્રદેશમાં પ્રાથમિક રચના ધરાવે છે, જેને સ્ટોમોકોર્ડ (stomochord-વળી શકે તેવી પોલી નળી જેવી રચના) કહે છે. જે મેરુદંડ (notochord જેવી રચના છે. આ સમુદાય અંગતંત્ર સ્તરીય આયોજનયુક્ત, કૃમિ જેવા દરિયાઈ પ્રાણીઓના નાના સમૂહ (જૂથ) ધરાવે છે. તેઓ દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિય, ત્રિગર્ભસ્તરીય અને દેહકોષ્ઠધારી પ્રાણીઓ છે. શરીર નળાકાર અને અગ્ર ભાગે **સૂંઢ (proboscis), ગ્રીવા (collar)** અને લાંબુ **ધડ (trunk)** ધરાવે છે (આકૃતિ 4.15). પરિવહન તંત્ર ખુલ્લા પ્રકારનું છે. શ્વસન ઝાલરો દ્વારા થાય છે. સૂંઢગ્રંથિ એ ઉત્સર્ગ અંગ છે. લિંગભેદ જોવા મળે છે. ફલન, બાહ્યફલન અને પરોક્ષ ગર્ભવિકાસ છે. ઉદાહરણો : બાલાનોગ્લોસસ (*Balaoglossus*) અને સેક્કોગ્લોસસ (*Saccoglossus*).



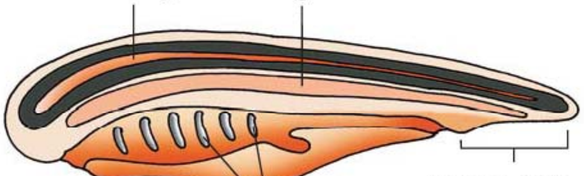
આકૃતિ 4.15 : બાલાનોગ્લોસસ

4.2.11 સમુદાય-મેરુદંડી (Chordata)

મેરુદંડી સમુદાયમાં સમાવેશિત પ્રાણીઓને મૂળભૂત રીતે **મેરુદંડ, પૃષ્ઠ બાજુએ પોલું**

ચેતારજ્જુ અને **જોડમાં કંઠનાલીય ઝાલરફાટો**ની હાજરી દ્વારા વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 4.16). તેઓ દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિય, ત્રિગર્ભસ્તરીય અને અંગતંત્ર સ્તરીય આયોજનયુક્ત દેહકોષ્ઠધારી પ્રાણીઓ છે. તેઓ પશ્ચ ગુદાપુચ્છ (post anal tail) અને બંધ પરિવહન તંત્ર ધરાવે છે.

કોષ્ટક 4.1 મેરુદંડી અને અમેરુદંડી પ્રાણીઓના વિશિષ્ટ લક્ષણોનો તફાવત રજૂ કરે છે.



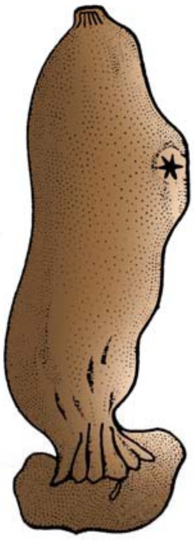
આકૃતિ 4.16 : મેરુદંડીની લાક્ષણિકતાઓ

કોષ્ટક 4.1 મેરુદંડી અને અમેરુદંડી પ્રાણીઓનો તફાવત

ક્રમ	મેરુદંડી	અમેરુદંડી
1	મેરુદંડ હાજર	મેરુદંડ ગેરહાજર
2	મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર પૃષ્ઠ, પોલું અને એકવડું છે.	મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર વક્ષ, નક્કર અને બેવડું છે.
3	જીવનના કેટલાક તબક્કામાં ઝાલરફાટો હાજર અને કંઠનળી ઝાલરફાટો દ્વારા છિદ્રાળુ બને છે.	ઝાલરફાટો ગેરહાજર
4	હૃદય વક્ષ બાજુએ	હૃદય પૃષ્ઠ બાજુએ (જો હોય તો)
5	પશ્ચગુદા પુચ્છ હાજર	પશ્ચગુદા પુચ્છ ગેરહાજર

મેરુદંડી સમુદાયને ત્રણ ઉપસમુદાયોમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે : **પૂચ્છમેરુદંડી (Urochordata)** કે **કંચુકમેરુદંડી (Tunicate)**, **શીર્ષ મેરુદંડી (Cephalochordata)** અને **પૃષ્ઠવંશી (Vertebrata)**.

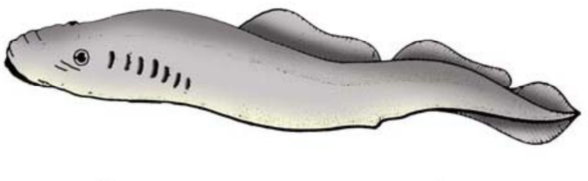
પુચ્છમેરુદંડી અને શિર્ષમેરુદંડી ઉપસમુદાયો ઘણીવાર **આદિમેરુદંડીઓ (protochordates)** તરીકે ઉલ્લેખાય છે (આકૃતિ 4.17) તેમજ સંપૂર્ણ રીતે દરિયાઈ છે. પુચ્છમેરુદંડીઓમાં, મેરુદંડ ફક્ત ડિમ્ભિય પૂંછડીમાં હાજર હોય છે. જ્યારે શીર્ષ- મેરુદંડીઓમાં, મેરુદંડ સમગ્ર જીવનકાળ દરમિયાન (આજીવન) શીર્ષથી પૂચ્છ સુધી વિસ્તરેલ હોય છે. ઉદાહરણો : પુચ્છમેરુદંડી - એસિડિયા (*Ascidia*), સાલ્પા (*Salpa*), ડોલિઓલમ (*Doliolum*); શિર્ષમેરુદંડી - બ્રેકિઓસ્ટોમા (Amphioxus or Lancelet).


આકૃતિ 4.17 : એસિડિયા

પૃષ્ઠવંશી ઉપસમુદાયના સભ્યો ગર્ભકાળ દરમિયાન મેરુદંડ ધરાવે છે. મેરુદંડ એ પુખ્તાવસ્થાએ કાસ્થિમય કે અસ્થિમય **કરોડસ્તંભ (vertebral column)**માં રૂપાંતર પામે છે. આથી બધા પૃષ્ઠવંશીઓ એ મેરુદંડીઓ છે, પરંતુ બધા મેરુદંડીઓ એ પૃષ્ઠવંશીઓ નથી. મેરુદંડીના પાયાના લક્ષણો ઉપરાંત, પૃષ્ઠવંશીઓ વક્ષ બાજુએ બે, ત્રણ કે ચાર કોટરયુક્ત સ્નાયુમય હૃદય, ઉત્સર્જન અને આસૃતિ નિયમન માટે મૂત્રપિંડ તથા જોડમાં પ્રચલન અંગો કે જે મીનપક્ષો (fins) અથવા ઉપાંગો (limbs) હોઈ શકે છે. પૃષ્ઠવંશી ઉપસમુદાયને ફરીથી નીચે પ્રમાણે વિભાજિત કરવામાં આવે છે.

- પૃષ્ઠવંશી
  - વિભાગ
    - હનુવિહીન (જડબાનો અભાવ)
      - વર્ગ
        1. ચૂષમુખા
    - હનુધારી (જડબા ધરાવે)
      - ઉપરી વર્ગ
        - મત્સ્ય (મીનપક્ષો ધરાવે)
          - વર્ગ
            1. કાસ્થિમત્સ્ય
            2. અસ્થિમત્સ્ય
        - ચતુષ્પાદ (ઉપાંગો ધરાવે)
          - વર્ગ
            1. ઉભયજીવી
            2. સરિસૃપ
            3. વિહંગ
            4. સસ્તન

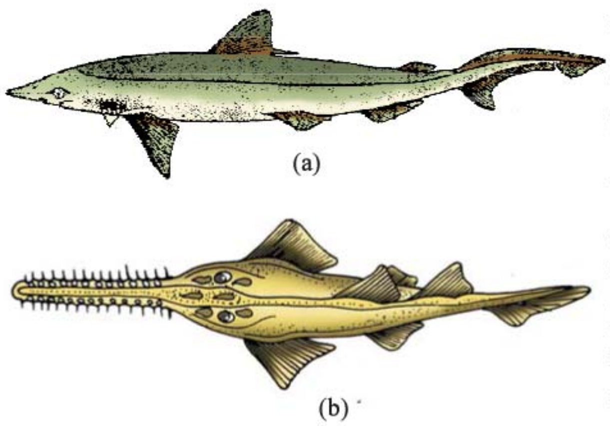
4.2.11.1 વર્ગ-ચૂષમુખા (Cyclostomata)



આકૃતિ 4.18 જડબાવિહિન પૃષ્ઠવંશી – લેમ્પ્રી

ચૂષમુખા વર્ગના બધા જીવંત સભ્યો કેટલીક માછલીઓ પર બાહ્ય પરોપજીવીઓ (ectoparasites) છે. તેઓના શરીરમાં શ્વસન માટે 6-15 જોડ **ઝાલરફાટો** ધરાવે છે. ચૂષમુખા એ ચૂષક પ્રકારનું હનુવિહીન કે જડબાવિહીન (Agnatha or jaws lacks) ગોળાકાર મુખ ધરાવે છે (આકૃતિ 4.18). તેઓના શરીર ભીંગડા (scales) અને યુગ્મ મીનપક્ષો ધરાવતા નથી. ખોપરી (cranium) અને કરોડસ્તંભ કાસ્થિમય છે. બંધ પ્રકારનું પરિવહન તંત્ર છે. ચૂષમુખા એ દરિયાઈ છે પરંતુ અંડજનન (spawing - જળચર પ્રાણીઓનાં ઈંડાં મૂકવાની ક્રિયા) મીઠા પાણીમાં કરે છે. અંડજનન બાદ, થોડાક દિવસોમાં તેઓ મૃત્યુ પામે છે. તેમના ડિમ્ભ રૂપાંતરણ પછી દરિયામાં પાછા ફરે છે. ઉદાહરણો : લેમ્પ્રી (*Petromyzon*) અને હેગફિશ (*Myxine*).

4.2.11.2 વર્ગ-કાસ્થિમત્સ્ય (Chondrichthyes)



(a)

(b)

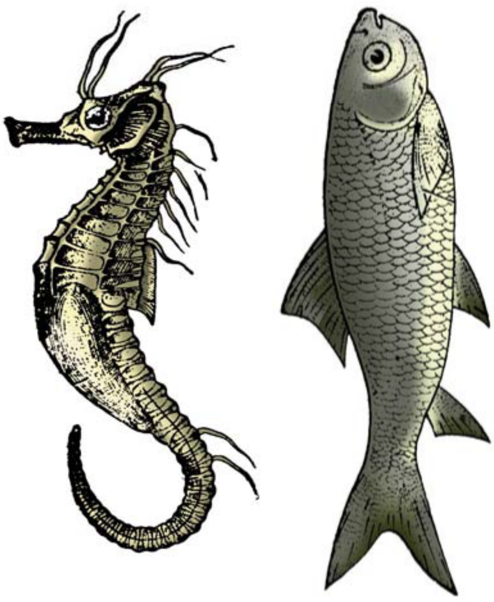
આકૃતિ 4.19 : કાસ્થિમય માછલીઓનાં ઉદાહરણો :
(a) સ્કોલિઓડોન (ડૉગ-ફિશ)
(b) પ્રિસ્ટિસ (સો-ફિશ)

તેઓ ધારા રેખિય (પ્રવાહને અનુકૂળ) રચના અને કાસ્થિમય અંતઃકંકાલ ધરાવતા દરિયાઈ પ્રાણીઓ છે (આકૃતિ 4.19). મુખ અગ્ર-વક્ષ બાજુએ સ્થિત છે. **કરોડસ્તંભ** આજીવન **સ્થાયી** છે. ઝાલરફાટો (gills slits) અલગ અને **ઝાલરઢાંકણ (operculum)** વગરની છે. ત્વચા ચીકણી અને કઠણ તેમજ સૂક્ષ્મ **પ્લેકોઈડ(placoid)**ના ભીંગડા ધરાવે છે. દાંત એ પ્લેકોઈડ ભીંગડાનું રૂપાંતર છે કે જેઓ પાછળની દિશામાં વળેલા છે. તેઓ હનુધારી કે જડબાધારી (Gnathostomata or jaws bears) છે. તેમના જડબા ખૂબ જ મજબૂત છે. તેઓ બીજા પ્રાણીના શિકાર પર નભનારા (predaceous) પ્રાણીઓ છે. પ્લવનાશયો કે વાતાશયોની ગેરહાજરી હોવા છતાં તેઓ ડૂબ્યા વગર સતત તરતા રહે છે. હૃદય દ્વિખંડી

(એક કર્ણક - auricle અને એક ક્ષેપક - ventricle) છે. તેમાંના કેટલાક **વીજ અંગો** (દા. ત., ટોર્પિડો) અને કેટલાક **ઝેરી ડંખ** (દા. ત., ટ્રાયગોન) ધરાવે છે. તેઓ **શીત રુધિરવાળા** પ્રાણીઓ (**poikilothermous - અસમતાપી**) છે, એટલે કે, તેઓમાં તેમના શરીરના તાપમાન નિયમનની ક્ષમતાનો અભાવ છે. લિંગભેદ જોવા મળે છે. નરમાં નિતંબ મીનપક્ષો (pelvic fins) આંકડીઓ કે પકડ (claspers) ધરાવે છે. તેઓ અંતઃફલન દાખવે છે અને તેમાંના ઘણા ઓછા અપત્યપ્રસવી (viviparous) છે. ઉદાહરણો : ડોગ-ફિશ (*Scoliodon*), સો-ફિશ (*Pristis-Saw fish*), ગ્રેટ વ્હાઇટ શાર્ક (*Carcharodon*), રે-ફિશ (Sting ray-*Trygon*).

4.2.11.3 વર્ગ-અસ્થિમત્સ્ય (Osteichthyes)

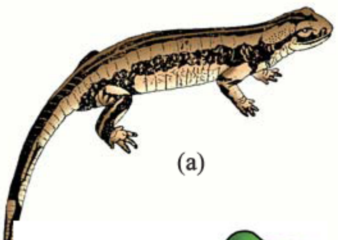
દરિયાઈ (ખારા) અને મીઠા પાણી બંનેમાં અસ્થિમય અંતઃકંકાલ ધરાવતી સમાવેશિત માછલીઓ છે. તેમના શરીર હોડી આકારના છે. મુખ મુખ્યત્વે અગ્રીય છે (આકૃતિ 4.20). તેઓ ચાર જોડ ઝાલરો ધરાવે છે કે જે દરેક બાજુએ ઝાલરઢાંકણથી ઢંકાયેલી છે. ત્વચા **સાયક્લોઇડ (cycloid)** કે **ટીનોઇડ (ctenoid)** ભીંગડા વડે આવૃત્ત છે. **વાતાશયો (પ્લવનાશયો)** હાજર છે કે જે તારકતા (buoyancy) બક્ષે છે. હૃદય દ્વિખંડી (એક કર્ણક અને એક ક્ષેપક) છે. તેઓ **શીત રુધિરવાળા** (અસમતાપી) પ્રાણીઓ છે. લિંગભેદ જોવા મળે છે. તેઓ સામાન્યતઃ બાહ્યફલન દાખવે છે તેઓમાં મુખ્યત્વે અંડપ્રસવી અને જીવન વિકાસ પ્રત્યક્ષ (સીધો) છે. ઉદાહરણો : દરિયાઈ - ઉડતી માછલી (Flying fish-*Exocoetus*), સમુદ્રઘોડો (Sea horse-*Hippocampus*); મીઠા પાણીના - રોહુ (*Labeo*), કટલા (*Catla*), મૃગલ (Magur - *Clarias*); માછલીઘરમાં : લડાકુ માછલી (Fighting fish-*Betta*), એંજલ માછલી (Angle fish - *Pterophyllum*).

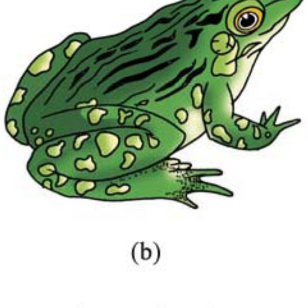

(a) (b)

આકૃતિ 4.20 : અસ્થિમય માછલીઓનાં ઉદાહરણો :
(a) સમુદ્રઘોડો
(b) કટલા

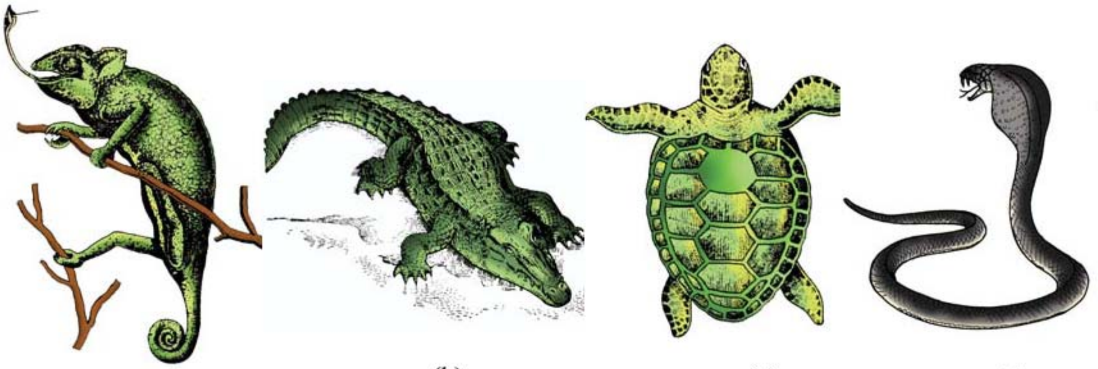
4.2.11.4 વર્ગ-ઉભયજીવી (Amphibia)

(Amphi : dual : ઉભય, bios : life : જીવન) એ નામ સૂચવે છે. ઉભયજીવીઓ જલજ કે સારી રીતે સ્થળજ નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનોમાં જીવન ગુજારી શકે છે (આકૃતિ 4.21). તેમાંના ઘણા બે જોડ ઉપાંગો ધરાવે છે. શરીર **શીર્ષ** અને **ધડ**માં વિભાજિત છે. કેટલાકમાં પૂંછડી હોઈ શકે છે. ઉભયજીવીઓની ત્વચા મુખ્યત્વે ભીની અને ચીકણી હોય છે (ભીંગડા વગરની). આંખો પોપચા (eyelids) ધરાવે છે. કાનમાં **કર્ણપટલ** (tympanum) હોય છે. પાચનમાર્ગ, મૂત્રમાર્ગ અને પ્રજનનમાર્ગ એક જ કોટરમાં ખૂલે છે તેને **અવસારણી (cloaca)** કહે છે કે જે બહારની તરફ ખૂલે છે. ઝાલરો, ફેફસાં અને ત્વચા દ્વારા શ્વસન કરે છે. હૃદય ત્રિખંડી (બે કર્ણક અને એક ક્ષેપક) છે. તેઓ શીત રુધિરવાળા પ્રાણીઓ છે. લિંગભેદ જોવા મળે છે. તેઓ બાહ્યફલન દાખવે છે. તેઓ અંડપ્રસવી અને વિકાસ પરોક્ષ છે. ઉદાહરણો : ટોડ (*Bufo*), દેડકો (Frog-*Rana*), વૃક્ષનિવાસી દેડકો (*Hyla*), સાલામાન્ડર (*Salamandra*), ઇક્થિઑફિસ (ઉપાંગોવિહીન ઉભયજીવી).


(a)


(b)

આકૃતિ 4.21 : ઉભયજીવીના ઉદાહરણ :
(a) સાલામાન્ડર (b) દેડકો


(a) (b) (c) (d)

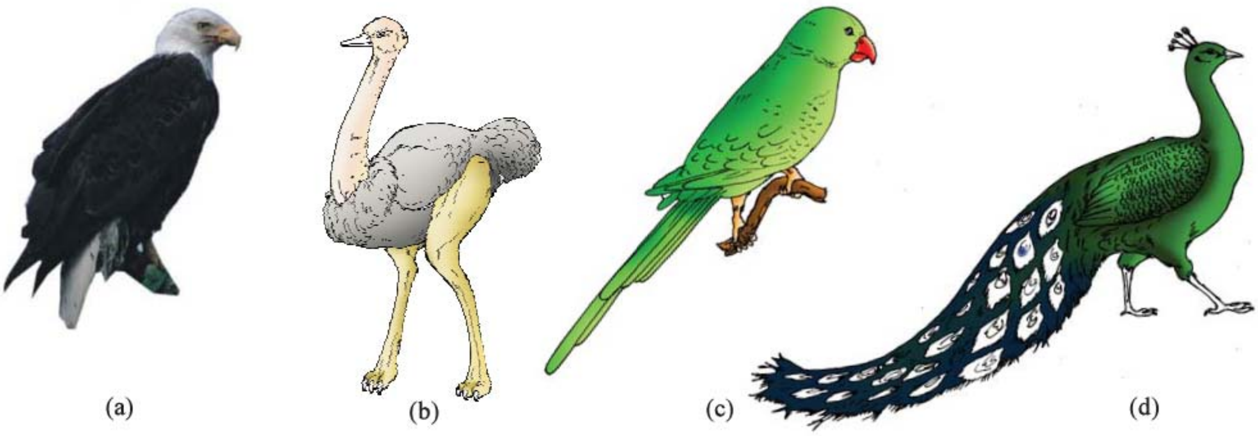
આકૃતિ 4.22 : સરિસૃપો : (a) કેમેલિયોન (b) મગર (c) ખારા પાણીનો કાચબો (d) કોબ્રા (નાગ)

4.2.11.5 વર્ગ-સરિસૃપ (Reptilia)

આ વર્ગનું નામ તેમના પ્રચલનની વિસર્પીયતા (creeping - સરકતા) કે પેટે ઘસડાઈને ચાલવાની (crawling) પદ્ધતિને આધારે છે (Latin-repere or reptum : સરકવું - creep કે ઘસડાવું crawl). તેઓ મુખ્યત્વે સ્થળજ પ્રાણીઓ છે અને તેઓના શરીર એ શુષ્ક અને શૃંગમય (cornified) ત્વચા તથા અધિચર્મીય **ભીંગડા** કે **પ્રશલ્કો (scutes)** દ્વારા આવૃત્ત છે (આકૃતિ 4.22). તેઓ બહાર ખુલતા બાહ્યકર્ણ કે કર્ણપલ્લવ ધરાવતા નથી. કાનમાં કર્ણપટલ હોય છે. ઉપાંગો, જો હાજર હોય તો બે જોડ હોય છે. હૃદય સામાન્યતઃ ત્રિખંડી (બે કર્ણક એક અપૂર્ણ વિભાજિત ક્ષેપક) છે, પરંતુ મગરમાં ચતુષ્કોટરીય છે. સરિસૃપો અસમતાપી (શીત રુધિરવાળા) છે. સાપ અને ગરોળી તેમની કાંચળીયુક્ત ત્વચા દ્વારા ભીંગડા દૂર કરે છે. લિંગભેદ જોવા મળે છે. તેઓ અંતઃફલન દર્શાવે છે. તેઓ મોટે ભાગના અંડપ્રસવી અને વિકાસ સીધો છે. ઉદાહરણો : દરિયાઈ કાચબો (Turtle-*Chelon*), કાચબો (Tortoise-*Testudo*), વૃક્ષગરોળી (Tree lizard - *Chameleon*), બગીચાની ગરોળી (Garden lizard - *Calotes*), મગર (Crocodile-*Crocodilus*), ઘડિયાળ (*Alligator*), ભીંતગરોળી (Wall lizard-*Hemidactylus*), ઝેરી સાપ-નાગ (Cobra-*Naja*), કાળોતરો (Krait-*Bangarus*), ચિતરો (Viper-*Vipera*).

4.2.11.6 વર્ગ-વિહંગ (Aves)

પીંછાંઓની હાજરી એ વિહંગ(પક્ષીઓ)ની લાક્ષણિકતા છે અને તેમાંના મોટા ભાગના (શાહમૃગ - Ostrichના અપવાદ સિવાય) ઉડી શકે છે. તેઓ **ચાંચ** ધરાવે છે (આકૃતિ 4.23). અગ્રઉપાંગો-(forelimbs)નું **પાંખોમાં** રૂપાંતર થયેલું છે. પશ્ચઉપાંગો (hindlimbs) સામાન્ય રીતે ભીંગડા ધરાવે છે અને ચાલવા, કૂદવા, તરવા કે વૃક્ષની શાખાઓ પકડવા માટે રૂપાંતરિત થયેલા છે. ત્વચા શુષ્ક અને પૂંછડીના તલ ભાગે તૈલી ગ્રંથિ સિવાય કોઈ પણ ગ્રંથિઓ વગરની છે. અંતઃકંકાલ સંપૂર્ણ રીતે અસ્થિભૂત (હાડકાં) અને લાંબા અસ્થિઓ **વાતકોટર (હવાથી ભરેલા)** યુક્ત પોલા (છિદ્રિષ્ઠ) હોય છે. પક્ષીઓનો પાચનમાર્ગ એ અન્ન-સંગ્રહાશય (crop) અને પેષણી (gizzard) જેવા વધારાના કોટરો ધરાવે છે. હૃદય સંપૂર્ણ રીતે ચતુષ્કોટરીય છે. તેઓ **ઉષ્ણ રુધિરવાળા (homoiothermous - સમતાપી)** પ્રાણીઓ છે, એટલે કે, તેઓ શરીરનું તાપમાન સતત જાળવી રાખવા સક્ષમ છે. ફેફસાં દ્વારા શ્વસન કરે છે. વાતાશયો ફેફસાંની સાથે સંકળાયેલા છે જે શ્વસનમાં પૂરક (મદદરૂપ) બને છે.

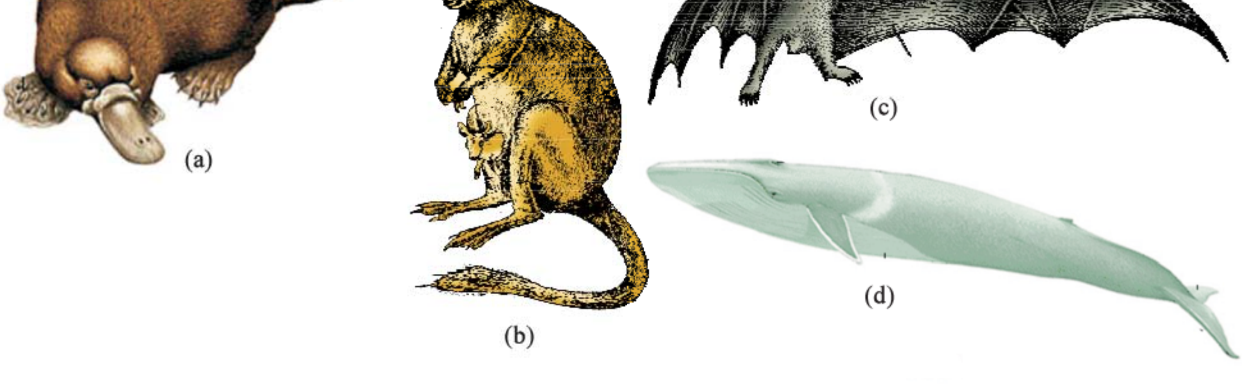


આકૃતિ 4.23 : કેટલાંક પક્ષીઓ : (a) ગીધ (b) શાહમૃગ (c) પોપટ (d) મોર

તેઓમાં લિંગભેદ જોવા મળે છે અને અંતઃફલન, અંડપ્રસવી અને સીધો વિકાસ દર્શાવે છે. ઉદાહરણો : કાગડો (Crow-*Corvus*), કબૂતર (Pigeon-*Columba*), પોપટ (Parrot-*Psittacula*), શાહમૃગ (Ostrich-*Struthio*), મોર (Peacock-*Pavo*), પેંગ્વિન (Penguin-*Aptenodytes*), ગીધ (Vulture-*Neophron*).

4.2.11.7 વર્ગ-સસ્તન (Mammalia)

તેઓ વિવિધ નિવાસસ્થાનોમાં જોવા મળે છે. જેવા કે ધ્રુવપ્રદેશ પર, રણમાં, પર્વતો પર, જંગલમાં, તૃણભૂમિમાં અને અંધારી ગુફાઓમાં. તેમાંના કેટલાક ઉડવા કે પાણીમાં જીવન ગુજારવા અનુકૂલિત થયેલા છે. **દૂધનો સ્ત્રાવ કરતી ગ્રંથિઓ (mammary glands - સ્તનગ્રંથિઓ)**ની હાજરી એ સસ્તનની મુખ્ય અનન્ય લાક્ષણિકતા છે, કે જેના દ્વારા શિશુને પોષણ મળે છે. તેઓ ચાલવા, દોડવા, આરોહણ કરવા, દરમાં ઘૂસવા, તરવા કે ઉડવા માટે અનુકૂલિત થયેલા બે જોડ ઉપાંગો ધરાવે છે



આકૃતિ 4.24 : કેટલાંક સસ્તનો : (a) બતકચાંચ (b) કાંગારુ (c) ચામાચિડીયું (d) બ્લ્યુ-વ્હેલ

(આકૃતિ 4.24). સસ્તન પ્રાણીઓની ત્વચા **વાળ (રુંવાટી)** ધરાવવામાં અનોખી છે. **બાહ્યકર્ણ (pinnae)** કે **કર્ણપલ્લવ**ની હાજરી છે. જડબામાં વિવિધ પ્રકારના દાંત (teeth) હાજર છે. હૃદય ચતુષ્કખંડીય છે. તેઓ સમતાપી પ્રાણીઓ છે. ફેફસાં દ્વારા શ્વસન કરે છે. લિંગભેદ જોવા મળે છે અને અંતઃફલન દર્શાવે છે. તેઓ થોડાક અપવાદો સાથે અપત્યપ્રસવી અને વિકાસ સીધો છે. ઉદાહરણો : અંડપ્રસવી - બતકચાંચ (Platypus-*Ornithorhynchus*); અપત્યપ્રસવી-કાંગારુ (*Macropus*), ચામાચિડીયું (*Pteropus*), ઊંટ (*Camelus*), વાનર (*Macaca*), ઉંદર (*Rattus*), કૂતરો (*Canis*), બિલાડી (*Felis*), હાથી (*Elephas*), ઘોડો (*Equus*), ડોલ્ફીન (*Delphinus*), બ્લ્યુ-વ્હેલ (*Balaenoptera*), વાઘ (*Panthera tigris*), સિંહ (*Panthera leo*).

કોષ્ટક 4.2 : પ્રાણીસૃષ્ટિમાં વિવિધ સમુદાયોની મુખ્ય લાક્ષણિક વિશેષતાઓ

સમુદાય	આયોજનનું સ્તર	સમમિતિ	દેહકોષ્ઠ	ખંડન	પાચનતંત્ર	પરિવહનતંત્ર	શ્વસનતંત્ર	વિશિષ્ટ લક્ષણો
સછિદ્ર	કોષીય	વિવિધ	ગેરહાજર	ગેરહાજર	ગેરહાજર	ગેરહાજર	ગેરહાજર	શરીરમાં છિદ્રો અને દીવાલમાં કૅનાલ
કોષ્ઠાંત્રિ (દંશક)	પેશી	અરિય	ગેરહાજર	ગેરહાજર	અપૂર્ણ	ગેરહાજર	ગેરહાજર	ડંખાગિકાઓની હાજરી
કંકતધરા	પેશી	અરિય	ગેરહાજર	ગેરહાજર	અપૂર્ણ	ગેરહાજર	ગેરહાજર	પ્રચલન માટે કંકત્ તક્તીઓ
પૃથુકૃમિ	અંગ અને અંગતંત્ર	દ્વિપાર્શ્વ	ગેરહાજર	ગેરહાજર	અપૂર્ણ	ગેરહાજર	ગેરહાજર	ચપટુ શરીર, ચૂષકો
સૂત્રકૃમિ	અંગતંત્ર	દ્વિપાર્શ્વ	આભાસી દેહકોષ્ઠ	ગેરહાજર	સંપૂર્ણ	ગેરહાજર	ગેરહાજર	ઘણીવાર કૃમિ આકારના લંબાયેલા
નુપુરક	અંગતંત્ર	દ્વિપાર્શ્વ	દેહકોષ્ઠ	હાજર	સંપૂર્ણ	હાજર	ગેરહાજર	વલય જેવું શરીર ખંડન
સંધિપાદ	અંગતંત્ર	દ્વિપાર્શ્વ	દેહકોષ્ઠ	હાજર	સંપૂર્ણ	હાજર	હાજર	ક્યુટીકલનું બાહ્યકંકાલ, સાંધાવાળા ઉપાંગો
મૃદુકાય	અંગતંત્ર	દ્વિપાર્શ્વ	દેહકોષ્ઠ	ગેરહાજર	સંપૂર્ણ	હાજર	હાજર	બાહ્ય કંકાલકવચની સામાન્યતઃ હાજરી
શૂળત્વચી	અંગતંત્ર	અરિય	દેહકોષ્ઠ	ગેરહાજર	સંપૂર્ણ	હાજર	હાજર	જલવહનતંત્ર, અરીય સમમિતિ
સામીમેરુદંડી	અંગતંત્ર	દ્વિપાર્શ્વ	દેહકોષ્ઠ	ગેરહાજર	સંપૂર્ણ	હાજર	હાજર	સૂંઢ, ગ્રીવા અને ધડયુક્ત કૃમિ જેવા
મેરુદંડી	અંગતંત્ર	દ્વિપાર્શ્વ	દેહકોષ્ઠ	હાજર	સંપૂર્ણ	હાજર	હાજર	મેરુદંડ, પૃષ્ઠ-પોલું-ચેતારજ્જુ, ઝાલરફાટો, ઉપાંગો કે મીનપક્ષો

સારાંશ

મુખ્ય પાયાની વિશેષતાઓ જેવી કે આયોજનના સ્તર, સમમિતિ, કોષીય આયોજન, ખંડન, મેરુદંડ વગેરે આપણને પ્રાણીસૃષ્ટિનું વિસ્તૃત વર્ગીકરણ કરવા સક્ષમ બનાવે છે. આ પાયાની વિશેષતાઓ ઉપરાંત ઘણા બીજા વિશિષ્ટ લક્ષણો કે જે દરેક સમુદાય કે વર્ગ માટે ચોક્કસ હોય છે.

બહુકોષીય પ્રાણીઓ સમાવિષ્ટ સછિદ્ર સમુદાય કે જે કોષસ્તરીય આયોજન રજૂ કરે છે અને કશાધારી કોલરકોષો તેની લાક્ષણિકતા છે. કોષ્ઠાંત્રિઓ સૂત્રાંગો ધરાવે છે અને ડંખાંગિકાઓ ધારણ કરે છે. તેઓ મુખ્યત્વે જલજ, સ્થાયી કે મુક્ત રીતે તરતા છે. કંકતધારીઓ કંકત તક્તીઓ ધરાવતા દરિયાઈ પ્રાણીઓ છે. પૃથુકૃમિઓ ચપટા શરીર અને દ્વિપાર્શ્વ સમમિતિ ધરાવે છે. તેમના પરોપજીવી સ્વરૂપો વિશિષ્ટ ચૂષકો કે અંકુશો ધરાવે છે. સૂત્રકૃમિઓ આભાસી શરીરગુહા અને પરોપજીવી કે અપરોપજીવી ગોળ કૃમિઓ છે.

નુપુરક સમુદાયના પ્રાણીઓ સમખંડીય ખંડતા અને સત્ય દેહકોષ્ઠયુક્ત સજીવો છે. સંધિપાદીઓ એ પ્રાણીઓનું મુખ્ય વિપુલ જુથ/સમૂહ છે જેઓને સાંધાવાળા ઉપાંગોની હાજરીથી વર્ગીકૃત કરાય છે. મૃદુકાય પ્રાણીઓ કોમળ શરીર ધરાવે છે જે કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટયુક્ત બાહ્ય કવચથી આવરિત છે. તેમના શરીર કાઇટીનનું બનેલું બાહ્યકંકાલનું આવરણ ધરાવે છે. શૂળત્વચી પ્રાણીઓ કાંટાવાળી ત્વચા ધરાવે છે. જલવહનતંત્રની હાજરી એ તેમનું મુખ્ય વિશિષ્ટ લક્ષણ છે. સામીમેરુદંડીઓ કૃમિ જેવા દરિયાઈ પ્રાણીઓનો નાનો સમૂહ છે. તેઓ સૂંઢ, ગ્રીવા અને ધડયુક્ત નળાકાર શરીર ધરાવે છે.

મેરુદંડી સમુદાયમાં સમાવેશિત પ્રાણીઓ આજીવન કે ભ્રૂણીય અવસ્થાએ મેરુદંડ ધરાવે છે. મેરુદંડીઓમાં પૃષ્ઠ બાજુએ પોલા ચેતારજ્જુ અને જોડમાં કંઠનાલીય ઝાલરફાટો જેવા બીજા સામાન્ય લક્ષણોનું નિરીક્ષણ કરી શકાય છે.

કેટલાક પૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓ જડબા ધરાવતા નથી (જડબાવિહીન) જ્યારે તેમાંના ઘણા જડબાધારી છે (જડબાયુક્ત). જડબાવિહીન સજીવો ચૂષમુખા વર્ગ દ્વારા પ્રસ્તુત છે. તેઓ મુખ્ય આદિમેરુદંડીઓ છે અને માછલીઓ પર બાહ્યપરોપજીવી છે. જડબાયુક્ત સજીવો બે ઉપરી વર્ગો ધરાવે છે – મત્સ્ય અને ચતુષ્પાદ. વર્ગ કાસ્થિમત્સ્ય અને અસ્થિમત્સ્ય પ્રચલન માટે મીનપક્ષો ધરાવે છે અને મત્સ્ય જૂથમાં સમાવિષ્ટ છે. કાસ્થિમત્સ્યો એ કાસ્થિનું બનેલું અંતઃકંકાલ ધરાવતી દરિયાઈ માછલીઓ છે. ઉભયજીવી, સરિસૃપ, વિહંગ અને સસ્તન વર્ગો બે જોડ ઉપાંગો ધરાવે છે. આથી ચતુષ્પાદમાં સમાવેશિત છે. ઉભયજીવીઓ જમીન અને પાણી બંનેમાં જીવન જીવવા અનુકૂલિત થયેલા છે. સરિસૃપો શુષ્ક અને (શૃંગમય) ત્વચા દ્વારા વર્ગીકૃત કરાય છે. સાપમાં ઉપાંગોનો અભાવ હોય છે. મત્સ્યો, ઉભયજીવીઓ અને સરિસૃપો અસમતાપી (શીત રુધિરવાળા) છે. વિહંગો તેમના શરીર પર પીંછા ધરાવતા ઉષ્ણરુધિરવાળા (સમતાપી) પ્રાણીઓ છે અને અગ્રઉપાંગો ઉડવા માટે પાંખમાં રૂપાંતરિત છે. પશ્ચઉપાંગો ચાલવા, તરવા કે વૃક્ષની ડાળી પકડવા માટે અનુકૂલિત થયેલા છે. સ્તનગ્રંથિઓ અને ત્વચા પર રુંવાટીની હાજરી એ સસ્તનનું અનન્ય લક્ષણ છે. તેઓ સામાન્ય રીતે અપત્યપ્રસવી છે.

સ્વાધ્યાય

1. જો સામાન્ય પાયાનાં લક્ષણો ધ્યાનમાં ન લીધા હોય તો પ્રાણીઓનું વર્ગીકરણ કરવામાં તમને શું મુશ્કેલી પડે ?
2. જો તમને કોઈ નમૂનો આપેલો હોય, તો તેનું વર્ગીકરણ કરવા તમે શું પગલાં ભરશો ?
3. પ્રાણીઓના વર્ગીકરણમાં શરીરગુહાની પ્રકૃતિ (બંધારણ) અને દેહકોષ્ઠનો અભ્યાસ કેવી રીતે ઉપયોગી છે ?
4. અંતઃકોષીય અને બાહ્યકોષીય પાચન વચ્ચેનો ભેદ સ્પષ્ટ કરો.
5. સીધો અને પરોક્ષ વિકાસ વચ્ચે શું તફાવત છે ?
6. પરોપજીવી પૃથુકૃમિઓમાં તમને જોવા મળતું વિશિષ્ટ લક્ષણ શું છે ?
7. સંધિપાદ સમુદાયના પ્રાણીઓએ પ્રાણીસૃષ્ટિનું મોટામાં મોટું જૂથ બનાવે છે તે માટેના કારણો વિશે તમે શું વિચારી શકશો ?
8. જલવહનતંત્ર નીચેનામાંથી કયા સમૂહની લાક્ષણિકતા છે ?
   (a) સછિદ્ર (b) કંકતધારા (c) શૂળત્વચી (d) મેરુદંડી
9. ''બધા પૃષ્ઠવંશીઓ મેરુદંડીઓ છે પરંતુ બધા મેરુદંડીઓ પૃષ્ઠવંશીઓ નથી'' આ વાક્યને ન્યાય આપો.
10. મત્સ્યમાં વાતાશયોની હાજરી કેવી રીતે અગત્યની છે ?
11. પક્ષીઓમાં જોવા મળતાં રૂપાંતરો કયા છે કે જે તેમને ઉડવામાં મદદ કરે છે ?
12. અંડપ્રસવી દ્વારા મૂકાતા ઇંડા કે અપત્યપ્રસવી દ્વારા જન્માવાતા બાળ સજીવની સંખ્યા સરખી હોય છે ? શા માટે ?
13. શરીરમાં સૌપ્રથમ ખંડન જોવા મળતું હોય તેવો સમુદાય નીચેનામાંથી જણાવો :
    (a) પૃથુકૃમિ (b) સૂત્રકૃમિ (c) નુપુરક (d) સંધિપાદ
14. નીચેનાં જોડકાં સરખાવો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) ઝાલરઢાંકણ	(i) કંકતધરા
(b) અભિચરણ	(ii) મૃદુકાય
(c) ભીંગડા	(iii) સછિદ્ર
(d) કંકત તક્તીઓ	(iv) સરિસૃપ
(e) રેત્રિકા	(v) નુપુરક
(f) રુંવાટી (વાળ)	(vi) ચૂષમુખા અને કાસ્થિમત્સ્ય
(g) કોલર કોષો	(vii) સસ્તન
(h) ઝાલરફાટો	(viii) અસ્થિમત્સ્ય

15. કેટલાક પ્રાણીઓની યાદી તૈયાર કરો કે જે મનુષ્ય પર પરોપજીવી તરીકે જોવા મળે છે.

એકમ 2

વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓમાં રચનાકીય આયોજન (Structural Organisation in Plants and Animals)

પ્રકરણ 5
સપુષ્પી વનસ્પતિઓની બાહ્યાકારવિદ્યા

પ્રકરણ 6
સપુષ્પી વનસ્પતિઓની અંતઃસ્થ રચના

પ્રકરણ 7
પ્રાણીઓમાં રચનાકીય આયોજન

પહેલાં ફક્ત નરી આંખોથી નિરીક્ષણ દ્વારા પૃથ્વી પર રહેલા જીવનના વિવિધ સ્વરૂપો(diverse forms)નું વર્ણન થયેલ અને પછી બિલોરી કાચ (Magnifying lenses) તથા સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર (microscope) વડે નિરીક્ષણો થયાં. જેમાં મુખ્યત્વે સંપૂર્ણ રચનાકીય લક્ષણો, બાહ્ય અને આંતરિક બંનેનું વર્ણન હતું. તદુપરાંત, નિરીક્ષણ કરાયેલ અને દેખીતી જીવંત ઘટનાઓ વર્ણનના ભાગ તરીકે નોંધવામાં આવી. પછી પ્રાયોગિક જીવવિજ્ઞાન (experimental biology) કે ખાસ કરીને ''દેહધર્મવિદ્યા (physiology)'' જેવી શાખાઓ જીવશાસ્ત્રના ભાગ તરીકે પ્રસ્થાપિત થઈ, પ્રકૃતિવિદોએ માત્ર જીવવિજ્ઞાનનું જ વર્ણન કરેલ હતું. આથી, જીવવિજ્ઞાનમાં લાંબા સમયથી પ્રાકૃતિક ઇતિહાસ (natural history) વિશેના બાકી રહેલા તથ્યોનો અંત આવ્યો. સજીવોના વર્ણનની સ્વયં વિસ્તૃતિ નવાઈ પમાડે તેવી છે. તે વખતના વર્ણનની વિગતવાર વિસ્તૃતિ આશ્ચર્યજનક હતી જેથી વિદ્યાર્થીઓનો શરૂઆતનો પ્રતિભાવ કંટાળાજનક હતો, આપણે ધ્યાનમાં લેવાનું છે કે તેના વર્ણનની વિગતવાર સંપૂર્ણ પ્રસ્તુતિ પાછળથી ઉમેરવામાં આવી અને અવનત થતાં જીવવિજ્ઞાનમાં, વિવિધ વૈજ્ઞાનિકોએ જૈવિક પ્રક્રિયાઓ અને તેમની રચના અંગે વધારે ધ્યાન ખેંચ્યું, જેથી આવું વિગતવાર વર્ણન એ દેહધર્મવિદ્યા અથવા ઉત્ક્રાંતિ જીવવિજ્ઞાનમાં ઉદ્‌ભવતા પ્રશ્નોને સરળ કરવામાં મદદરૂપ બન્યું અને અર્થપૂર્ણ રહ્યું. આ એકમના નીચેના પ્રકરણમાં, વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓનું રચનાકીય આયોજન (structural organization), દેહધર્મવિદ્યા કે વર્તનશીલ ઘટનાઓ(behavioural phenomena)નો રચનાકીય આધાર વર્ણવેલ છે. અનુકૂળતા માટે, આ બાહ્યાકારવિદ્યાકીય (morphological) અને અંતઃસ્થ-રચનાકીય (anatomical) લક્ષણોનું વર્ણન પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ માટે અલગથી પ્રસ્તુત કરેલ છે.

કેથેરીન ઈસાઉ
(Ketherine Esau)
(1898-1997)

Ketherine Esau(કેથરીન ઈસાઉ)નો જન્મ યુક્રેઇન(Ukraine)માં 1898માં થયો હતો. તેમણે કૃષિવિજ્ઞાન(agriculture)નો અભ્યાસ રશિયા (Russia) અને જર્મની(Germany)માં કર્યો તથા 1931માં યુનાઈટેડ સ્ટેટ(United State)માં ડૉક્ટરેટની ઉપાધિ મેળવી. તેમણે તેમના પહેલાંના પ્રકાશનોમાં નોંધ્યું કે Curly top virus એ વનસ્પતિઓ દ્વારા ખોરાક માટે જવાબદાર અન્નવાહક પેશી (Phloem tissue) મારફતે ફેલાય છે. Dr. Ketherine Esau એ 1954માં *Plant anatomy* (વનસ્પતિ અંતઃસ્થવિદ્યા) નામનું વનસ્પતિ રચનાની એકમાત્ર સમજ આપતું, ખૂબ જ પ્રેરક (dynamic) અને વિકાસાત્મક (developmental), ભવિષ્યમાં ઉપયોગી રૂપરેખા ધરાવતું પ્રકાશન (publication) બહાર પાડ્યું અને તેની વિશ્વફલક પર પ્રચંડ (enormous) અસર થઈ તથા શાબ્દિક રીતે અર્થાનુસાર, શિસ્તબદ્ધ રીતે વિજ્ઞાનની નવી શાખાનું પુનરુત્થાન (revival) થયું. Ketherine Esau દ્વારા 1960માં *The Anatomy of Seed Plants* પ્રકાશન બહાર પાડવામાં આવ્યું. તેની વનસ્પતિ વિજ્ઞાનના Webster's તરીકે પણ ગણના થઈ – તે Webster's શબ્દકોષ (encyclopedia) છે. 1957માં તેમને National Academy of Scienceમાં ચૂંટવામાં આવ્યા જે છઠ્ઠા મહિલા હતાં, જેઓ આ સન્માન પામ્યા. આ સન્માનજનક પુરસ્કાર (prestigious award) ઉપરાંત, તેમણે President George Bush દ્વારા 1989માં National Medal of Science મેળવ્યો.

જ્યારે Ketherine Esau 1997ના વર્ષમાં મૃત્યુ પામ્યા, ત્યારે તે વખતના Anatomy and Morphology, Missouri Botanical Gardenના director, Peter Raven એ યાદ કર્યા અને કહ્યું કે તેઓની (Ketherine Esau) 99 વર્ષની ઉંમર હોવા છતાં પણ વનસ્પતિ જીવવિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં તેઓ સંપૂર્ણ રીતે અભિભૂત (absolutely dominated) હતાં.

પ્રકરણ 5

સપુષ્પ વનસ્પતિઓની બાહ્યાકારવિદ્યા (Morphology of Flowering Plants)

5.1 મૂળ

5.2 પ્રકાંડ

5.3 પર્ણ

5.4 પુષ્પવિન્યાસ

5.5 પુષ્પ

5.6 ફળ

5.7 બીજ

5.8 લાક્ષણિક સપુષ્પી વનસ્પતિનું અર્ધ-પ્રવિધિય વર્ણન

5.9 કેટલાક અગત્યના કુળોનું વર્ણન

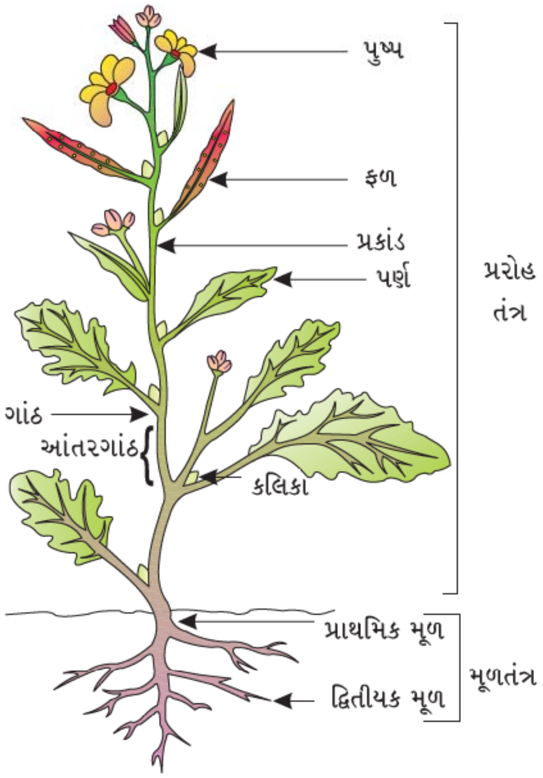
ઉચ્ચ વનસ્પતિઓની રચનાની વિસ્તૃત હારમાળા આપણને મંત્રમુગ્ધ કરવામાં કદી નિષ્ફળ નહીં જાય. તેમ છતાં આવૃત બીજધારી વનસ્પતિઓની રચના કે **બાહ્યાકારવિદ્યા**માં આવી વિશાળ વિવિધતા દર્શાવે છે. તેઓ મૂળ, પ્રકાંડ, પર્ણ, પુષ્પ અને ફળ વગેરેની હાજરીથી વર્ગીકૃત કરાય છે.

પ્રકરણ 2 અને 3માં બાહ્યાકારવિદ્યાકીય (morphological) અને અન્ય લાક્ષણિકતાઓને આધારે વનસ્પતિઓના વર્ગીકરણ વિશે વાત કરી. કોઈપણ ઉચ્ચ વનસ્પતિ(કે કોઈ પણ સજીવના દ્રવ્ય)ના વર્ગીકરણ અને સમજ વિશેના સફળ પ્રયાસ માટે આપણે પ્રમાણિત શબ્દાવલી અને પ્રમાણિત વ્યાખ્યાઓ વિશે જાણવાની આવશ્યકતા છે. આપણે વનસ્પતિઓના વિવિધ ભાગોમાં રહેલી શક્ય વિવિધતાઓ (ભિન્નતાઓ), જોવા મળતા તેમના પર્યાવરણ તરફના અનુકૂલનો (adaptations) વિશે પણ જાણવાની જરૂર છે, દા. ત., વિવિધ નિવાસસ્થાનો, રક્ષણ (protection) આરોહણ (climbing), ખોરાક સંગ્રહ વગેરે માટેના વનસ્પતિઓના અનુકૂલનો.

જો તમે કોઈ પણ નીંદણ(weed)ને જમીનમાંથી બહાર ખેંચશો તો તમે જોશો કે તેઓ બધા મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણ ધરાવે છે. તેઓ પુષ્પ અને ફળ પણ ધરાવી શકે છે. સપુષ્પ વનસ્પતિઓનો ભૂમિગત (underground) ભાગ મૂળતંત્ર છે જ્યારે જમીનથી ઉપરનો ભાગ એ પ્રરોહતંત્ર (shoot system) બનાવે છે (આકૃતિ. 5.1).

5.1 મૂળ (The root)

મોટાભાગની દ્વિદળી વનસ્પતિઓમાં ભ્રૂણમૂળ(આદિમૂળ-radicle) પ્રલંબન પામી **પ્રાથમિક મૂળ**ની રચના થાય છે કે જે જમીનની અંદર વૃદ્ધિ પામે છે. તે ઘણી રીતે ગોઠવાયેલા પાર્શ્વીય



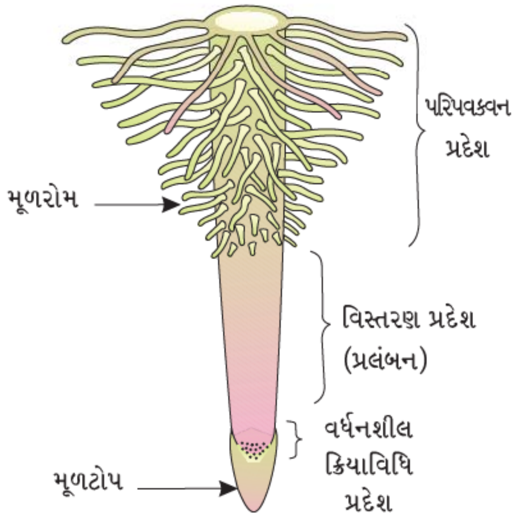
આકૃતિ 5.1 : સપુષ્પી વનસ્પતિના ભાગો

મૂળ (lateral root) ધરાવે છે જે **દ્વિતીયક, તૃતીયક મૂળ** તરીકે ઓળખાય છે. પ્રાથમિક મૂળ અને તેની શાખાઓ **સોટીમય મૂળતંત્ર(tap root system)** નિર્માણ કરે છે. જે રાઈ વનસ્પતિમાં જોવા મળે છે (આકૃતિ 5.2 a). એકદળી વનસ્પતિઓમાં પ્રાથમિક મૂળ અલ્પજીવી (short lived) અને તેને બદલે તે જગાએ બીજા ઘણા મૂળ ઉદ્ભવે છે. આ મૂળ પ્રકાંડના તલ ભાગેથી ઉત્પન્ન થાય છે અને **તંતુમય મૂળતંત્ર(fibrous root system)** નિર્માણ કરે છે જે ઘઉં જેવી વનસ્પતિમાં જોવા મળે છે (આકૃતિ 5.2 b). ઘાસ (તૃણ), મૉન્સ્ટેરા (Monstera) અને વડ વૃક્ષ જેવી કેટલીક વનસ્પતિઓમાં ભ્રૂણમૂળ સિવાયના ભાગોમાંથી મૂળ વિકાસ પામે છે અને તેમને **આગંતુક કે અસ્થાનિક મૂળ (adventitious root)** કહે છે (આકૃતિ 5.2 c). મૂળતંત્રના મુખ્ય કાર્યો જમીનમાંથી પાણી અને દ્રવ્યોનું શોષણ, વનસ્પતિના અન્ય ભાગોને જકડી રાખવા, સંચિત (reserve) પોષક દ્રવ્યોનો સંગ્રહ અને વનસ્પતિના વૃદ્ધિ નિયામકોનું સંશ્લેષણ કરવું વગેરે છે.

આકૃતિ 5.2 મૂળના વિવિધ પ્રકારો : (a) સોટીમય (b) તંતુમય (c) અસ્થાનિક

5.1.1 મૂળના પ્રદેશો (Region of the Root)

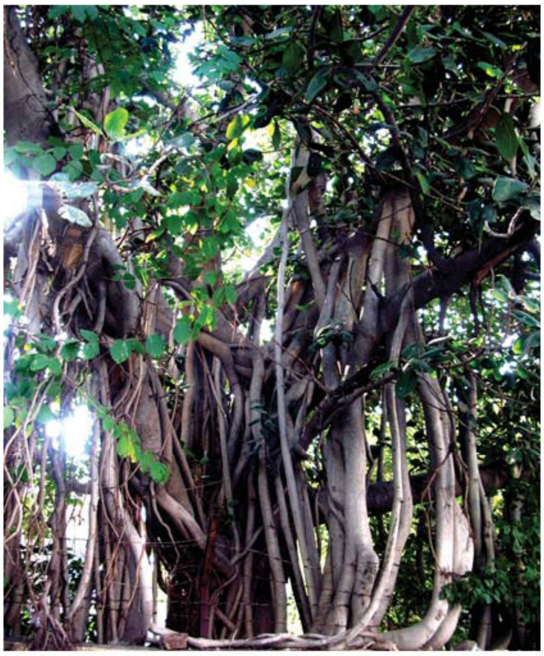
મૂળ તેની ટોચના ભાગે **મૂળટોપ (root cap)** કહેવાતી ટોપચાં કે અંગુલિત્ર (thimble-આંગળીની ટોચે સોંય ન વાગે તે માટે પહેરાતી ધાતુની અંગુઠી) જેવી રચના દ્વારા આવૃત્ત છે (આકૃતિ 5.3). તે મૂળ જમીનમાં આગળ વૃદ્ધિ પામે ત્યારે તેની નાજુક ટોચને રક્ષણ આપે છે. અમુક મિલિમીટર જેટલો મૂળટોપનો વિસ્તાર **વર્ધનશીલ ક્રિયાવિધિ પ્રદેશ (region of meriatematic activity) છે.** આ પ્રદેશના કોષો ખૂબ જ નાના, પાતળી દીવાલ અને ઘટ્ટ જીવરસ ધરાવે છે. તેઓ વારંવાર વિભાજન પામે છે. આ પ્રદેશની નજીકના (proximal-નિકટવર્તી) કોષો ત્વરિત પ્રલંબન (વિસ્તરણ-elongation), વિસ્તૃતીકરણ (enlargement) પામે છે અને મૂળની લંબાઈમાં વૃદ્ધિ માટે જવાબદાર છે. આ પ્રદેશને **વિસ્તરણ પ્રદેશ (region of elongation)** કહે છે. વિસ્તરણ પ્રદેશના કોષો ક્રમશઃ વિભેદિત (differentiate) અને પરિપક્વ (mature-પુખ્ત) થાય છે. આથી વિસ્તરણ પ્રદેશના નિકટવર્તી વિસ્તારને **પરિપક્વન પ્રદેશ (region of maturation)** કહે છે. આ વિસ્તાર પૈકીના કેટલાક અધિસ્તરીય કોષો ખૂબ જ બારીક અને નાજુક, દોરી જેવી પાતળી રચનાઓ ધરાવે છે જેને **મૂળરોમ (root hairs)** કહે છે. આ મૂળરોમ જમીનમાંથી પાણી અને દ્રવ્યોનું શોષણ કરે છે.



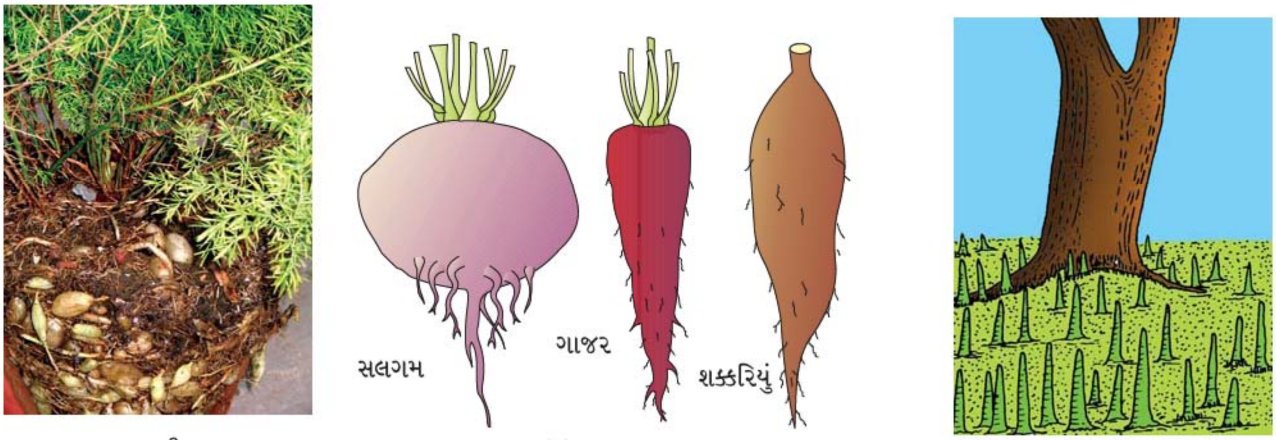
આકૃતિ 5.3 : મૂળની ટોચના પ્રદેશ

5.1.2 મૂળના રૂપાંતરણો (Modification of Root)

કેટલીક વનસ્પતિઓમાં મૂળ તેમનો આકાર તથા રચના બદલે છે અને પાણી તથા દ્રવ્યોના શોષણ સિવાયનાં કાર્યો માટે રૂપાંતરિત થાય છે. તેઓ આધાર, ખોરાકના સંગ્રહ અને શ્વસન માટે રૂપાંતરિત થાય છે (આકૃતિ 5.4 અને 5.5). ગાજર (carrot) અને સલગમ (turnip)માં સોટીમૂળ અને શક્કરિયા (sweet potato)ના અસ્થાનિક મૂળ કદમાં મોટા બની ફૂલે છે અને ખોરાક સંગ્રહ કરે છે. શું તમે કેટલાક વધુ આવા ઉદાહરણો આપી શકો છો ? શું તમને ક્યારેય આશ્ચર્ય થયું છે કે વડમાં આધાર આપતી લટકતી આ રચનાઓ શું છે ? આ રચનાઓને **સ્તંભમૂળ (prop root)** કહે છે. આ જ રીતે મકાઈ (maize) અને શેરડી- (sugarcane)માં પ્રકાંડ (આધાર) મૂળ ધરાવે છે જે પ્રકાંડની નીચેની ગાંઠોમાંથી ઉદ્ભવે છે તેમને **અવલંબન મૂળ (stilt root)** કહે છે. દલદલ (Swampy = કાદવવાળા) વિસ્તારમાં વિકાસ પામતી રાઈઝોફોરા (*Rhizophora*) જેવી કેટલીક વનસ્પતિઓમાં ઘણા મૂળ જમીનમાંથી બહાર આવે છે અને ઉપર તરફ અનુલંબ રીતે (vertically) વિકાસ પામે છે. આવા મૂળને **શ્વસનમૂળ (pneumatophores)** કહે છે. જે શ્વસન માટે ઑક્સિજન મેળવવામાં મદદરૂપ છે.



આકૃતિ 5.4 : આધાર માટે મૂળનું રૂપાંતરણ-વડનું વૃક્ષ



શતાવરી (a) (b)

આકૃતિ 5.5 : મૂળના રૂપાંતરણો : (a) સંગ્રહ (b) શ્વસન : રાઇઝોફોરામાં શ્વસન મૂળ

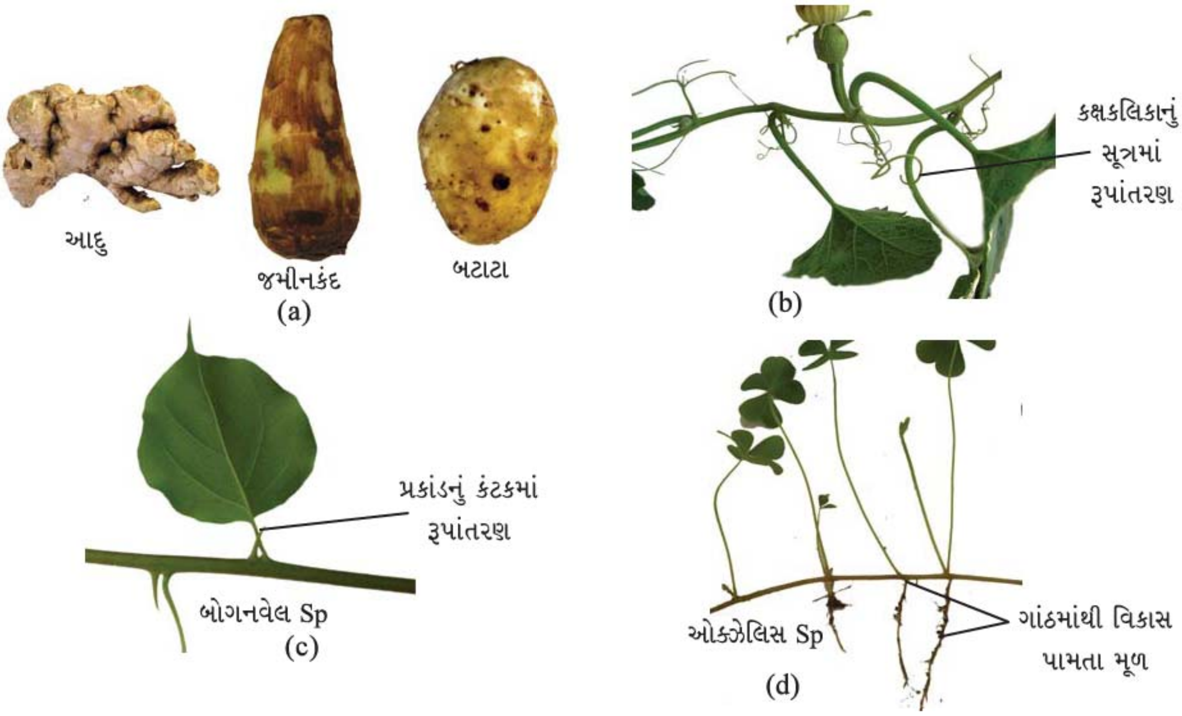
5.2 પ્રકાંડ (The Stem)

એવી કઈ લાક્ષણિકતાઓ છે કે જે પ્રકાંડને મૂળથી જુદુ પાડે છે ? પ્રકાંડ એ શાખાઓ, પર્ણો, પુષ્પ અને ફળ ધારણ કરતો અક્ષનો ઉર્ધ્વગામી (ascending) ભાગ છે. તે અંકુરિત બીજના ભ્રૂણના ભ્રૂણાગ્ર(plumule-પ્રાંકુર)માંથી વિકસે છે. પ્રકાંડ એ **ગાંઠો (nodes)** અને **આંતરગાંઠો (internodes)** ધરાવે છે. પ્રકાંડનો વિસ્તાર કે જ્યાં પર્ણો ઉદ્‌ભવે છે તેને **ગાંઠ** કહે છે જ્યારે બે ગાંઠ વચ્ચે રહેલો વિસ્તાર **આંતરગાંઠ** છે. પ્રકાંડ કલિકાઓ (buds) ધારણ કરે છે કે જે અગ્રીય (terminal) કે કક્ષીય (axillary) હોઈ શકે છે. પ્રકાંડ સામાન્ય રીતે તરુણ હોય ત્યારે લીલું અને પછીથી ઘણીવાર કાષ્ઠીય (woody) અને ઘેરા કથ્થાઈ (dark brown) રંગનું બને છે.

પ્રકાંડનું મુખ્ય કાર્ય પર્ણ, પુષ્પ અને ફળ ધરાવતી શાખાઓનો પ્રસાર (ફેલાવો) કરવાનું છે. તે પાણી, ખનીજ દ્રવ્યો અને પ્રકાશસંશ્લેષણ કરતા પદાર્થોનું વહન કરે છે. કેટલાક પ્રકાંડ ખોરાકનો સંગ્રહ, આધાર, રક્ષણ અને વાનસ્પતિક પ્રસર્જન(vegetative propagation)નાં કાર્યો રજૂ કરે છે.

5.2.1 પ્રકાંડના રૂપાંતરણો (Modification of Stem)

પ્રકાંડ હંમેશાં લાક્ષણિક રીતે અપેક્ષિત હોય તેવા સામાન્ય લાગતા જ કાર્યો કરતા નથી. તેઓ જુદા જુદા કાર્યો માટે પણ રૂપાંતરિત થાય છે (આકૃતિ 5.6). બટાટા (potato), આદુ (ginger), હળદર (turmeric), જમીનકંદ (*zaminkand*), અળવી (*Colocasia*) વગેરેના ભૂગર્ભીય પ્રકાંડ તેમના ખોરાક સંગ્રહ માટે રૂપાંતરિત થયેલા છે. તેઓ વૃદ્ધિ પામવા માટેની પ્રતિકૂળ પરિસ્થિતિમાં ઉછેર પામવા મદદકર્તા અંગ તરીકે પણ ભાગ ભજવે છે. **પ્રકાંડસૂત્રો (tendrils)** કે જે કક્ષકલિકાઓમાંથી વિકાસ પામે છે તેઓ પાતળા તથા કુંતલાકાર રીતે અમળાયેલ હોય છે અને આરોહણમાં મદદ કરે છે. દા. ત., તુંબરો-gourds [કાકડી (cucumber), કોળું (pumpkins), તડબૂચ (watermelon)] અને દ્રાક્ષનો વેલો (grapevines) આવા ઉદાહરણો છે. પ્રકાંડની કક્ષકલિકા ક્યારેક કાષ્ઠીય, સીધી અને તીક્ષ્ણ પ્રકાંડકંટકો(thorns)માં પણ રૂપાંતરિત થઈ શકે છે. આવા **પ્રકાંડકંટકો** લીંબુ (*Citrus*) અને બોગનવેલ (*Bougainvillia*) જેવી ઘણી વનસ્પતિઓમાં જોવા મળે છે. તેઓ ચરતા પ્રાણીઓથી વનસ્પતિઓને રક્ષણ આપે છે. શુષ્ક પ્રદેશની કેટલીક વનસ્પતિઓના પ્રકાંડ ચપટા (ફાફડાથોર-*Opuntia*) કે માંસલ નળાકાર (યુફોરબીયા-*Euphorbia*) રચનાઓમાં રૂપાંતરિત થાય છે. તેઓ હરિતદ્રવ્ય



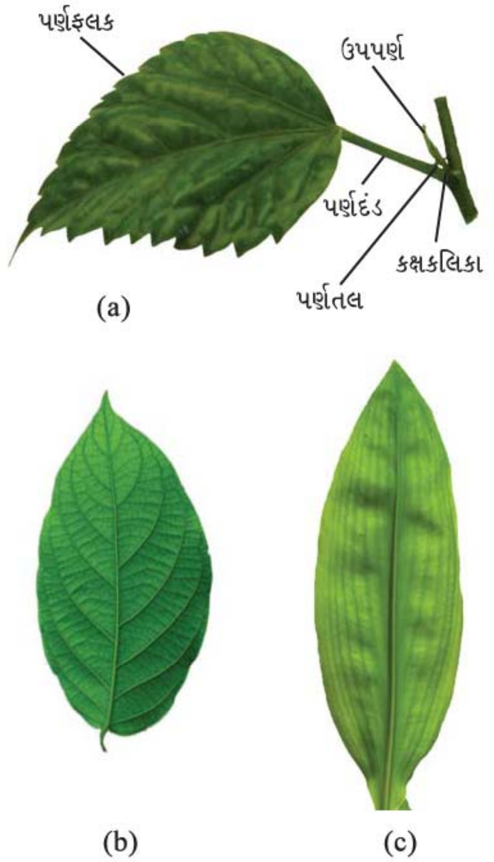
આકૃતિ 5.6 : પ્રકાંડના રૂપાંતરણો : (a) સંગ્રહ (b) આધાર (c) રક્ષણ (d) ફેલાવો અને વાનસ્પતિક પ્રસર્જન

ધરાવે છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણ કરવા સક્ષમ છે. ઘાસ અને સ્ટ્રોબેરી (strawberry) વગેરે જેવી કેટલીક વનસ્પતિઓના ભૂગર્ભીય પ્રકાંડ નવા નિકેતો કે જીવંત ભાગો(niches) તરફ પ્રસરણ પામે છે અને જ્યારે જૂના ભાગો નાશ (મૃત્યુ) પામે ત્યારે નવા ભાગોનું નિર્માણ થાય છે. ફુદીનો (mint) અને જૂઈ (jasmine) જેવી વનસ્પતિઓમાં મુખ્ય ધરી(અક્ષ)ના તલ ભાગમાંથી ઉપર તરફ પાતળી પાર્શ્વીય શાખા વિકસે છે અને હવાઈ રીતે વિકાસ પામ્યા બાદ થોડાક સમય માટે કમાન (arch) આકારે નીચે તરફ વળી જમીનના સંપર્કમાં આવે છે. જળશૃંખલા (*Pistia*) અને જળકુંભી (*Eichhornia*) જેવી જલીય વનસ્પતિઓમાં ટૂંકી આંતરગાંઠો સહિત પાર્શ્વ શાખા તથા ગુલાબવત પર્ણો (rosette leaves) ધરાવતી દરેક ગાંઠ અને મૂળનો ગુચ્છ જોવા મળે છે. કેળા (banana), અનાનસ (pineapple) અને ગુલદાઉદી(*Crysanthemum*)માં મુખ્ય પ્રકાંડના તલપ્રદેશ અને ભૂગર્ભીય ભાગમાંથી પાર્શ્વીય શાખાઓ ઉદ્ભવી, જમીનની નીચે આડી વિકાસ પામી અને ત્યારબાદ ત્રાંસી થઈને ઉપર તરફ બહાર આવી પર્ણપ્રરોહ(leafy shoots-પર્ણપ્રાંકુરો)માં વિકસે છે.

5.3 પર્ણ (The Leaf)

પર્ણ એ પ્રકાંડ પરથી ઉદ્ભવતી પાર્શ્વીય સામાન્ય રીતે ચપટી રચના છે. તે ગાંઠના ભાગે વિકાસ પામે છે અને તેના કક્ષમાં કલિકા ધરાવે છે. **કક્ષકલિકા** ત્યારબાદ શાખામાં પરિણમે છે. પર્ણો પ્રરોહના અગ્રીય વર્ધનશીલ પ્રદેશમાંથી ઉદ્ભવે છે અને અગ્રાભિવર્ધી (acropetal) ક્રમમાં ગોઠવાય છે. તેઓ પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે ખૂબ મહત્ત્વના વાનસ્પતિક અંગો છે.

લાક્ષણિક પર્ણ મુખ્ય ત્રણ ભાગો ધરાવે છે. પર્ણતલ (leaf base), પર્ણદંડ (petiole) અને પર્ણફલક (lamina) (આકૃતિ 5.7 a). પર્ણ એ **પર્ણતલ** દ્વારા પ્રકાંડ સાથે જોડાય છે અને ઘણાખરા બે પાર્શ્વીય નાનાં પર્ણો



આકૃતિ 5.7 : પર્ણની રચના :
(a) પર્ણના ભાગો
(b) જાલાકાર શિરાવિન્યાસ
(c) સમાંતર શિરાવિન્યાસ

આકૃતિ 5.8 : સંયુક્ત પર્ણો :
(a) પક્ષવત્ સંયુક્ત પર્ણ
(b) પંજાકાર સંયુક્ત પર્ણ

જેવી રચનાઓ ધરાવે છે તેમને **ઉપપર્ણો (stipules)** કહે છે. એકદળીમાં પર્ણતલ આવરણમાં વિસ્તરિત થાય છે જે પ્રકાંડને આંશિક રીતે કે સંપૂર્ણ રીતે આવરે છે. કેટલીક શિમ્બી (legumes) વનસ્પતિઓમાં પર્ણતલ ફૂલીને મોટો બને છે કે જેને **પીનાધાર (pulvinus)** કહે છે. **પર્ણદંડ એ પર્ણપત્ર(leaf blade)**ને પ્રકાશ મળી રહે તે રીતે રાખવામાં મદદરૂપ છે. લાંબો, પાતળો, નરમ પર્ણદંડ એ પર્ણપત્રોને પવનમાં ફરકી શકે તે રીતે અનુબદ્ધ રાખે છે જેથી પર્ણ સપાટીને ઠંડક અને તાજી હવા મળી રહે છે. **પર્ણફલક કે પર્ણપત્ર** એ લીલો (green), શિરાઓ (veins) અને શિરિકાઓ (veinlets) સાથેનો પર્ણનો વિસ્તરિત ભાગ છે. પર્ણફલક હંમેશાં મધ્યસ્થ ભાગે મુખ્ય શિરા ધરાવે છે કે જે મધ્યશિરા (midrib) તરીકે ઓળખાય છે. શિરાઓ પર્ણપત્રને દઢતા (rigidity) બક્ષે છે અને પાણી, દ્રવ્યો અને પોષક પદાર્થોના વહનનો માર્ગ (channels of transport) બનાવે છે. આકાર, કિનારી (margin-ધાર), પર્ણાગ્ર (apex-ટોચ), સપાટી અને પર્ણફલકનું વિસ્તરિત છેદન (incision) જુદા જુદા પર્ણોમાં જુદુ જુદુ હોય છે.

5.3.1 શિરાવિન્યાસ (Venation)

પર્ણફલકમાં શિરાઓ અને શિરિકાઓની ગોઠવણીને **શિરાવિન્યાસ (venation)** કહે છે. જ્યારે શિરાઓ જાળી (network) જેવી રચના બનાવે છે તેને **જાલાકાર (reticulate)** શિરાવિન્યાસ કહે છે (આકૃતિ 5.7 b) અને જ્યારે શિરાઓ એકબીજાને સમાંતરે હોય છે તેને **સમાંતર (parallel) શિરાવિન્યાસ** કહે છે (આકૃતિ 5.7 c). દ્વિદળી વનસ્પતિઓનાં પર્ણો સામાન્ય રીતે જાલાકાર શિરાવિન્યાસ ધરાવે છે જ્યારે સમાંતર શિરાવિન્યાસ એ મોટા ભાગની એકદળી વનસ્પતિઓની ખાસિયત (વિશિષ્ટતા) છે.

5.3.2 પર્ણના પ્રકારો (Types of Leaves)

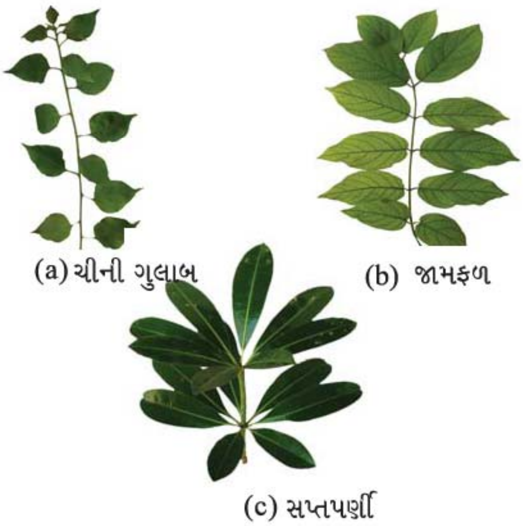
પર્ણફલક સંપૂર્ણ (અખંડિત) હોય ત્યારે અથવા જ્યારે પર્ણફલક છેદિત હોય પરંતુ છેદન મધ્યશિરા સુધી અડકેલું (પહોંચેલું) ન હોય તે પર્ણ **સાદુ પર્ણ** છે તેમ કહેવાય. જ્યારે પર્ણફલકનું છેદન મધ્યશિરા (midrib) સુધી પહોંચે છે ત્યારે તે પર્ણફલકને ઘણી પર્ણિકાઓ(leaflets)માં વિભાજિત કરે છે તેવા પર્ણને **સંયુક્ત પર્ણ (compound leaf)** કહે છે. સાદા અને સંયુક્ત પર્ણ બંનેમાં પર્ણદંડના કક્ષમાં કલિકા હાજર હોય છે, પરંતુ સંયુક્ત પર્ણની પર્ણિકાના કક્ષમાં કલિકા હોતી નથી.

સંયુક્ત પર્ણો બે પ્રકારના હોઈ શકે છે (આકૃતિ 5.8). **પક્ષવત્ (પીંછાકાર) સંયુક્ત પર્ણ(pinnately compound leaf)**માં સામાન્ય **ધરી (અક્ષ)** પર ઘણી સંખ્યામાં પર્ણિકાઓ હાજર હોય છે. પત્રાક્ષ કે જે પર્ણની મધ્યશિરાના અસ્તિત્વને રજૂ કરે છે. દા. ત., લીમડો (neem).

પંજાકાર સંયુક્ત પર્ણ(palmately compound leaf)માં પર્ણિકાઓ એક જ સામાન્ય બિંદુ(પર્ણદંડની ટોચના ભાગે જ)થી જોડાયેલી હોય છે - દા. ત., શીમળો (silk cotton).

5.3.3 પર્ણવિન્યાસ (Phyllotaxy)

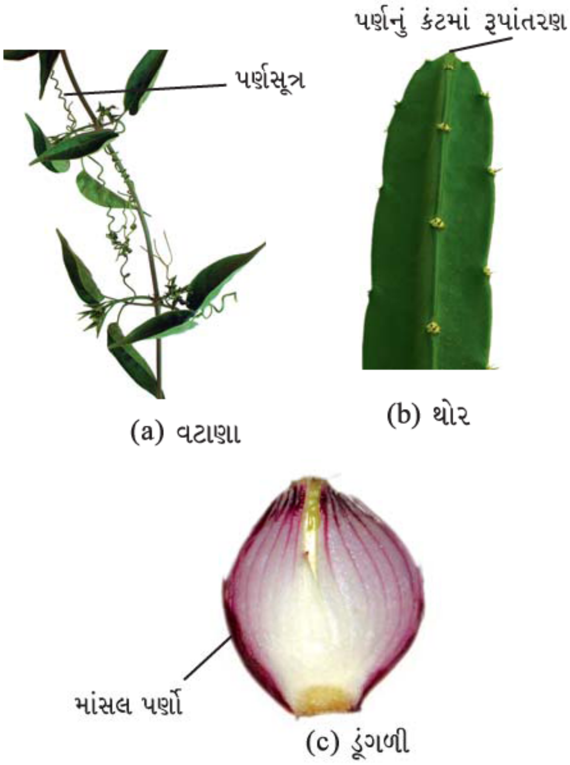
પર્ણવિન્યાસ એ પ્રકાંડ કે શાખા પર પર્ણની ગોઠવણીની ભાત છે તે સામાન્ય રીતે ત્રણ પ્રકારની હોય છે - એકાંતરિત (alternate), સન્મુખ (opposite) અને ભ્રમિરૂપ (ચક્રાકાર-whorled) - (આકૃતિ 5.9). પર્ણવિન્યાસના **એકાંતરિક પ્રકારમાં** દરેક ગાંઠ પરથી એકાંતરિક રીતે એક જ પર્ણ વિકસે છે - દા. ત., જાસૂદ, રાઈ અને સૂર્યમુખી. **સન્મુખ પ્રકારમાં** એકબીજાની સામસામે એક ગાંઠ પરથી પર્ણની જોડ (બે પર્ણો) વિકસે છે - દા. ત., આકડો (*Colotropis*) અને જામફળ (guava). જો એક ગાંઠ પરથી બે કરતાં વધારે પર્ણો ચક્રાકાર રીતે વિકસે તેને **ભ્રમિરૂપ પર્ણવિન્યાસ** કહે છે - દા. ત., સપ્તપર્ણી (*Alstonia*).



આકૃતિ 5.9 : પર્ણવિન્યાસના વિવિધ પ્રકારો :
(a) એકાંતરિક (b) સન્મુખ (c) ભ્રમિરૂપ

5.3.4 પર્ણના રૂપાંતરણો (Modification of Leaves)

પર્ણો ઘણીવાર પ્રકાશસંશ્લેષણ કરવા ઉપરાંત અન્ય કાર્યો રજૂ કરવા માટે રૂપાંતરિત થાય છે. તેઓ આરોહણ માટે **સૂત્રો(tendrils)**માં (વટાણા-pea) કે રક્ષણ માટે **કંટ** (થોર-cacti)માં રૂપાંતરિત થાય છે (આકૃતિ 5.10 a, b). ડુંગળી (onion) અને લસણ(garlic)ના દળદાર (fleshy-માંસલ) પર્ણો ખોરાક સંગ્રહ કરે છે (આકૃતિ 5.10 c). ઑસ્ટ્રેલિયન બાવળ (Australian acacia) જેવી કેટલીક વનસ્પતિઓમાં પર્ણો નાના અને અલ્પજીવી છે. આ વનસ્પતિઓમાં પર્ણદંડ લીલો અને ખોરાક સંશ્લેષણ માટે વિસ્તરિત બને છે. કળશપર્ણ (pitcher plant) અને મક્ષીપાશ (venus-fly trap) જેવી કીટકભક્ષી (insectivorous) વનસ્પતિઓમાં પણ પર્ણો રૂપાંતરિત થયેલા છે.

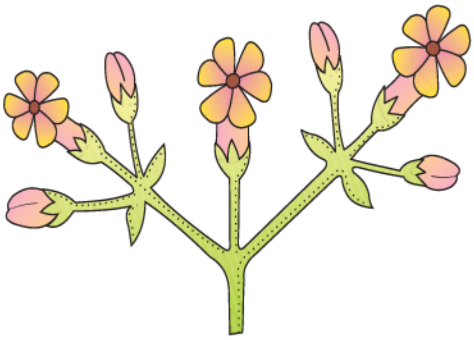


આકૃતિ 5.10 : પર્ણના રૂપાંતરણો :
(a) આધાર : સૂત્રમય
(b) રક્ષણ : કંટ
(c) સંગ્રહ : માંસલ પર્ણો

5.4 પુષ્પવિન્યાસ (The Inflorescence)

પુષ્પ એ રૂપાંતરિત પ્રરોહ છે કે જ્યાં પ્રરોહનો અગ્રીય વર્ધનશીલ પ્રદેશ એ પુષ્પીય વર્ધનશીલ ભાગમાં પરિણમે છે. આંતરગાંઠ વિસ્તરણ (elongation-લંબાતી) પામતી નથી અને અક્ષ સંકુચિત બને છે. સંકુચિત અક્ષની ટોચના ભાગે (અગ્રભાગે) ક્રમિક ગાંઠ પરથી પર્ણોના બદલે પાર્શ્વીય રીતે પુષ્પીય બહિરુદભેદો(appendages-ઉપાંગો)ના વિવિધ ભાગો ઉદ્‌ભવે છે. જ્યારે પ્રરોહાગ્ર (shoot tip) પુષ્પમાં પરિણમે ત્યારે હંમેશાં તે એકાકી હોય છે. પુષ્પીય અક્ષ પર પુષ્પોની ગોઠવણીને **પુષ્પવિન્યાસ** કહે

આકૃતિ 5.11 : અપરિમિત પુષ્પવિન્યાસ



આકૃતિ 5.12 : પરિમિત પુષ્પવિન્યાસ

છે. ટોચનો ભાગ પુષ્પમાં પરિણમે કે સતત વિકાસ પામતો રહે તેના આધારે પુષ્પવિન્યાસ બે મુખ્ય પ્રકારોમાં વ્યાખ્યાયિત થાય છે - **અપરિમિત (racemose)** પુષ્પવિન્યાસ અને **પરિમિત (cymose)** પુષ્પવિન્યાસ. **અપરિમિત** પુષ્પવિન્યાસમાં મુખ્ય અક્ષ (axis-ધરી) સતત વિકાસ પામતો રહે છે અને અનુક્રમિત અગ્રાભિવર્ધી ક્રમમાં પાર્શ્વીય રીતે પુષ્પો ઉદ્ભવે છે (આકૃતિ 5.11).

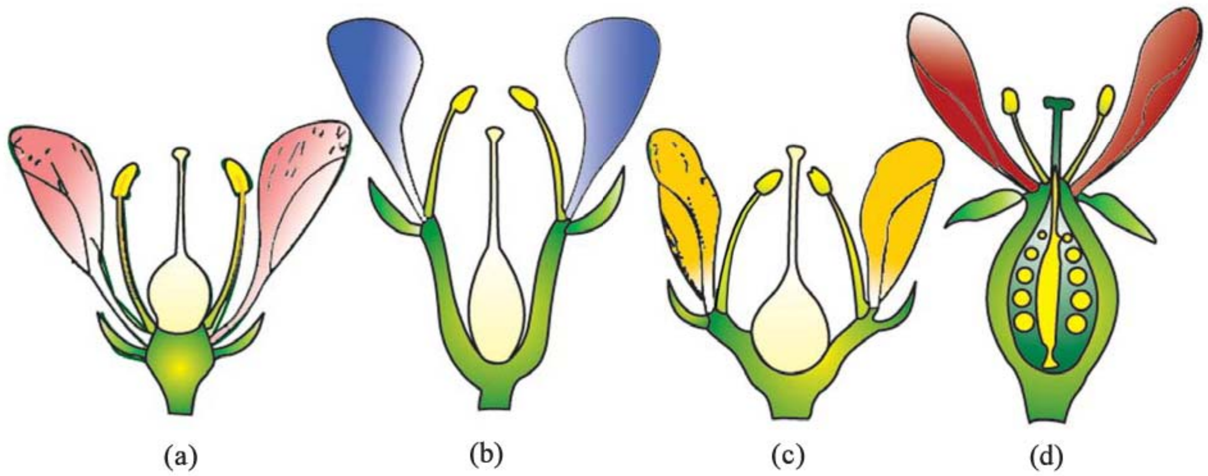
પરિમિત પ્રકારના પુષ્પવિન્યાસમાં મુખ્ય અક્ષ પુષ્પમાં રૂપાંતર થાય છે આથી તે વૃદ્ધિમાં મર્યાદિત છે. પુષ્પો તલાભિસારી (basipetal) ક્રમમાં ઉદ્ભવે છે (આકૃતિ 5.12).

5.5 પુષ્પ (The Flower)

આવૃત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં પુષ્પ એ પ્રાજનનિક એકમ છે. તે લિંગી પ્રજનન માટે જરૂરી (meant) છે. લાક્ષણિક પુષ્પ (typical flower) એ ધરી (stalk) કે પુષ્પદંડ(pedicel)ના ફૂલેલા છેડા પર ક્રમિક રીતે ગોઠવાયેલા ચાર જુદા જુદા પ્રકારના ચક્રો ધરાવે છે જેને **પુષ્પાસન (thalamus)** કહે છે. આ ચક્રો વજચક્ર (calyx), દલચક્ર (corolla), પુંકેસરચક્ર (androecium) અને સ્ત્રીકેસરચક્ર (gynoecium) છે. વજચક્ર અને દલચક્ર સહાયક અંગો છે જ્યારે પુંકેસરચક્ર અને સ્ત્રીકેસરચક્ર એ પ્રજનન અંગો છે. લીલી જેવી કેટલીક વનસ્પતિઓમાં વજચક્ર અને દલચક્ર જુદા જુદા નથી તેને પરિપુષ્પચક્ર (perianth) કહે છે. જ્યારે પુષ્પ પુંકેસરચક્ર અને સ્ત્રીકેસરચક્ર એમ બંને ધરાવે તે **દ્વિલિંગી (bisexual)** છે. પુષ્પ ફક્ત પુંકેસરો અથવા ફક્ત સ્ત્રીકેસરો (બંનેમાંથી એક) ધરાવે તો તે **એકલિંગી (unisexual)** છે.

સમમિતિમાં, પુષ્પ **નિયમિત (અરીય/ત્રિજ્યામય સમમિતિ/radial symmetry)** કે **અનિયમિત (દ્વિપાર્શ્વસમમિતિ/bilateral symmetry)** હોઈ શકે છે. જ્યારે પુષ્પ કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી કોઈ પણ ત્રિજ્યામાં, બે સરખા અરીય ભાગોમાં વિભાજીત થઈ શકે તેને **નિયમિત પુષ્પ (actinomorphic)** કહેવાય છે. દા. ત., રાઈ, ધતૂરો, મરચાં. જ્યારે પુષ્પ માત્ર કોઈ એક જ ચોક્કસ લંબ ધરીએથી બે સરખા ભાગોમાં વિભાજીત થઈ શકે તેને **અનિયમિત પુષ્પ (zygomorphic)** કહેવાય છે. દા. ત., વટાણા, ગુલમહોર, વાલ, કેસિયા (ગલતોરા). જ્યારે પુષ્પ કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી કે કોઈ પણ લંબ ધરીએથી બે સરખા ભાગોમાં વિભાજીત થઈ શકે નહીં તેને **અસમમિતિય (asymmetric)** કહે છે - દા. ત., કેના.

પુષ્પ **ત્રિઅવયવી (trimerous)**, **ચતુઃઅવયવી (tetramerous)** કે **પંચાવયવી (pentamerous)** હોઈ શકે છે જ્યારે પુષ્પીય બહિરુદભેદો (ઉપાંગો) અનુક્રમે 3, 4 કે 5ના ગુણાંકમાં હોય. પુષ્પની સાથે પુષ્પીયદંડના તલ ભાગે સંકુચિત (અવનત) થયેલ પર્ણ જોવા મળે તેને **નિપત્રીપુષ્પ (bracteates)** અને નિપત્રો વગરના પુષ્પને



આકૃતિ 5.13 : પુષ્પાસન પર પુષ્પીય ભાગોનું સ્થાન : (a) અધોજાયી (b) અને (c) પરિજાયી (d) ઉપરિજાયી

અનિપત્રીપુષ્પ (abracteate) કહે છે.

પુષ્પાસન પર બીજાશયની સાપેક્ષે વજચક્ર, દલચક્ર અને પુંકેસરચક્રના સ્થાનને આધારે પુષ્પનું અધોજાયી (hypogynous), પરિજાયી (perigynous) અને ઉપરીજાયી (epigynous) તરીકે વર્ણન કરવામાં આવે છે (આકૃતિ 5.13). **અધોજાયી પુષ્પ**માં સ્ત્રીકેસર ઉચ્ચ સ્થાને સ્થાન પામેલું છે જ્યારે બીજા ભાગો તેની નીચે રહેલા છે. આવા પુષ્પમાં બીજાશય **ઉચ્ચસ્થ (superior)** કહેવાય છે. દા. ત., રાઈ (mustard), જાસૂદ (China rose) અને રીંગણ (brinjal). જો સ્ત્રીકેસર મધ્યમાન સ્થાને અને પુષ્પના બીજા ભાગો પણ પુષ્પાસન પર એ જ સ્તરે (ઊંચાઈએ) સ્થાન પામેલા હોય તો તેને **પરિજાયી** કહે છે. આવા પુષ્પમાં બીજાશય **અર્ધઅધઃસ્થ (half-inferior)** કહેવાય છે - દા. ત., જરદાળુ (plum), ગુલાબ (rose), આલુ વૃક્ષ (peach). **ઉપરીજાયી પુષ્પમાં**, પુષ્પાસન ઉપર તરફ વિકાસ પામેલું, સંપૂર્ણ રીતે બીજાશયને ઘેરતું અને તેની સાથે જોડાયેલું છે, અન્ય ભાગો બીજાશયની ઉપરના ભાગે વિકાસ પામેલા હોય છે. આથી, આવા પુષ્પમાં બીજાશય **અધઃસ્થ (inferior)** કહેવાય છે. દા. ત., જામફળ (guava) અને કાકડી(cucumber)ના પુષ્પો તથા સૂર્યમુખીના કિરણ પુષ્પકો (florets of sunflower).

5.5.1 પુષ્પના ભાગો (Parts of a Flower)

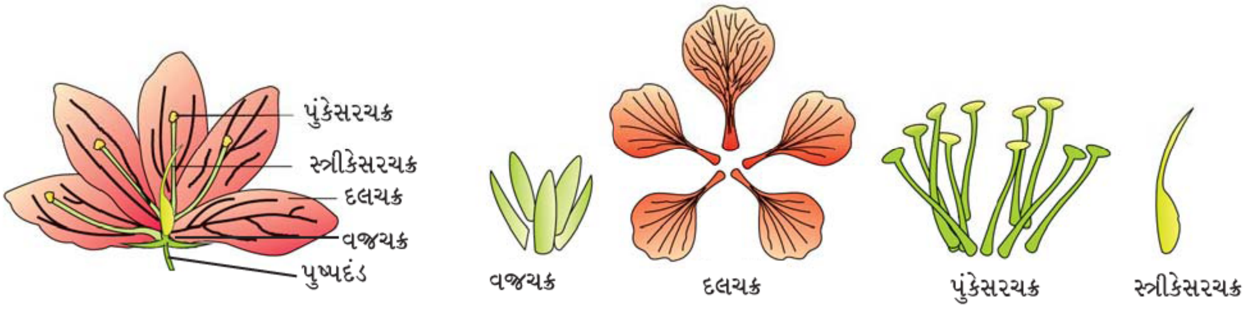
દરેક પુષ્પ સામાન્ય રીતે ચાર પુષ્પીય ચક્રો ધરાવે છે, વજચક્ર, દલચક્ર, પુંકેસરચક્ર અને સ્ત્રીકેસરચક્ર (આકૃતિ 5.14).

5.5.1.1 વજચક્ર (Calyx)

વજચક્ર એ પુષ્પનું સૌથી બહારનું ચક્ર છે અને તેના સભ્યો(એકમો)ને વજપત્રો કહે છે. સામાન્ય રીતે, વજપત્રો લીલા રંગના, પર્ણ જેવા અને કલિકા અવસ્થામાં પુષ્પનું રક્ષણ કરે છે. વજચક્ર એ **યુક્તવજપત્રી (sepals united-gamosepalous)** કે **મુક્તવજપત્રી (sepals free-polysepalous)** હોઈ શકે છે (આકૃતિ 5.14).

5.5.1.2 દલચક્ર (Corolla)

દલચક્ર એ દલપત્રોના એકમો ભેગા થઈને બનેલું છે. દલપત્રો સામાન્યતઃ પરાગનયન માટે કીટકોને આકર્ષવા તેજસ્વી કે આકર્ષક રંગના હોય છે. વજચક્રની જેમ દલચક્ર પણ **યુક્તદલપત્રી (petals united-**

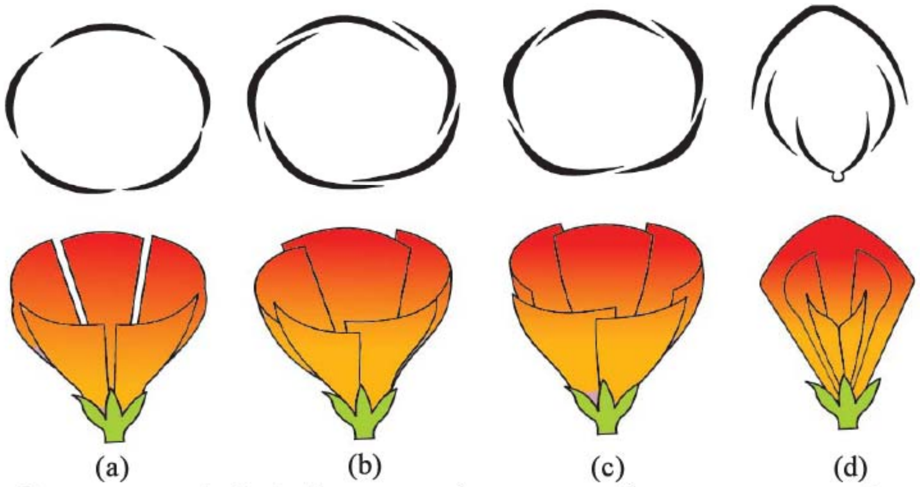


આકૃતિ 5.14 : પુષ્પના ભાગો

gamopetalous) કે **મુક્તદલપત્રી (petals free-polypetalous)** હોઈ શકે છે.

વનસ્પતિઓમાં દલચક્રના આકાર અને રંગની ખૂબ જ વિવિધતા છે. દલચક્ર એ નલિકાકાર (tubular), ઘંટાકાર (bell-shaped), ગળણી-આકાર (funnel-shaped) કે ચક્રાકાર (wheel-shaped) હોઈ શકે છે.

કલિકાંતરવિન્યાસ (Aestivation) : પુષ્પીય ચક્રમાં પુષ્પની કલિકા અવસ્થામાં અન્ય એકમોની સાપેક્ષે વજ્રપત્રો કે દલપત્રોની ગોઠવણીના પ્રકારને કલિકાંતરવિન્યાસ કહે છે. કલિકાંતરવિન્યાસના પ્રકારોમાં **ધારાસ્પર્શી (valvate), વ્યાવૃત (twisted), આચ્છાદિત (imbricate)** અને **પતંગીયાકાર/પિચ્છફલકીય (vexillary)** છે (આકૃતિ 5.15). જ્યારે પુષ્પીય ચક્રમાં વજ્રપત્રો દલપત્રો અચ્છાદિત થયા વગર એકબીજાની ધારે સ્પર્શતા (અડકેલા) હોય તેને **ધારાસ્પર્શી** કહેવાય છે - દા. ત., આકડો. જો બહિરુદભેદો(વજ્રપત્રો કે દલપત્રો)ના એકમોની એક જ ધાર જે બીજા દ્વારા આચ્છાદિત થતી હોય તેને વ્યાવૃત્ત કહે છે - દા. ત., જાસૂદ, ભીંડા (lady's finger) અને કપાસ (cotton). જો વજ્રપત્રો કે દલપત્રોની બંને ધારો એકબીજાથી **આચ્છાદિત** હોય પરંતુ કોઈ ચોક્કસ દિશાએથી નહીં. આવા કલિકાંતરવિન્યાસને આચ્છાદિત કહે છે - દા. ત., કેસિયા-Cassia (ગલતોરા) અને ગુલમહોર (gulmohur). વટાણા(pea) તથા વાલ(bean)ના પુષ્પોમાં, પાંચ દલપત્રો પૈકી એક સૌથી મોટું ધ્વજક (standard), જે બે પાર્શ્વીય દલપત્રો પક્ષકો (wings)ને આચ્છાદિત કરે છે; કે જેઓ (પક્ષકો) ફરીથી અંદરના બે સૌથી નાના દલપત્રો નૌતલ (keel)ને આચ્છાદિત કરે છે; આ પ્રકારનો કલિકાંતરવિન્યાસ



આકૃતિ 5.15 : દલચક્રમાં કલિકાંતરવિન્યાસના પ્રકારો : (a) ધારાસ્પર્શી (b) વ્યાવૃત્ત (c) આચ્છાદિત (d) પતંગીયાકાર (પિચ્છફલકીય)

પિચ્છફલકીય (vexillary) કે **પતંગીયાકાર (papilionaceous)** તરીકે ઓળખાય છે.

5.5.1.3 પુંકેસરચક્ર (Androecium)

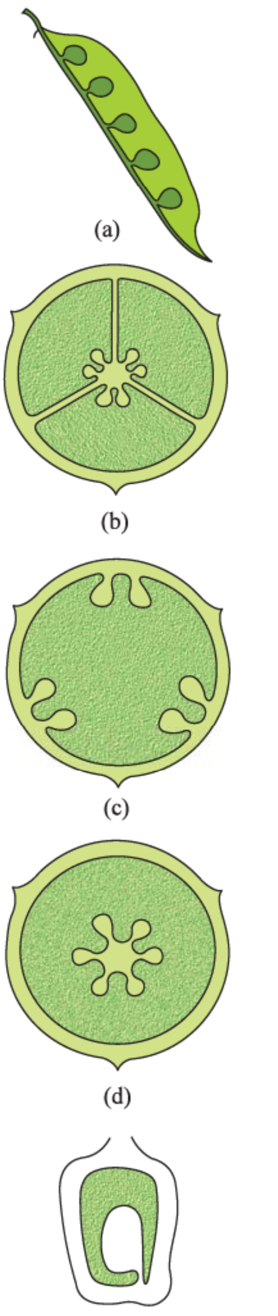
પુંકેસરચક્ર એ પુંકેસરો(stamens)ના એકમો ભેગા થઈને બનેલું છે. દરેક પુંકેસર કે જે નર પ્રજનન અંગ તરીકે રજૂ થાય છે જે વૃંત કે તંતુ અને પરાગાશય (anther) ધરાવે છે. દરેક પરાગાશય સામાન્યતઃ દ્વિખંડીય છે અને દરેક ખંડ બે કોટર કે પરાગ કોથળી (pollen sac) ધરાવે છે. પરાગરજ પરાગ કોથળીમાં ઉદ્‌ભવે છે. વંધ્ય હોય તેવા પુંકેસરને **વંધ્યપુંકેસર (staminode)** કહે છે.

પુષ્પના પુંકેસરો દલપત્રો જેવા બીજા સભ્યોની સાથે કે એકબીજાથી પરસ્પર જોડાયેલા હોઈ શકે છે. જ્યારે પુંકેસર દલપત્ર સાથે જોડાયેલ હોય ત્યારે તેને **દલલગ્ન (Epipetalous)** કહે છે - દા.ત., રીંગણ. જ્યારે પુંકેસર પરિપુષ્પપત્ર સાથે જોડાયેલ હોય તો તેમને **પરિલગ્ન - પુંકેસર (Epiphyllous)** કહે છે - દા.ત., લીલી. પુષ્પમાં પુંકેસરો એકબીજાથી છુટા - મુક્તપુંકેસરી (polyandrous) હોઈ શકે છે કે વિવિધ અંશે જોડાયેલા-યુક્તપુંકેસરી હોઈ શકે છે. પુંકેસરો એક જ ગુચ્છ કે જથ્થામાં ભેગા થયેલા હોય તેને **એકગુચ્છી (monoadelphous)** - દા. ત., જાસૂદ, અથવા બે ગુચ્છમાં હોય તો **દ્વિગુચ્છી (didelphous)** - દા. ત., વટાણા, કે બે કરતાં વધારે ગુચ્છમાં ન હોય તો **બહુગુચ્છી (polydelphous)** - દા. ત., લીંબુમાં હોઈ શકે છે. પુષ્પની તેમના તંતુની લંબાઈમાં વિવિધતા હોઈ શકે છે - દા. ત., સાલ્વિયા (*Salvia*) અને રાઈમાં.

5.5.1.4 સ્ત્રીકેસરચક્ર (Gynoecium)

સ્ત્રીકેસર ચક્ર એ પુષ્પનો માદા પ્રજનન તંત્રનો ભાગ છે અને એક કે વધુ સ્ત્રીકેસરોનો બનેલો છે. સ્ત્રીકેસર ત્રણ ભાગો ધરાવે છે જે પરાગાસન (stigma), પરાગવાહિની (style) અને **બીજાશય (ovary)** છે. **બીજાશય તલ** ભાગે વિસ્તૃત છે જેની ઉપર નલિકા જેવો ભાગ લંબાયેલો છે તે **પરાગવાહિની** છે. આ પરાગવાહિની બીજાશયને પરાગાસન સાથે જોડે છે. **પરાગાસન** સામાન્યતઃ પરાગવાહિનીની ટોચ પર હોય છે અને તે પરાગરજ માટેની ગ્રાહી સપાટી છે. દરેક બીજાશય એક કે વધારે અંડકો ધારણ કરે છે જે સપાટ, ગાદી જેવા **જરાયુથી** જોડાયેલા છે. જ્યારે એક કરતાં વધુ સ્ત્રીકેસરો હાજર હોય અને તેઓ મુક્ત હોઈ શકે છે. તેને **મુક્તસ્ત્રીકેસરી (apocarpus)** કહે છે. (કમળ અને ગુલાબ) જ્યારે તેઓ જોડાયેલા હોય તેને **યુક્તસ્ત્રીકેસરી (syncarpus)** કહે છે. (રાઈ અને ટામેટા) ફલન બાદ, અંડકો બીજમાં વિકસે છે અને બીજાશય પરિપક્વ થઈ ફળમાં પરિણમે છે.

જરાયુવિન્યાસ (Placentation) : બીજાશયની અંદર અંડકોની ગોઠવણી જરાયુવિન્યાસ તરીકે ઓળખાય છે. જરાયુવિન્યાસ જુદા જુદા પ્રકારના છે જે ધારાવર્તી (marginal), અક્ષવર્તી (axile), ચર્મવર્તી (parietal), તલસ્થ (basal), કેન્દ્રસ્થ અને મુક્ત કેન્દ્રસ્થ (central or free central)થી નામાંકિત છે (આકૃતિ 5.16). **ધારાવર્તી** જરાયુવિન્યાસમાં બીજાશયની વક્ષ સેવની (suture) એ જરાયુ નિર્માણ પામે છે અને આ ધાર પર બે હરોળમાં અંડકો ઉદ્‌ભવે છે - દા. ત., વટાણા. જ્યારે જરાયુ **અક્ષીય** હોય અને અંડકો જરાયુ સાથે બહુકોટરીય બીજાશયમાં જોડાયેલા હોય તે જરાયુવિન્યાસને અક્ષવર્તી કહે છે - દા. ત., જાસૂદ, ટામેટા અને લીંબુ. **ચર્મવર્તી** જરાયુવિન્યાસમાં,



આકૃતિ 5.16 : જરાયુવિન્યાસના પ્રકારો :
(a) ધારાવર્તી
(b) અક્ષવર્તી
(c) ચર્મવર્તી
(d) મુક્તકેન્દ્રસ્થ
(e) તલસ્થ

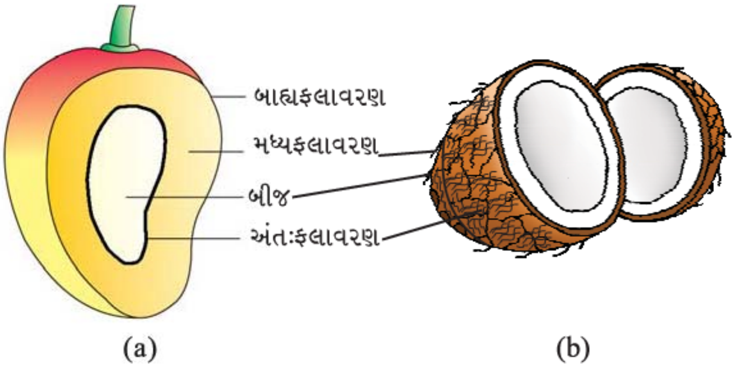
અંડકો બીજાશયની અંદરની દીવાલ પરથી કે તેના પરિઘવર્તી ભાગ પરથી વિકાસ પામે છે. બીજાશય એકકોટરીય છે, પરંતુ કૂટપટ (False septum)ના નિર્માણને કારણે દ્વિકોટરીય બને છે - દા. ત., રાઈ અને દારૂડી (*Argemone*). જ્યારે અંડકો કેન્દ્રસ્થ ધરી (અક્ષ) પર ઉદ્‌ભવે અને પડદા ગેરહાજર હોય તેવા જરાયુવિન્યાસને **મુક્ત કેન્દ્રસ્થ** કહે છે - દા. ત., ડાયેંથસ (*Dianthus*) અને પ્રિમરોઝ (*Primrose*). **તલસ્થ** જરાયુવિન્યાસમાં, બીજાશયના તલ ભાગેથી જરાયુ વિકાસ પામે છે અને એક જ અંડક તેની સાથે જોડાયેલ હોય છે - દા. ત., સૂર્યમુખી અને ગલગોટા (marigold).

5.6 ફળ (The Fruit)

ફળ એ સપુષ્પી વનસ્પતિઓની દેખીતી લાક્ષણિકતા છે. તે ફલન બાદ વિકાસ પામેલું પરિપક્વ (પુખ્ત) કે પાકેલું બીજાશય છે. જો બીજાશયના ફલન વગર ફળનું નિર્માણ થાય તો તે **અપરાગિત (અફલિત) ફળ (parthenocarpic)** કહે છે.

સામાન્ય રીતે, ફળ એ **ફલાવરણ (pericarp)** અને બીજ ધરાવે છે. ફલાવરણ શુષ્ક કે માંસલ હોય છે. જ્યારે ફલાવરણ જાડું અને માંસલ હોય ત્યારે તે બહારનું **બાહ્યફલાવરણ (epicarp)**, મધ્યમાં **મધ્યફલાવરણ (mesocarp)** અને અંદર **અંતઃફલાવરણ(endocarp)**માં વિભેદન પામે છે.

કેરી અને નાળિયેરમાં, ફળ અષ્ઠિલા (drupe) તરીકે ઓળખાય છે (આકૃતિ 5.17). તેઓ એકસ્ત્રીકેસરી



આકૃતિ 5.17 : ફળના ભાગો : (a) કેરી (b) નાળિયેર

ઉચ્ચસ્થ બીજાશયોમાંથી વિકાસ પામે છે અને એક બીજ ધરાવે છે. કેરીમાં ફલાવરણ એ બહાર પાતળા બાહ્યફલાવરણ, મધ્યમાં માંસલ ખાવાલાયક મધ્યફલાવરણ અને અંદર કઠણ અંતઃફલાવરણમાં સારી રીતે વિભાજિત છે. નાળિયેરમાં કે જે પણ અષ્ઠિલ છે તેમાં મધ્યફલાવરણ રેસામય (તંતુમય) છે.

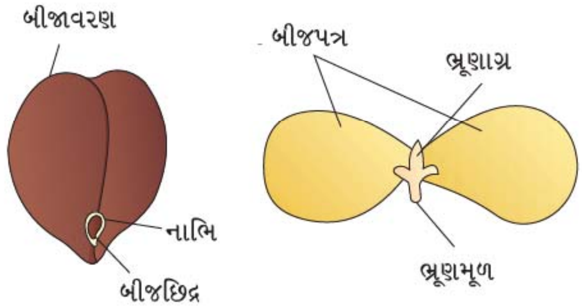
5.7 બીજ (The Seed)

ફલન બાદ અંડકો, બીજમાં વિકાસ પામે છે. બીજ એ બીજાવરણ (seed coat) અને ભ્રૂણ(embryo)નું બનેલું છે. ભ્રૂણ એ ભ્રૂણમૂળ, ભ્રૂણ ધરી અને એક બીજપત્ર (ઘઉં-wheat અને મકાઈ-maize) કે બે બીજપત્રો (ચણા-gram અને વટાણા-pea) નો બનેલો છે.

5.7.1 દ્વિદળીઓના બીજની રચના (Structure of a Dicotyledonous seed)

બીજનું સૌથી બહારનું, બીજને ઢાંકતું આવરણ એ બીજાવરણ છે. બીજાવરણ બે સ્તરો ધરાવે છે, બહારનું

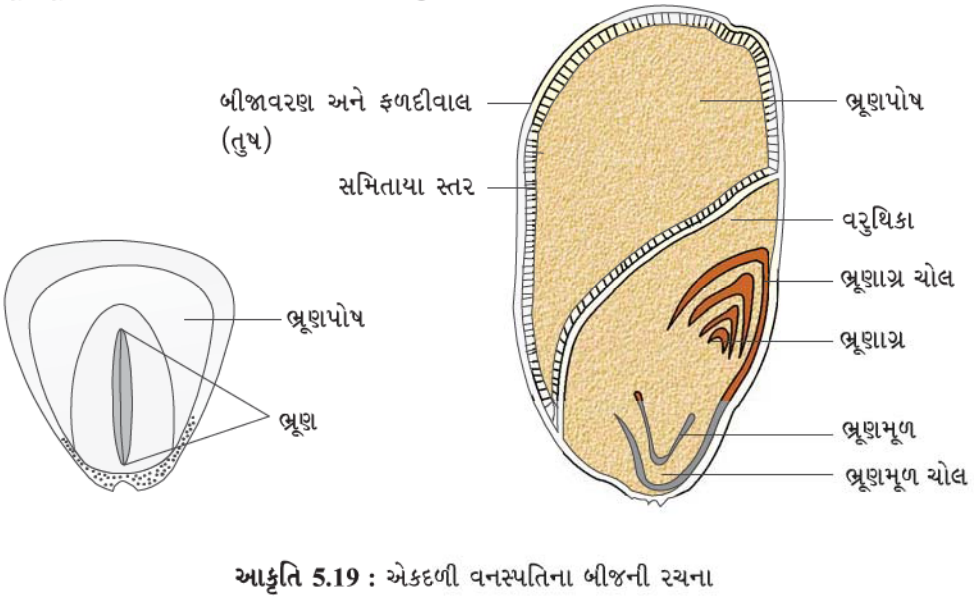
બાહ્યબીજાવરણ (testa) અને અંદરનું **અંતઃબીજાવરણ (tegmen). નાભિ** કે **બીજકેન્દ્ર (hilum)** એ બીજાવરણ પર ચાઠા (scar) જેવી રચના છે કે જે વિકાસ પામતા બીજનું ફળ સાથેનું જોડાણ દર્શાવે છે. નાભિની ઉપર નાના છિદ્ર જેવી રચનાને **બીજછિદ્ર (micropyle)** કહે છે. બીજાવરણની અંદર ભ્રૂણ હોય છે જે ભ્રૂણીય ધરી અને બે બીજપત્રો ધરાવે છે. બીજપત્રો ઘણીવાર માંસલ અને સંચિત ખોરાક દ્રવ્યોથી ભરેલા હોય છે. ભ્રૂણધરીના એક છેડે ભ્રૂણમૂળ (આદિમૂળ) અને બીજે છેડે ભ્રૂણાગ્ર (પ્રાંકુર) હોય છે (આકૃતિ 5.18). એરંડી જેવા કેટલાક બીજમાં બેવડા ફલનને પરિણામે **ભ્રૂણપોષ (endosperm)**નું નિર્માણ થાય છે જે ખોરાક સંગ્રાહક પેશી છે. વાલ, ચણા અને વટાણા જેવી વનસ્પતિઓમાં પરિપક્વ બીજમાં ભ્રૂણપોષ ગેરહાજર હોય છે આવા બીજને અભ્રૂણપોષી (non-endospermic) કહે છે.



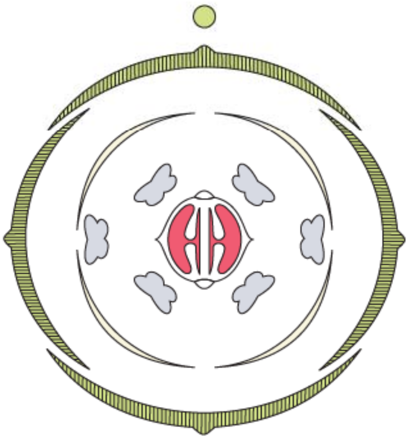
આકૃતિ 5.18 : દ્વિદળી વનસ્પતિના બીજની રચના

5.7.2 એકદળીઓના બીજની રચના (Structure of a Monocotyledonous seed)

સામાન્ય રીતે, એકદળીઓનાં બીજ ભ્રૂણપોષી છે પરંતુ ઓર્કિડ જેવા કેટલાકમાં અભ્રૂણપોષી છે. મકાઈ જેવી ધાન્ય વનસ્પતિઓના બીજમાં બીજાવરણ એ પાતળા (ત્વચીય) છે અને સામાન્યતઃ ફળની દીવાલ સાથે જોડાયેલા હોય છે. ભ્રૂણપોષ જથ્થામય છે અને ખોરાક સંગ્રહ કરે છે. ભ્રૂણપોષને બહારથી આવૃત્ત કરતુ, તેનાથી ભ્રૂણને અલગ કરતું એક પ્રોટીનનું સ્તર આવેલું છે તેને **સમિતાયા સ્તર (aleurone layer)** કહે છે. ભ્રૂણ નાનો અને ભ્રૂણપોષના એક છેડા પર સ્થિત છે. તે એક મોટું અને ઢાલ આકારનું બીજપત્ર ધરાવે છે જે **વરુથિકા (scutellum)** તરીકે ઓળખાય છે અને ટૂંકી ધરી સાથે ભ્રૂણાગ્ર તથા ભ્રૂણમૂળ ધરાવે છે. **ભ્રૂણાગ્ર (plumule)** અને **ભ્રૂણમૂળ (radicle)** આવરણોથી ઢંકાયેલા છે જેમને અનુક્રમે **ભ્રૂણાગ્રચોલ (coleoptile)** અને **ભ્રૂણમૂળચોલ (coleorhiza)** કહે છે (આકૃતિ 5.19).



આકૃતિ 5.19 : એકદળી વનસ્પતિના બીજની રચના



$\oplus$ ⚥ $K_{2+2}\,C_4\,A_{2+4}\,\underline{G}_{(2)}$

આકૃતિ 5.20 : પુષ્પસૂત્ર સાથે પુષ્પાકૃતિ

5.8 લાક્ષણિક સપુષ્પી વનસ્પતિનું અર્ધ-પ્રવિધીય વર્ણન (Semi-Technical Description of a Typical Flowering Plant)

સપુષ્પી વનસ્પતિનું વર્ણન કરવામાં વિવિધ બાહ્યાકાર લક્ષણોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વર્ણન સંક્ષિપ્તમાં, સરળ અને વૈજ્ઞાનિક ભાષામાં તથા ચોક્કસ ક્રમમાં પ્રસ્તુત થવુ જોઈએ. વનસ્પતિના શરૂઆતના વર્ણનમાં તેમની પ્રકૃતિ તથા મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણ જેવા વાનસ્પતિક લક્ષણો અને ત્યારબાદ પુષ્પીય લક્ષણો, પુષ્પવિન્યાસ તથા પુષ્પીય ભાગોનું વર્ણન કરાય છે. વનસ્પતિના વિવિધ ભાગોનું વર્ણન કર્યા પછી, પુષ્પચિત્ર (floral diagram-પુષ્પાકૃતિ) અને પુષ્પસૂત્ર (floral formula) પ્રસ્તુત કરવામાં આવે છે. પુષ્પાકૃતિ કેટલીક સંજ્ઞાઓ (ચિહ્નો) દ્વારા પ્રસ્તુત કરાય છે. પુષ્પસૂત્રમાં નિપત્ર માટે **Br**, વજ્રચક્ર માટે **K**, દલચક્ર માટે **C**, પરિપુષ્પચક્ર માટે **P**, પુંકેસરચક્ર માટે **A**, સ્ત્રીકેસરચક્ર માટે **G**, ઉચ્ચસ્થ બીજાશય માટે $\underline{G}$, અધઃસ્થ બીજાશય માટે $\overline{G}$, નર માટે ♂, માદા માટે ♀, ઉભયલિંગી માટે ⚥, નિયમિત માટે $\oplus$, અનિયમિત માટે **%** જેવી પુષ્પની પ્રકૃતિ માટે સંજ્ઞાઓ વપરાય છે. કૌંસની અંદર રહેલી સંખ્યા જોડાણ સૂચવે છે જ્યારે પુષ્પના ભાગોની સંજ્ઞા ઉપર લીટી દોરીને અભિલગ્નતા (adhesion) સૂચવાય છે. પુષ્પાકૃતિ એ પુષ્પના ભાગોની સંખ્યા, તેમની ગોઠવણી અને તેઓના એકબીજા સાથેના સંબંધ વિશેની માહિતી પૂરી પાડે છે (આકૃતિ 5.20). પુષ્પની સાપેક્ષે માતૃઅક્ષની સ્થિતિ પુષ્પાકૃતિની ઉપર (ટોચે) ટપકાં (dote) દ્વારા રજૂ થાય છે. વજ્રચક્ર, દલચક્ર, પુંકેસરચક્ર અને સ્ત્રીકેસરચક્ર ક્રમિક ચક્રોમાં દોરાય છે કે જ્યાં વજ્રચક્ર એ સૌથી બહારનું અને સ્ત્રીકેસરચક્ર સૌથી અંદર (કેન્દ્રમાં) તરફ હોય છે. પુષ્પસૂત્ર એ વિવિધ ચક્રોના ભાગોની અંદર સંલગ્નતા (cohesion) અને અભિલગ્નતા (adhesion) પણ દર્શાવે છે. (આકૃતિ 5.20)માં રાઈ વનસ્પતિ(કુળ : બ્રાસીકેસી)ની પુષ્પાકૃતિ અને પુષ્પસૂત્ર પ્રસ્તુત કરેલ છે.

5.9 કેટલાક અગત્યના કુળોનું વર્ણન (Description of Some Important Families)

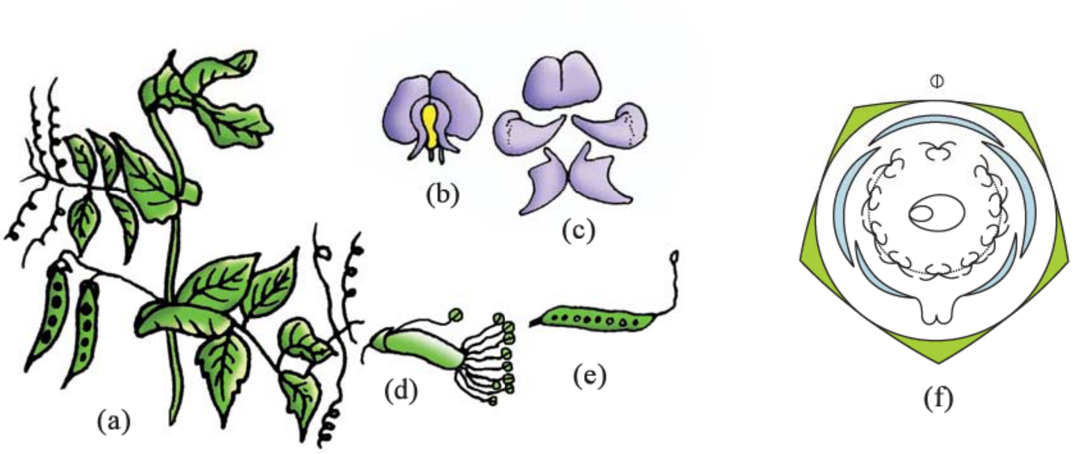
5.9.1 ફેબેસી (Fabaceae)

આ કુળ પહેલાં પેપીલીઓનોઇડી કહેવાતું અને લેગ્યુમિનોઝી કુળનું ઉપકુળ હતું. તે વિશ્વમાં બધે વિતરિત છે (આકૃતિ 5.21).

વાનસ્પતિક લક્ષણો : વૃક્ષ, ક્ષુપ, છોડ; મૂળગંડિકાઓ (root nodules) સાથેના મૂળ

પ્રકાંડ : ટટ્ટાર/સીધી (erect) કે વેલાસ્વરૂપી (climbing-આરોહીત)

પર્ણો : એકાંતરિક, પક્ષવત (પીંછાંકાર) સંયુક્ત કે સાદા; પર્ણતલ, પર્ણવૃંતતલીય (pulvinate); ઉપપર્ણીય; જાલાકાર શિરાવિન્યાસ.



આકૃતિ 5.21 : પીસમ સટાઇવમ (વટાણા) છોડ : (a) પુષ્પીય શાખા (b) પુષ્પ (c) દલપત્રો (d) પ્રજનનિક ભાગો (e) L. S. સ્ત્રીકેસર (f) પુષ્પાકૃતિ

પુષ્પીય લક્ષણો :

પુષ્પવિન્યાસ : અપરિમિત

પુષ્પ : દ્વિલિંગી, અનિયમિત

વજ્રચક્ર : વજ્રપત્રો પાંચ, યુક્તવજ્રપત્રી (જોડાયેલા); આચ્છાદિત કલિકાંતરવિન્યાસ

દલચક્ર : દલપત્રો પાંચ, મુક્તદલપત્રી (મુક્ત), પતંગીયાકાર, પશ્ચ ભાગે ધ્વજક, બે પાર્શ્વીય પક્ષકો, બે અગ્રભાગે જોડાઈને એક નૌતલ બનાવે (પુંકેસર અને સ્ત્રીકેસરને ઢાંકતા), પિચ્છફલકીય (પતંગિયાકાર) કલિકાંતરવિન્યાસ.

પુંકેસરચક્ર : 10ની સંખ્યામાં, દ્વિગુચ્છી, પરાગાશય દ્વિશાખી

સ્ત્રીકેસરચક્ર : બીજાશય ઉચ્ચસ્થ, એકસ્ત્રીકેસરીય, એકકોટરીય - કોટરમાં ઘણા અંડકો ધરાવતા, પરાગવાહિની એકલ

ફળ : શિમ્બી; **બીજ :** એક કે ઘણા, અભ્રૂણપોષી

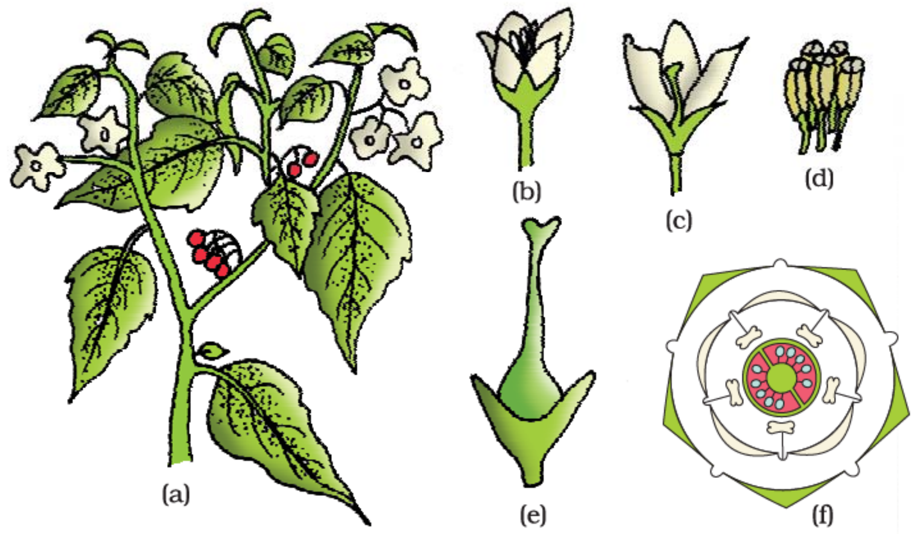
પુષ્પસૂત્ર : $\% \; ⚥ \; K_{(5)} \; C_{1+2+(2)} \; A_{(9)+1} \; \underline{G}_1$

આર્થિક અગત્યતા : આ કુળમાં સમાવેશિત ઘણી વનસ્પતિઓ કઠોળના સ્રોત છે (ચણા/gram, તુવેર/arhar, વાલ/sem, મગ/moong, સોયાબીન; ખાદ્ય તેલ (સોયાબીન, મગફળી); રંગક (ગળી-*Indigofera*); રેસા (શણ-*Sunhemp*); ઘાસચારો (ઈકડ/*Sesbania*, ત્રિપત્તી/*Trifolium*), સુશોભન માટે (લ્યુપિન/lupin, વટાણા/sweet pea); ઔષધ (જેઠીમધ/*muliathi*).

5.9.2 સોલેનેસી (Solanaceae)

તે મોટું કુળ છે, સામાન્ય રીતે બટાટાના કુળ તરીકે ઓળખાય છે. તે ઉષ્ણ, શીત અને સમશીતોષ્ણ કટિબંધીય વિસ્તારોમાં વધુ વિતરિત છે (આકૃતિ 5.22).

વાનસ્પતિક લક્ષણો : વનસ્પતિ મુખ્યત્વે છોડ, ક્ષુપ અને ભાગ્યે જ નાના વૃક્ષો સ્વરૂપે



આકૃતિ 5.22 : સોલેનમ નાઇગ્રમ (પીલુડી) છોડ : (a) પુષ્પીય શાખા (b) પુષ્પ (c) પુષ્પનો L.S. (d) પુંકેસરો (e) સ્ત્રીકેસર (f) પુષ્પાકૃતિ

પ્રકાંડ : શાકીય, ભાગ્યેજ કાષ્ઠીય હવાઈ; સીધા, નલાકાર, શાખિત, મજબૂત કે પોલું, રોમમય કે રોમવિહીન (સુંવાળું), બટાટામાં ભૂગર્ભીય પ્રકાંડ (*Solanum tuberosum*)

પર્ણો : એકાંતરિક, સાદા, ભાગ્યે જ પક્ષવત્ (પીંછાકાર) સંયુક્ત, અનુપપર્ણીય; જાલાકાર શિરાવિન્યાસ

પુષ્પીય લક્ષણો :

પુષ્પવિન્યાસ : એકાકી, કક્ષીય કે પરિમિત (*Solanum*)

પુષ્પ : દ્વિલિંગી, નિયમિત

વજ્રચક્ર : વજ્રપત્રો પાંચ, યુક્ત, ચિરલગ્ન (persistent), ધારાસ્પર્શી કલિકાંતરવિન્યાસ

દલચક્ર : દલપત્રો પાંચ, યુક્ત, ધારાસ્પર્શી કલિકાંતરવિન્યાસ

પુંકેસરચક્ર : 5ની સંખ્યામાં, દલલગ્ન પુંકેસરો

સ્ત્રીકેસરચક્ર : દ્વિસ્ત્રીકેસરીય ચોક્કસ સ્થાનેથી ઉદ્ભવેલ, યુક્તસ્ત્રીકેસરી; બીજાશય ઉચ્ચસ્થ, દ્વિકોટરીય, જરાયુ ઘણાબધા અંડકો સાથે ઉપસેલ, અક્ષીય

ફળ : અનષ્ઠિલા (berry) કે પ્રાવર (capsule)

બીજ : ઘણા, ભ્રૂણપોષી

પુષ્પસૂત્ર : $\oplus ⚥ K_{(5)} \overbrace{C_{(5)} A_5} \underline{G}_{(2)}$

આર્થિક અગત્ય : આ કુળમાં સમાવેશિત ઘણી વનસ્પતિઓ ખોરાકનો સ્રોત છે. (ટામેટા, રીંગણ, બટાટા), મસાલા તરીકે (મરચાં/chilli); ઔષધ (બેલાડોના/belladona, અશ્વગંધા/ashwagandha); ધૂમક-fumigatory (તમાકુ/tobacco); સુશોભન માટે (પેટુનિયા/petunia).

5.9.3 લિલિએસી (Liliaceae)

તેને સામાન્ય રીતે લિલિનું કુળ કહે છે. તે એકદળી વનસ્પતિઓની લાક્ષણિકતાઓનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. તે વિશ્વમાં બધે વિતરિત છે (આકૃતિ 5.23).

વાનસ્પતિક લક્ષણો : ભૂગર્ભીય કંદો-bulbs/વજ્રકંદો-corms/ગાંઠામૂળી-rhizome સાથેના બહુવર્ષાયુ છોડ

પર્ણો : મુખ્યત્વે તલસ્થ, એકાંતરિક, રેખીય, અનુપપર્ણીય, સમાંતર શિરાવિન્યાસ ધરાવતા

પુષ્પીય લક્ષણો :

પુષ્પવિન્યાસ : એકાકી/પરિમિત; ઘણીવાર છત્રક (umbellate) જેવા ગુચ્છમાં

પુષ્પ : દ્વિલિંગી; નિયમિત

પરિપુષ્પચક્ર : પરિપુષ્પપત્રો છ (3+3)ના એકમોમાં, ઘણીવાર ભેગા થઈને નલિકાકાર રચના બનાવે; ધારાસ્પર્શી કલિકાંતરવિન્યાસ

પુંકેસરચક્ર : પુંકેસરો છ, (3+3)ના એકમોમાં.

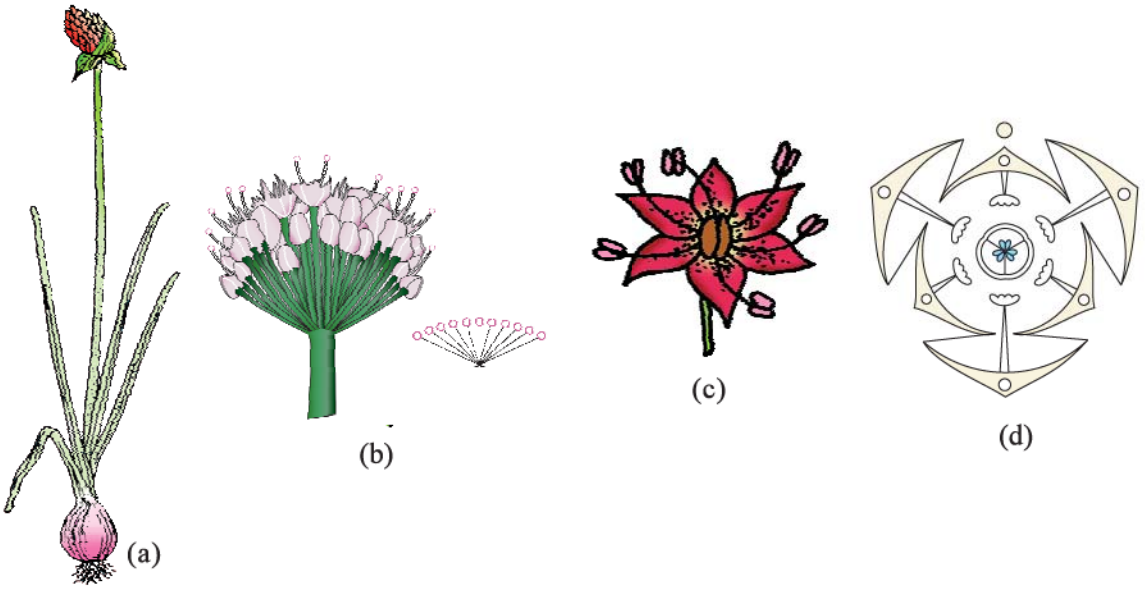
સ્ત્રીકેસરચક્ર : ત્રિસ્ત્રીકેસરીય, યુક્તસ્ત્રીકેસરી, બીજાશય ઉચ્ચસ્થ, ત્રિકોટરીય, કોટરમાં ઘણા અંડકો હાજર; અક્ષવર્તી જરાયુવિન્યાસ

ફળ : પ્રાવર, ભાગ્યે જ અનષ્ટિલા

બીજ : ભ્રૂણપોષી

પુષ્પસૂત્ર : $Br \oplus ⚥ \widehat{P_{(3+3)}A_{3+3}}\ \underline{G}_{(3)}$

આર્થિક અગત્યતા : આ કુળમાં સમાવેશિત ઘણી વનસ્પતિઓ સારા સુશોભન માટે ઉપયોગી છે. (ટ્યુલિપ/tulip, વછનાગ/*Gloriosa*), ઔષધનો સ્રોત (કુંવારપાઠુ/*Aloe*), શાકભાજી (શતાવરી/*Asparagus*), અને કોલ્ચિકમ (*Colchicum autumnale*).



આકૃતિ 5.23 : એલિયમ સેપા (ડુંગળી) છોડ : (a) છોડ (b) પુષ્પવિન્યાસ (c) પુષ્પ (d) પુષ્પાકૃતિ

સારાંશ

સપુષ્પી વનસ્પતિઓ તેમના આકાર, કદ, રચના, પોષણનો પ્રકાર, જીવનકાળ (life span), પ્રકૃતિ (habit) અને નૈસર્ગિક નિવાસસ્થાનો(habitats)માં પ્રચંડ વિવિધતા પ્રદર્શિત કરે છે. તેઓ સારી રીતે વિકાસ પામેલા મૂળ-તંત્રો (root systems) અને પ્રરોહ તંત્રો (shoot systems) ધરાવે છે. મૂળતંત્ર એ સોટીમય (tap) કે તંતુમય (fibrous) હોય છે. સામાન્ય રીતે, દ્વિદળી વનસ્પતિઓ સોટીમય મૂળ ધરાવે છે જ્યારે એકદળી વનસ્પતિઓ તંતુમય મૂળ ધરાવે છે. કેટલીક વનસ્પતિઓમાં મૂળ એ ખોરાકનો સંગ્રહ, યાંત્રિક આધાર અને શ્વસન માટે રૂપાંતરિત થયેલા હોય છે. પ્રરોહ તંત્ર પ્રકાંડ, પર્ણ, પુષ્પ અને ફળમાં વિભેદિત થાય છે. ગાંઠ અને આંતરગાંઠની હાજરી જેવા પ્રકાંડના બાહ્યાકાર લક્ષણો છે, બહુકોષીય રોમ (multicellular hairs) અને ધન પ્રકાશાનુવર્તિ (positive phototropism) પ્રકૃતિ પ્રકાંડને મૂળથી વિભાજિત કરવામાં મદદરૂપ છે. પ્રકાંડ પણ રૂપાંતરિત થઈને ખોરાકનો સંગ્રહ, વાનસ્પતિક પ્રસર્જન અને વિવિધ પરિસ્થિતિમાં રક્ષણ જેવા વિભિન્ન કાર્યો રજૂ કરે છે. પર્ણ એ પ્રકાંડનો પાર્શ્વીય બહિરુદભેદ છે જે ગાંઠ પર બહિર્ભૂત રીતે (exogeneously) વિકસે છે. તેઓ પ્રકાશસંશ્લેષણનું કાર્ય કરવા માટે રંગમાં લીલા છે. પર્ણો તેમના આકાર, કદ, કિનારી, ટોચ (પર્ણાગ્ર) અને પર્ણપત્ર(પર્ણફલક)ના છેદનનું વિસ્તરણ જેવી નોંધનીય વિવિધતાઓ પ્રદર્શિત કરે છે. વનસ્પતિના બીજા ભાગોની જેમ પર્ણો પણ અનુક્રમે પર્ણસૂત્રો, આરોહણ અને રક્ષણ માટે કંટકો (કંટ) જેવી બીજી રચનાઓમાં રૂપાંતરિત થાય છે.

પુષ્પ એ રૂપાંતરિત પ્રરોહ છે જે લિંગી પ્રજનન માટે અર્થિત છે. પુષ્પો એ પુષ્પવિન્યાસના વિવિધ પ્રકારોમાં ગોઠવાય છે. તેઓ રચના (structure), સમમિતિ (symmetry), અન્ય ભાગોની સાપેક્ષે બીજાશયનું સ્થાન, વજ્રપત્રો, દલપત્રો, અંડકો વગેરેની ગોઠવણી જેવી વિશાળ વિવિધતા પ્રદર્શિત કરે છે. ફલન બાદ બીજાશય ફળમાં અને અંડકો બીજમાં પરિણમે છે. બીજ એકબીજપત્રી અથવા દ્વિબીજપત્રી હોઈ શકે છે. તેઓ આકાર, કદ અને જીવનક્ષમતાની અવધિ(period of viability)માં વિવિધતા દર્શાવે છે. પુષ્પીય લાક્ષણિકતાઓ એ સપુષ્પી વનસ્પતિઓના વર્ગીકરણ અને ઓળખવિધિનો આધાર રચે છે. તે કુળોના અર્ધપ્રવિધીય વર્ણન દ્વારા સ્પષ્ટ થઈ શકે છે. આથી, સપુષ્પી વનસ્પતિનું વૈજ્ઞાનિક સંજ્ઞાઓ દ્વારા ચોક્કસ ક્રમમાં વર્ણન કરાય છે. પુષ્પીય લક્ષણો પુષ્પાકૃતિ અને પુષ્પસૂત્ર તરીકે સારાંશમાં પ્રસ્તુત કરવામાં આવે છે.

સ્વાધ્યાય

1. મૂળના રૂપાંતરણોનો અર્થ શું કરશો ? નીચે આપેલ વનસ્પતિઓમાં મૂળના રૂપાંતરણોનો પ્રકાર કયો છે ?

   (a) વટવૃક્ષ (b) સલગમ (c) મેંગ્રુવ વૃક્ષો

2. બાહ્ય લક્ષણોને આધારે નીચેના વાક્યોને ન્યાય આપો :

   (i) વનસ્પતિઓના ભૂગર્ભીય ભાગો હંમેશાં મૂળ નથી.

   (ii) પુષ્પ એ રૂપાંતરિત પ્રરોહ છે.

3. પીંછાકાર સંયુક્ત પર્ણને પંજાકાર સંયુક્ત પર્ણથી કેવી રીતે અલગ કરશો ?

4. વિવિધ પ્રકારના પર્ણવિન્યાસની યોગ્ય ઉદાહરણો સાથે સમજૂતી આપો.

5. નીચે આપેલ શબ્દો વ્યાખ્યાયિત કરો :
   (a) કલિકાંતરવિન્યાસ (b) જરાયુવિન્યાસ (c) નિયમિત પુષ્પ
   (d) અનિયમિત પુષ્પ (e) ઉચ્ચસ્થ બીજાશય (f) પરિજાયી પુષ્પ
   (g) દલલગ્ન પુંકેસરો
6. નીચેના શબ્દો વચ્ચેનો તફાવત આપો :
   (a) અપરિમિત અને પરિમિત પુષ્પવિન્યાસ
   (b) તંતુમય મૂળ અને અસ્થાનિક મૂળ
   (c) મુક્તસ્ત્રીકેસરી અને યુક્તસ્ત્રીકેસરી બીજાશય
7. નીચેનાની નામનિર્દેશિત આકૃતિ દોરો :
   (i) ચણા બીજ (ii) મકાઈના બીજનો V. S. (અનુલંબ છેદ)
8. યોગ્ય ઉદાહરણો સહિત પ્રકાંડના રૂપાંતરણો વર્ણવો.
9. ફેબેસી અને સોલેનેસી કુળનું એક પુષ્પ લઈ અને તેનું અર્ધ-પ્રવિધીય વર્ણન કરો. તેમનો અભ્યાસ કર્યા બાદ તેમની પુષ્પાકૃતિ પણ દોરો.
10. સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં જોવા મળતા વિવિધ પ્રકારના જરાયુવિન્યાસ વર્ણવો.
11. પુષ્પ શું છે ? લાક્ષણિક આવૃત બીજધારી વનસ્પતિના પુષ્પના ભાગોનું વર્ણન કરો.
12. પર્ણના વિવિધ રૂપાંતરણો વનસ્પતિઓને કેવી રીતે મદદરૂપ છે ?
13. પુષ્પવિન્યાસ શબ્દ વ્યાખ્યાયિત કરો. સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં પુષ્પવિન્યાસના વિવિધ પ્રકારો માટેનો આધાર સમજાવો.
14. પુષ્પસૂત્ર લખો : જેમાં નિયમિત, દ્વિલિંગી, અધોજાયી પુષ્પ, પાંચ યુક્ત વજપત્રો, પાંચ મુક્ત દલપત્રો, પાંચ મુક્ત પુંકેસરો, બે યુક્ત સ્ત્રીકેસરો, ઉચ્ચસ્થ બીજાશય અને અક્ષવર્તી જરાયુવિન્યાસ હોય.
15. પુષ્પાસન પર તેમના સ્થાન અનુસાર પુષ્પીય સભ્યોની ગોઠવણી વર્ણવો.

પ્રકરણ 6

સપુષ્પી વનસ્પતિઓની અંતઃસ્થરચના (Anatomy of Flowering Plants)

6.1 પેશી

6.2 પેશીતંત્ર

6.3 દ્વિદળી અને એકદળી વનસ્પતિઓની અંતઃસ્થરચના

6.4 દ્વિતીય વૃદ્ધિ

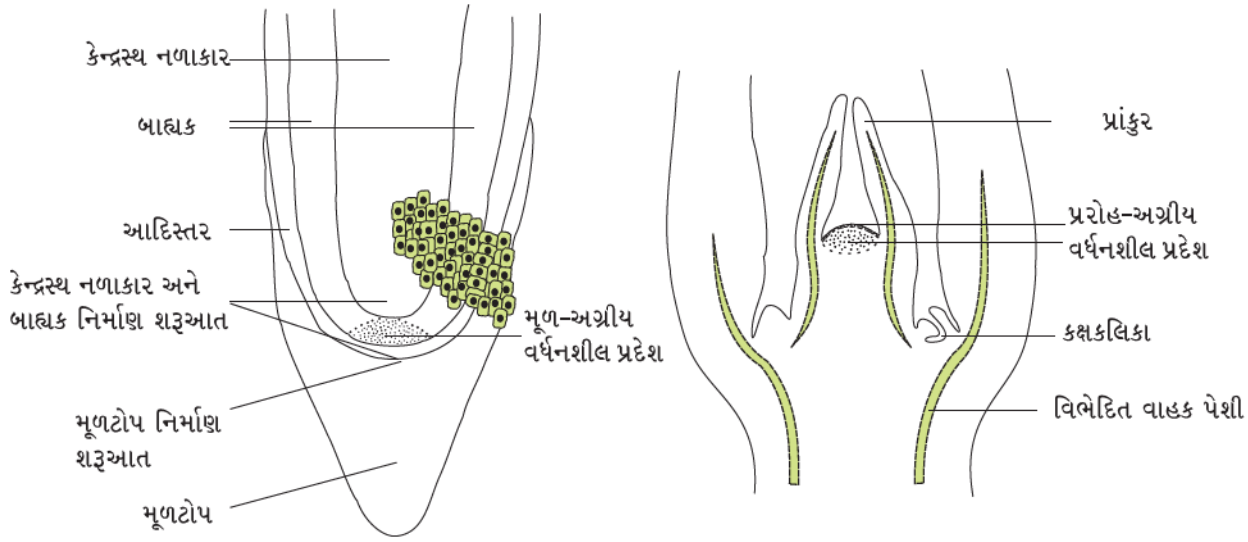
વનસ્પતિઓ અને પ્રાણીઓ બંને પૈકી મોટા ભાગના સજીવોની બાહ્ય રચનામાં તેમની રચનાકીય સમાનતાઓ (similarities) અને ભિન્નતાઓ (જુદાપણું - variations) તમે સરળતાથી જોઈ શકો છો. એ જ રીતે, આપણે આંતરિક રચનાઓ અભ્યાસ કરીએ તો આપણને ઘણી સમાનતાઓ જોવા મળે છે અને જુદાપણું પણ જોવા મળે છે. આ પ્રકરણ તમને ઉચ્ચ વનસ્પતિઓની આંતરિક રચના અને અંગજનન ક્રિયાવિધિથી માહિતગાર કરે છે. વનસ્પતિઓની આંતરિક રચનાના અભ્યાસને અંતઃસ્થ રચનાશાસ્ત્ર કહે છે. વનસ્પતિઓ પાયાના એકમ તરીકે કોષો ધરાવે છે. કોષો પેશીઓમાં આયોજિત થાય છે અને ફરીથી પેશીઓ પણ અંગોમાં આયોજિત થાય છે. વનસ્પતિઓમાં વિવિધ અંગો તેમની આંતરિક રચનામાં જુદાપણું દર્શાવે છે. આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં, દ્વિદળીઓ અને એકદળીઓ પણ અંતઃસ્થ રચનાની દૃષ્ટિએ જુદી દેખાય છે. આંતરિક રચનાઓ તેમના વિભિન્ન પર્યાવરણ પ્રત્યેના અનુકૂલનો (adaptations) પણ દર્શાવે છે.

6.1 પેશી (The Tissues)

પેશી સમાન ઉત્પત્તિ ધરાવતા અને સામાન્યતઃ સમાન કાર્ય દર્શાવતા કોષોનો સમૂહ છે. વનસ્પતિ વિવિધ પ્રકારની પેશીઓની બનેલી છે. રચાયેલા (નવા બનેલા) કોષો વિભાજનની ક્ષમતા ધરાવે છે કે નહીં, તેના આધારે પેશીઓ વર્ધનશીલ અને સ્થાયી એમ બે મુખ્ય જૂથોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે.

6.1.1 વર્ધનશીલ પેશી (Meristematic Tissues)

વનસ્પતિઓમાં વૃદ્ધિ મોટે ભાગે ક્રિયાશીલ (સક્રિય) કોષવિભાજનના ચોક્કસ વિસ્તારો પૂરતી મર્યાદિત છે. સક્રિય રીત વિભાજન પામતા કોષોના સમૂહને **વર્ધનશીલ પેશીઓ** કહે છે. **(meristos : divided- વિભાજન પામવું)**. વનસ્પતિઓ વિવિધ પ્રકારની વર્ધનશીલ પેશીઓ ધરાવે છે. મૂળ તથા

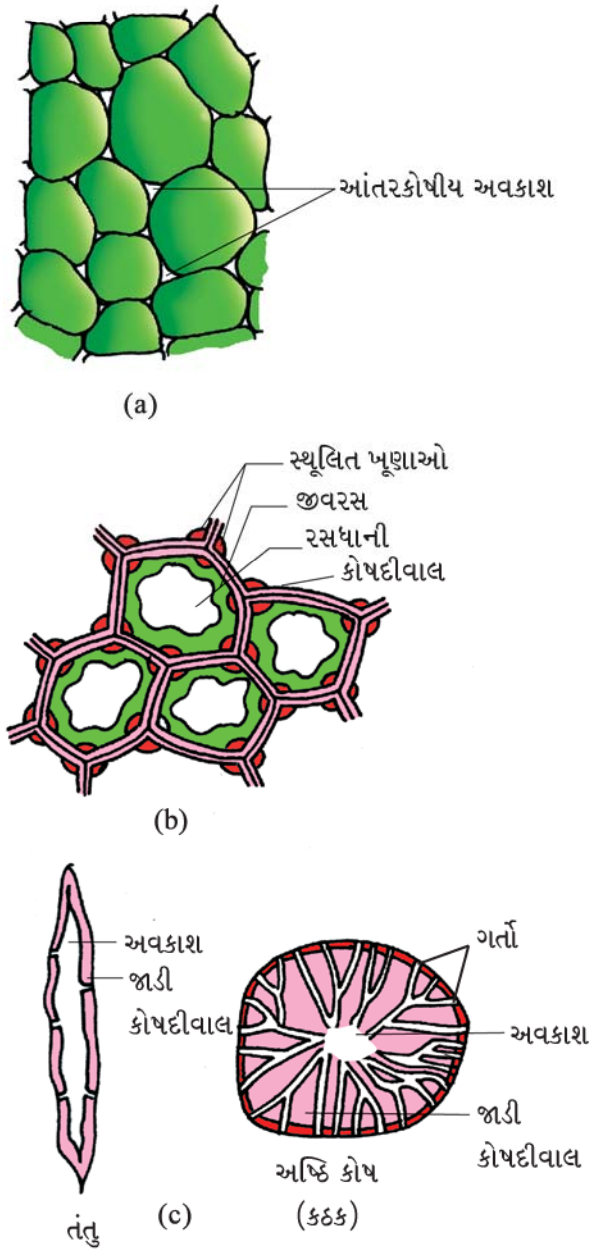


આકૃતિ 6.1 : અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશી (a) મૂળ (b) પ્રરોહ

પ્રરોહના અગ્રસ્થ ભાગમાં રહેલી અને પ્રાથમિક પેશીઓનું નિર્માણ કરતી વર્ધનશીલ પેશીઓને **અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશીઓ (apical meristems)** કહે છે (આકૃતિ 6.1). મૂળની અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશીઓ મૂળની ટોચના ભાગે રહેલી છે જ્યારે પ્રરોહની અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશીઓ પ્રકાંડ અક્ષના મોટા ભાગના પ્રદેશમાં અમુક અમુક અંતરે રહેલી છે. પર્ણોના નિર્માણ અને પ્રકાંડના વિસ્તરણ દરમિયાન, પ્રરોહની અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશીના કેટલાક કોષો નીચેની તરફ ગોઠવાઈ **કક્ષકલિકા**નું નિર્માણ કરે છે. આવી કલિકાઓ પર્ણોની કક્ષમાં પણ હાજર હોય છે અને શાખા કે પુષ્પ ધારણ કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. પરિપક્વ પેશીઓ(સ્થાયી પેશીઓ)ની વચ્ચે આવેલી વર્ધનશીલ પેશીને **આંતરવિષ્ટ વર્ધનશીલ પેશી (intercalary meristem)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ પેશીઓ ઘાસમાં અને શાકાહારી (તૃણાહારી) ચરતા પ્રાણીઓ દ્વારા ખવાઈને દૂર થયેલા વનસ્પતિના ભાગોની જગાએ પુનઃનિર્માણ પામતા ભાગોમાં રહેલી છે. અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશી અને આંતરવિષ્ટ વર્ધનશીલ બંને **પ્રાથમિક વર્ધનશીલ પેશીઓ** છે કારણ કે તેઓ વનસ્પતિ જીવનની શરૂઆતમાં દેખાય છે અને પ્રાથમિક વનસ્પતિ દેહના નિર્માણમાં ભાગ લે છે.

ઘણી વનસ્પતિઓના મૂળ અને પ્રકાંડના પરિપક્વ ભાગોમાં આવેલી વર્ધનશીલ પેશીઓ કે જે ચોક્કસ રીતે કાષ્ઠીય અક્ષ ઉત્પન્ન કરે છે અને પ્રાથમિક વર્ધનશીલ પેશીના નિર્માણ પછી દેખાય છે તેને દ્વિતીય અથવા **પાર્શ્વીય વર્ધનશીલ (secondary or lateral meristem)** કહે છે. તેઓ નળાકાર વર્ધનશીલ પેશીઓ છે. પુલીય (fascicular) વાહિ એધા, આંતરપુલીય (interfascicular) એધા અને ત્વક્ષૈધા (cork cambium) પાર્શ્વીય વર્ધનશીલ પેશીઓનાં ઉદાહરણો છે. તેઓ દ્વિતીયક પેશીઓના નિર્માણ માટે જવાબદાર છે.

પ્રાથમિક અને દ્વિતીય વર્ધનશીલ પેશી એમ બંનેના કોષો વિભાજનોને અનુસરી બનતા નવા કોષો રચના અને કાર્યની દૃષ્ટિએ વિશિષ્ટીકરણ પામી વિભાજન પામવાની ક્ષમતા ગુમાવે છે. આવા કોષો **સ્થાયી કે પરિપક્વ (mature) કોષો** તરીકે ઓળખાય છે અને સ્થાયી પેશીઓની રચના કરે છે. પ્રાથમિક વનસ્પતિ દેહના નિર્માણ દરમિયાન, અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશી એ અધિસ્તરીય પેશીઓ (epidermal tissues), આધાર પેશીઓ (ground tissues) અને વાહક પેશીઓ (vascular tissues) ઉત્પન્ન કરે છે.



આકૃતિ 6.2 : સરળ પેશીઓ (a) મૃદુત્તક (b) સ્થૂલકોણક (c) દૃઢોત્તક

6.1.2 સ્થાયી પેશીઓ (Permanent Tissues)

સ્થાયી પેશીઓના કોષો સામાન્ય રીતે ફરીથી વિભાજન પામતા નથી. સ્થાયી પેશીઓના બધા જ કોષો રચના (structure) અને કાર્ય(function)માં એકસરખા છે તેને સરળ પેશીઓ કહે છે. **સ્થાયી પેશીઓ** કે જે ઘણા વિવિધ પ્રકારના કોષો ધરાવે છે તેને **જટિલ પેશીઓ** કહે છે.

6.1.2.1 સરળ પેશી (Simple Tissues)

સરળ પેશીઓ ફક્ત એક જ પ્રકારના કોષોની બનેલી છે. મૃદુત્તક (parenchyma), સ્થૂલકોણક (collenchyma) અને દૃઢોત્તક (sclerenchyma). વનસ્પતિઓમાં વિવિધ સરળ પેશીઓ છે (આકૃતિ 6.2). **મૃદુત્તક પેશી** અંગોની અંદર વિવિધ ઘટકો બનાવે છે. મૃદુત્તક પેશીના કોષો સામાન્ય રીતે સમવ્યાસી (isodiametric) છે. તેઓ આકારમાં ગોળાકાર (spherical), અંડાકાર (oval), વર્તુળાકાર (round), બહુકોણીય (polygonal) છે. તેઓની દીવાલ પાતળી અને સેલ્યુલોઝની બનેલી છે. તેઓ ગાઢ રીતે સંકળાયેલા કે ઓછો આંતરકોષીય અવકાશ ધરાવે છે. મૃદુત્તક પેશી એ પ્રકાશસંશ્લેષણ, સંગ્રહ અને સ્ત્રાવ (secretion) જેવા વિવિધ કાર્યો કરે છે.

સ્થૂલકોણક પેશી એ દ્વિદળી વનસ્પતિઓમાં અધિસ્તરની નીચેના સ્તરોમાં આવેલી છે. તે એકસરખા સ્તરો કે ટુકડાઓ(patches)માં જોવા મળે છે. તે ખૂણાઓ પર ખૂબ જ સ્થૂલન (thickening) ધરાવતા કોષોની બનેલી છે જે સેલ્યુલોઝ, હેમીસેલ્યુલોઝ અને પેક્ટિનની જમાવટ(deposition)ને કારણે હોય છે. સ્થૂલકોણક કોષો અંડાકાર, વર્તુળાકાર કે બહુકોણીય હોય છે અને ઘણીવાર હરિતકણો ધરાવે છે. આ કોષો હરિતકણો ધરાવતા હોય ત્યારે તેઓ ખોરાક સંચય કરે છે. આંતરકોષીય અવકાશ ગેરહાજર છે. કુમળા (તરુણ - young) પ્રકાંડ અને પર્ણના પર્ણદંડ જેવા વનસ્પતિના વિકાસ પામતા ભાગોને યાંત્રિક આધાર (mechanical support) પૂરો પાડે છે.

દૃઢોત્તક પેશી એ લાંબા, પાતળી અને લિગ્નીનથી સ્થૂલન પામેલી કોષદીવાલ યુક્ત, સાંકડા (narrow) કોષોની બનેલી છે જે થોડા કે ઘણા ગર્તો (નાના ખાડા - pits) ધરાવે છે. તેઓ સામાન્યતઃ મૃત અને જીવરસ વગરના છે. રચના, ઉત્પત્તિ અને વિકાસની વિવિધતાને આધારે દૃઢોત્તક પેશી એ બે પ્રકારની હોય છે- **તંતુઓ (fibres)** કે **અષ્ઠિકોષો (કઠકો - sclereids)**. તંતુઓ એ પાતળી દીવાલવાળા, લંબાયેલા અને અણીવાળા (pointed) કોષો છે અને સામાન્ય રીતે વનસ્પતિના વિવિધ

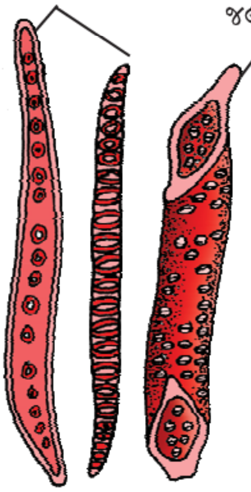
ભાગોમાં સમૂહોમાં આવેલા છે. અષ્ઠીકોષો ગોળાકાર, અંડાકાર કે નળાકાર છે અને ખૂબ જ સાંકડા અવકાશ (cavity-lumen) ધરાવતા અતિશય સ્થૂલિત મૃત કોષો છે. તેઓ સામાન્યતઃ કાચલ(કવચયુક્ત ફળ - nuts)ના ફલાવરણમાં; જામફળ (guava), નાસપતિ (pear) અને ચીકુ (sapota) જેવા ફળોના ગર પ્રદેશમાં; શિમ્બી (legumes) વનસ્પતિઓના બીજાવરણમાં અને ચાના પર્ણોમાં જોવા મળે છે. દૃઢોત્તક પેશી અંગોને યાંત્રિક આધાર પૂરો પાડે છે.

6.1.2.2 જટિલ પેશીઓ (Complex Tissues)

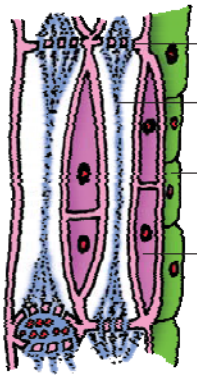
જટિલ પેશીઓ એક કરતાં વધુ પ્રકારના કોષોની બનેલી છે અને ભેગા મળીને એક એકમ (unit) તરીકે કાર્ય કરે છે. જલવાહક અને અન્નવાહક વનસ્પતિઓમાં જટિલ પેશીઓ બનાવે છે (આકૃતિ 6.3).

જલવાહક પેશી એ વહન પેશી (conducting tissue) તરીકે પાણી અને ખનીજ દ્રવ્યોનું વહન મૂળથી પ્રકાંડ અને પર્ણો તરફ કરે છે. તે વનસ્પતિઓને યાંત્રિક મજબૂતાઈ પણ પૂરી પાડે છે. તે ચાર જુદા જુદા પ્રકારના ઘટકોની બનેલી છે : જલવાહિનિકી (tracheids), જલવાહિની (vessels), જલવાહક તંતુઓ (xylem fibres) અને જલવાહક મૃદુત્તક (xylem parenchyma). અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓની જલવાહક પેશીમાં જલવાહિનીનો અભાવ હોય છે. **જલવાહિનિકી** સાંકડા છેડાવાળા, લાંબા નળાકાર કોષની બનેલ છે જેમની દીવાલ જાડી અને લિગ્નીનથી સ્થૂલિત હોય છે. તેઓ મૃત અને જીવરસવિહીન છે. કોષદીવાલના અંદરના સ્તરો જુદા જુદા સ્વરૂપમાં સ્થૂલન ધરાવે છે. સપુષ્પ વનસ્પતિઓમાં, જલવાહિનિકી અને જલવાહિની, પાણીનું વહન કરતા મુખ્ય ઘટકો છે. **જલવાહિની** એ લાંબી નળાકાર નલિકામય રચના છે જે જલવાહક ઘટકો કહેવાતા ઘણા એકમોની બનેલી છે તથા દરેક ઘટક લિગ્નીનયુક્ત દીવાલો અને મધ્યમાં (large central cavity) વિશાળ અવકાશ ધરાવે છે. જલવાહિની કોષો પણ જીવરસ (protoplast) વિહીન છે. જલવાહક ઘટકો તેમની સામાન્ય દીવાલોમાં આવેલા છિદ્રો દ્વારા આંતરિક રીતે એકબીજા સાથે જોડાયેલા છે. જલવાહિનીની હાજરી એ આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓની દેખીતી લાક્ષણિકતા છે. **જલવાહક તંતુઓ** ખૂબ જ સ્થૂલિત દીવાલો ધરાવતા અને નહિવત્ કેન્દ્રીય અવકાશયુક્ત તંતુઓ છે. તેઓ પડદાયુક્ત (septate) કે પડદાવિહીન હોઈ શકે છે. **જલવાહક મૃદુત્તક** કોષો એ જીવંત અને પાતળી દીવાલયુક્ત કોષો છે અને તેમની કોષદીવાલો સેલ્યુલોઝની બનેલી છે. તેઓ સ્ટાર્ચ કે ચરબી અને ટેનિન જેવા બીજા પદાર્થો સ્વરૂપે ખોરાક દ્રવ્યોનો સંગ્રહ કરે છે. પાણીનું અરીય વહન મજ્જાંશુના મૃદુત્તક કોષોને આભારી છે.

પ્રાથમિક જલવાહક એ બે પ્રકારની છે - **આદિદારુ (protoxylem)** અને **અનુદારુ (metaxylem)**. પહેલાં નિર્માણ પામતા પ્રાથમિક જલવાહક ઘટકોને આદિદારુ અને પછીથી નિર્માણ પામતા પ્રાથમિક જલવાહક ઘટકોને અનુદારુ કહે છે. પ્રકાંડમાં, **આદિદારુ** કેન્દ્ર તરફ (મજ્જાકીય) અને **અનુદારુ** અંગોની પરિઘવર્તી દિશામાં સ્થિત છે. આ પ્રકારની પ્રાથમિક જલવાહકને **અંતરારંભી (edarch)** કહે છે. મૂળમાં, આદિદારુ પરિઘવર્તી દિશામાં અને અનુદારુ કેન્દ્ર તરફ (મજ્જાકીય) સ્થિત છે. આવા પ્રકારની પ્રાથમિક જલવાહકની ગોઠવણીને **બહિરારંભી (exarch)** કહે છે.



(a)



(b)

આકૃતિ 6.3 : (a) જલવાહક
(b) અન્નવાહક

અન્નવાહક પેશી ખોરાકનું વહન સામાન્ય રીત પર્ણોથી વનસ્પતિના અન્ય ભાગો તરફ કરે છે. આવૃત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં અન્નવાહક પેશી એ ચાલની નલિકાઓ (sieve tubes), સાથીકોષો (companion cells), અન્નવાહક મૃદુત્તક (phloem parenchyma) અને અન્નવાહક તંતુઓ(phloem fibres)ની બનેલી છે. અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓ આલ્બ્યુમિનયુક્ત કોષો અને ચાલની કોષો ધરાવે છે. તેઓમાં ચાલનીનલિકાઓ અને સાથીકોષોનો અભાવ હોય છે. **ચાલનીનલિકાના** ઘટકો પણ લાંબા, નલિકામય, આયામ રીતે ગોઠવાયેલા અને સાથીકોષો સાથે સંકળાયેલા છે. કોષોની અંત્ય દીવાલો ચાળણી જેવી છિદ્રાળુ બની ચાલનીપટ્ટિકાઓ(sieve plates)નું નિર્માણ કરે છે. પુખ્ત ચાલની ઘટક એ પરિઘવર્તી કોષરસ અને મોટી રસધાની (vacuole) ધરાવે છે પરંતુ તેમાં કોષકેન્દ્રનો અભાવ હોય છે. એ સાથીકોષોના કોષકેન્દ્ર દ્વારા ચાલનીનલિકાના કાર્યોનું નિયંત્રણ થાય છે. **સાથીકોષો** વિશિષ્ટીકરણ પામેલા મૃદુત્તક કોષો છે કે જેઓ ચાલનીનલિકાના ઘટકો સાથે ગાઢ રીતે સંકળાયેલ છે. ચાલની નલિકા ઘટકો અને સાથીકોષો તેમની સામાન્ય આયામ દીવાલો (longitudinal walls) વચ્ચે રહેલા ગર્તીક્ષેત્રો (pit fields) દ્વારા એકબીજા સાથે જોડાયેલ છે. સાથીકોષો એ ચાલનીનલિકાઓમાં દાબ/દબાણ ઢોળાંશ(pressure gradient)ની જાળવણીમાં મદદરૂપ છે. અન્નવાહક મૃદુત્તક લાંબા, સાંકડા છેડાવાળા નળાકાર કોષો(tapering cyindrical cells) કે જે ઘટ્ટ કોષરસ અને કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. તેઓની કોષદીવાલ સેલ્યુલોઝની બનેલી છે અને તેમાં (કોષદીવાલમાં) આવેલા ગર્તોમાંથી પસાર થતા કોષરસતંતુ દ્વારા કોષ વચ્ચે સંપર્ક જળવાય છે. અન્નવાહક મૃદુત્તક એ પોષક પદાર્થો તેમજ રાળ (resins), ક્ષીર (latex) અને શ્લેષ્મ (mucilage) જેવા અન્ય પદાર્થોનો સંગ્રહ કરે છે. **અન્નવાહક મૃદુત્તક** મોટા ભાગની એકદળી વનસ્પતિઓમાં ગેરહાજર હોય છે. **અન્નવાહક તંતુઓ** (રસવાહિની તંતુઓ) દૃઢોત્તક કોષોના બનેલા છે. તેઓ સામાન્ય રીતે પ્રાથમિક અન્નવાહકમાં ગેરહાજર પરંતુ દ્વિતીયક અન્નવાહકમાં જોવા મળે છે. તેઓ ખૂબ જ લાંબા, અશાખિત અને સોય જેવી અણીદાર ટોચ (needle like apices) ધરાવે છે. અન્નવાહક તંતુઓની કોષદીવાલ તદન જાડી છે. પુખ્તાવસ્થાએ આ તંતુઓ તેમનો જીવરસ ગુમાવી અને મૃત બને છે. શણ (jute), અળસી (flax) અને ભાંગ(hemp)ના અન્નવાહક તંતુઓ વ્યવસાયિક રીતે ઉપયોગી છે. પ્રથમ નિર્માણ પામતી પ્રાથમિક અન્નવાહક એ સાંકડી ચાલનીનલિકાઓની બનેલી છે અને તે **આદિઅન્નવાહક (આદિરસવાહિની - protophloem)** તરીકે ઓળખાય છે તથા પછીથી નિર્માણ પામતી પ્રાથમિક અન્નવાહક એ મોટી ચાલનીનલિકાઓ ધરાવે છે અને તે **અનુઅન્નવાહક (અનુરસવાહિની - metaphloem)** તરીકે ઓળખાય છે.

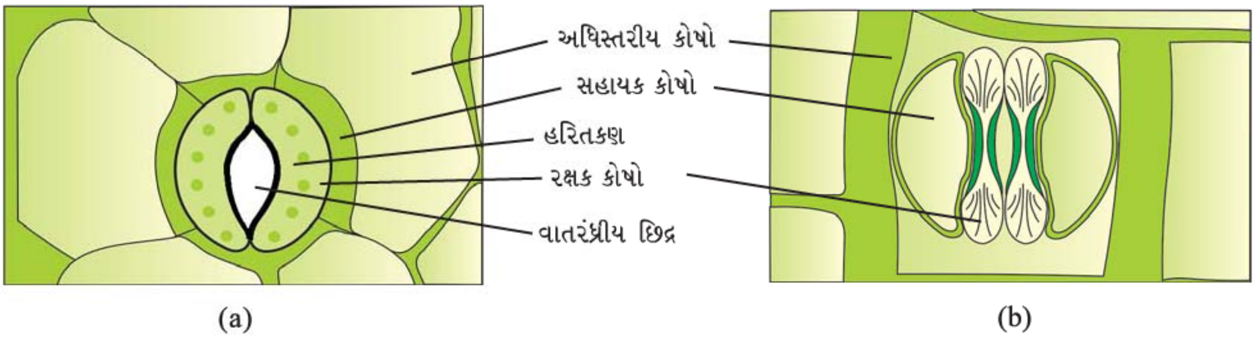
6.2 પેશીતંત્ર (The Tissue System)

આપણે હમણાં કોષોના પ્રકારોને આધારે પેશીઓના પ્રકારોની ચર્ચા કરી રહ્યાં હતાં. ચાલો, હવે આપણે જોઈએ કે વનસ્પતિ દેહમાં તેમના સ્થાનને આધારે વનસ્પતિમાં પેશીઓમાં કેવી રીતે વૈવિધ્ય જોવા મળે છે ? તેમની રચના અને કાર્ય પણ તેમના સ્થાન પર આધારિત હોઈ શકે છે. તેમની રચના અને સ્થાનને આધારે પેશીતંત્રોના ત્રણ પ્રકારો છે. તેઓ અધિસ્તરીય પેશીતંત્ર, આધાર પેશીતંત્ર કે માળખાગત પેશીતંત્ર અને વાહક કે સંવહન પેશીતંત્ર.

6.2.1 અધિસ્તરીય પેશીતંત્ર (Epidermal Tissue System)

અધિસ્તરીય પેશીતંત્ર એ સંપૂર્ણ વનસ્પતિ દેહને આવરતી રચના છે જેમાં અધિસ્તરીય કોષો (epidermal cells), વાયુરંધ્રો (stomata) અને પ્રકાંડરોમ (trichomes) તથા મૂળરોમ (root hairs) જેવા બહિરુદભેદો (appendages)નો સમાવેશ થાય છે. **અધિસ્તર** એ પ્રાથમિક વનસ્પતિ દેહનું સૌથી

બહારનું સ્તર છે. તે લાંબા, ચુસ્ત રીતે ગોઠવાયેલા કોષોનું બનેલું સળંગ સ્તર છે. અધિસ્તર સામાન્યતઃ એકસ્તરીય હોય છે. અધિસ્તરીય કોષો એ ઓછા પ્રમાણમાં કોષરસ તથા તેની ફરતે કોષદીવાલનું અસ્તર અને મોટી રસધાનીયુક્ત મૃદુત્તક કોષો છે. અધિસ્તરની બહારની બાજુ ઘણીવાર મીણયુક્ત જાડા સ્તર(waxy thick layer)થી આવૃત્ત હોય છે તેને **ક્યુટિકલ** કહે છે કે જે પાણીનો વ્યય અટકાવે છે. મૂળમાં ક્યુટિકલ ગેરહાજર હોય છે. વાયુરંધ્રો એવી રચનાઓ છે કે જે પર્ણોના અધિસ્તરમાં હાજર હોય છે. **વાયુરંધ્ર** બાષ્પોત્સર્જન(transpiration) અને વાયુઓની આપ-લે (વાતવિનિમય) જેવી ક્રિયાઓનું નિયમન કરે છે. દ્વિદળી વનસ્પતિઓમાં દરેક વાયુરંધ્ર એ બે વાલ આકારના (beans shaped) કોષોનું બનેલું છે જેને **રક્ષકકોષો (guard cells)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે કે જેઓ વાતરંધ્રીય છિદ્રની ફરતે હોય છે. એકદળી વનસ્પતિઓમાં (ઘાસ વગેરેમાં) રક્ષક કોષો ડમ્બેલ આકારના (dumb-bell shaped) હોય છે. રક્ષકકોષોની બહારની દીવાલો (પર્ણરંધ્રીય છિદ્રોથી દૂર) પાતળી છે તથા અંદરની દીવાલો (પર્ણરંધ્રીય છિદ્રો તરફની) ખૂબ જ જાડી છે. રક્ષકકોષો હરિતકણો ધરાવે છે અને પર્ણરંધ્રની ઉઘાડ-બંધ થવાની ક્રિયાનું નિયમન કરે છે. ક્યારેક, રક્ષકકોષોના સાનિધ્યમાં રહેલા કેટલાક અધિસ્તરીય કોષો તેમના આકાર અને કદમાં વિશિષ્ટ બને છે અને તેમને **સહાયક કોષો (subsidiary cells)** તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. વાયુરંધ્ર છિદ્ર, રક્ષકકોષો અને તેમની આસપાસ સહાયક કોષો ભેગા મળીને બનતી રચનાને **વાયુરંધ્ર પ્રસાધન (stomatal apparatus)** કહે છે (આકૃતિ 6.4).

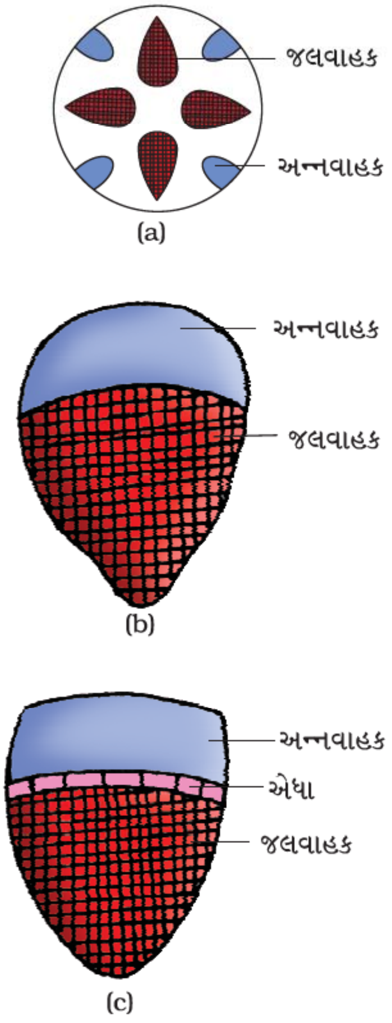


આકૃતિ 6.4 : રેખાકૃતિય નિરુપણ (a) વાલ આકારના રક્ષકકોષો સહિત વાયુરંધ્ર (b) ડમ્બેલ આકારના રક્ષકકોષો સહિત વાયુરંધ્ર

અધિસ્તરના કોષો ઘણા રોમ ધરાવે છે. **મૂળરોમ (root hairs)** એ એકકોષીય લંબાયેલા અધિસ્તરીય કોષો છે અને જમીનમાંથી પાણી અને ખનીજ દ્રવ્યોના શોષણમાં મદદ કરે છે. પ્રકાંડ પર રહેલા અધિસ્તરીય રોમ એ **પ્રકાંડરોમ (trichomes)** કહેવાય છે. પ્રરોહતંત્રમાં આવેલા પ્રકાંડરોમ સામાન્યતઃ બહુકોષીય છે. તેઓ શાખિત કે અશાખિત તથા કોમળ કે સખત હોઈ શકે છે. તેઓ સ્ત્રાવી પણ હોઈ શકે છે. પ્રકાંડરોમ બાષ્પોત્સર્જનના કારણે થતો પાણીનો વ્યય અટકાવવામાં મદદરૂપ છે.

6.2.2 આધાર (આધારોતક) પેશીતંત્ર (The Ground Tissue System)

અધિસ્તર અને વાહિપુલો (vascular bundles) સિવાયની બધી પેશીઓ **આધાર પેશીતંત્ર**ની રચના કરે છે. તે મૃદુત્તક, સ્થૂલકોણક અને દઢોત્તક જેવી સરળ પેશીઓનું બનેલું છે. મૃદુત્તક કોષો સામાન્યતઃ બાહ્યક (cortex), પરિચક્ર (pericycle), મજ્જા (pith) અને મજ્જા કિરણો (medullary rays) સ્વરૂપે પ્રાથમિક પ્રકાંડ અને પ્રાથમિક મૂળમાં હાજર હોય છે. પર્ણોમાં, આધારોત્તક પેશી પાતળી દીવાલયુક્ત કોષોની બનેલી છે અને કોષો હરિતકણો ધરાવે છે જેને **મધ્યપર્ણપેશી (mesophyll)** કહે છે.



આકૃતિ 6.5 : વિવિધ પ્રકારના વાહિપુલો : (a) અરીય (b) સહસ્થ-અવર્ધમાન (c) સહસ્થ-વર્ધમાન

6.2.3 વાહક (સંવહન) પેશીતંત્ર (Vascular Tissue System)

વાહક પેશીતંત્ર જટિલ પેશીઓ : જલવાહક અને અન્નવાહકનું બનેલું છે. જલવાહક અને અન્નવાહક ભેગી મળીને વાહિપુલો બનાવે છે (આકૃતિ 6.5) દ્વિદળી વનસ્પતિઓના પ્રકાંડમાં, જલવાહક અને અન્નવાહક પેશીઓની વચ્ચે **એધા(cambium)** હાજર હોય છે. એધાની હાજરીને કારણે આવા વાહિપુલો એ દ્વિતીયક જલવાહક અને દ્વિતીયક અન્નવાહક પેશીઓનું નિર્માણ કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે અને આથી **વર્ધમાન (open) વાહિપુલો** કહેવાય છે. એકદળી વનસ્પતિઓમાં, તેમના વાહિપુલો એધાની હાજરી ધરાવતા નથી. આથી તેઓ દ્વિતીયક પેશીઓનું નિર્માણ કરતા નથી. તેથી તેઓને **અવર્ધમાન (closed) વાહિપુલો** કહે છે. જ્યારે વાહિપુલમાં જલવાહક અને અન્નવાહક જુદી જુદી ત્રિજ્યા પર એકાંતરિક રીતે ગોઠવાયેલી હોય તેને **અરીય (radial)** વાહિપુલ કહે છે. આવા વાહિપુલો મૂળમાં હોય છે. **સહસ્થ (conjoint)** પ્રકારના વાહિપુલમાં જલવાહક અને અન્નવાહક સંયુક્ત રીતે વાહિપુલોની એક જ ત્રિજ્યા (radius) પર ગોઠવાયેલી હોય છે. આવા વાહિપુલો પ્રકાંડ અને પર્ણમાં સામાન્ય છે. સહસ્થ વાહિપુલો સામાન્યતઃ ફક્ત જલવાહકની બહારની બાજુએ ગોઠવાયેલી અન્નવાહક ધરાવે છે.

6.3 દ્વિદળી અને એકદળી વનસ્પતિઓની અંતઃસ્થરચના (Anatomy of Dicotyledonous and Monocotyledonous Plants)

મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણોના પેશીય આયોજનને સારી રીતે સમજવા માટે આ અંગોના પરિપક્વ પ્રદેશોનો અનુપ્રસ્થ છેદ લઈ અભ્યાસ કરવો અનુકૂળ છે.

6.3.1 દ્વિદળી મૂળ (Dicotyledonous Root)

આકૃતિ 6.6 (a), સૂર્યમુખી મૂળનો અનુપ્રસ્થ છેદ દર્શાવે છે. તેનું આંતરિક પેશીય આયોજન નીચે પ્રમાણે છે.

સૌથી બહારનું સ્તર **મૂલાધિસ્તર** છે. ઘણાં મૂલાધિસ્તરીય કોષો એકકોષીય મૂળરોમના સ્વરૂપમાં બહાર નીકળે છે. **બાહ્યક** એ આંતરકોષીય અવકાશયુક્ત પાતળી દીવાલવાળા મૃદુત્તક કોષોના ઘણા સ્તરો(બહુસ્તરીય)નું બનેલું છે. બાહ્યકના સૌથી અંદરના સ્તરને **અંતઃસ્તર** કહે છે. તે કોઈ પણ આંતરકોષીય અવકાશવિહીન પીપ

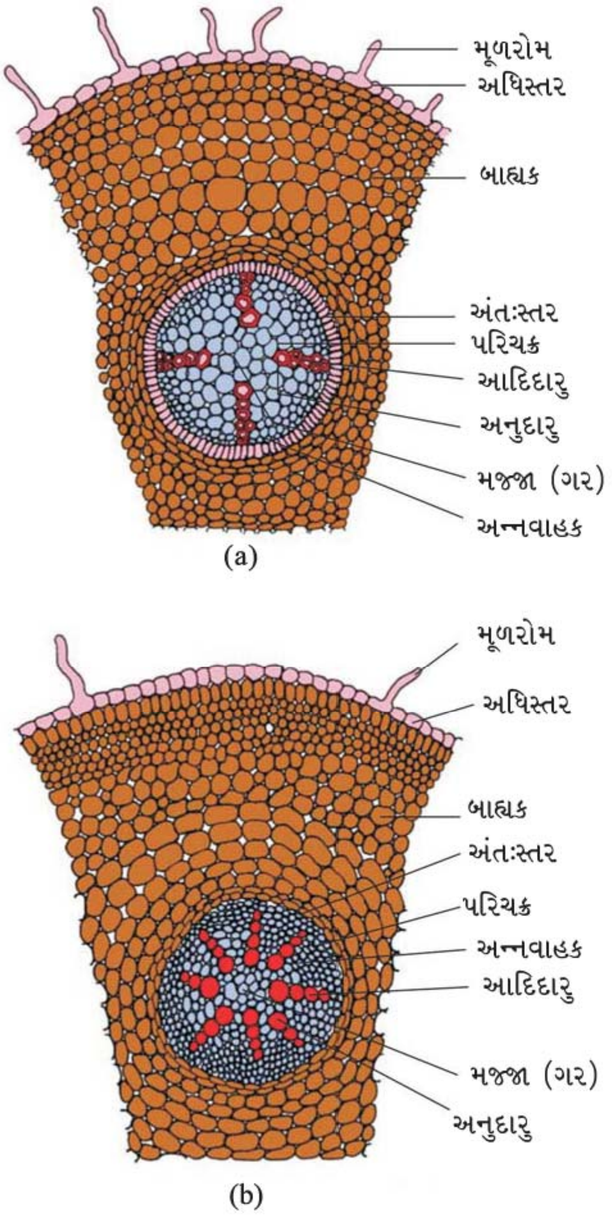
આકારના (barrel shaped) કોષોનું એક જ સ્તર ધરાવે છે. અંતઃસ્તરના કોષોની સ્પર્શનીય તથા અરીય દીવાલો **કાસ્પેરિયન પટ્ટિકા(casparian strips)**ના સ્વરૂપમાં, પાણી માટે અપ્રવેશશીલ મીણ જેવા પદાર્થો-સુબેરિનની જમાવટ ધરાવે છે. અંતઃસ્તર પછી જાડી દીવાલવાળા મૃદુત્તક કોષોના કેટલાક સ્તરો આવેલા છે જે **પરિચક્ર** તરીકે ઓળખાય છે. પરિચક્રના આ કોષોમાંથી દ્વિતીયક વૃદ્ધિ દરમિયાન પાર્શ્વીય મૂળ અને વાહિ એધાની ઉત્પત્તિ થાય છે. મજ્જા નાની અને અસ્પષ્ટ (inconspicuous) છે. જલવાહક અને અન્નવાહક પેશી વચ્ચે આવેલા મૃદુત્તક કોષોને **સંયોગી પેશી** કહે છે. સામાન્યતઃ બે કે ચાર જલવાહક અને અન્નવાહક સમૂહો હોય છે. પછી, જલવાહક અને અન્નવાહકની વચ્ચે એધાવલય (cambial ring) વિકાસ પામે છે. પરિચક્ર, વાહિપુલો અને મજ્જા જેવી અંતઃસ્તરની અંદરની બાજુએ આવેલી બધી જ પેશીઓ **મધ્યરંભ(stele)**નું નિર્માણ કરે છે.

6.3.2 એકદળી મૂળ (Monocotyledonous Root)

એકદળી મૂળની અંતઃસ્થ રચના ઘણી બાબતોમાં દ્વિદળી મૂળ સાથે સમાનતા દર્શાવે છે (આકૃતિ 6.6 b) તે અધિસ્તર (epidermis), બાહ્યક (cortex), અંતઃસ્તર (endodermis), પરિચક્ર (pericycle), વાહિપુલો (vascula bundles) અને મજ્જા (pith) ધરાવે છે. દ્વિદળી મૂળ કે જે ઓછા જલવાહક સમૂહ ધરાવે છે તેની સરખામણીએ એકદળી મૂળમાં જલવાહક પેશીના સમૂહો (bundles) વધુ હોય છે. જેની સંખ્યા છ કરતાં વધારે (બહુસૂત્રી - polyarch) હોય છે. મજ્જા મોટી અને સારી રીતે વિકાસ પામેલી છે. એકદળીના મૂળ કોઈ પણ દ્વિતીય વૃદ્ધિ દર્શાવતા નથી.

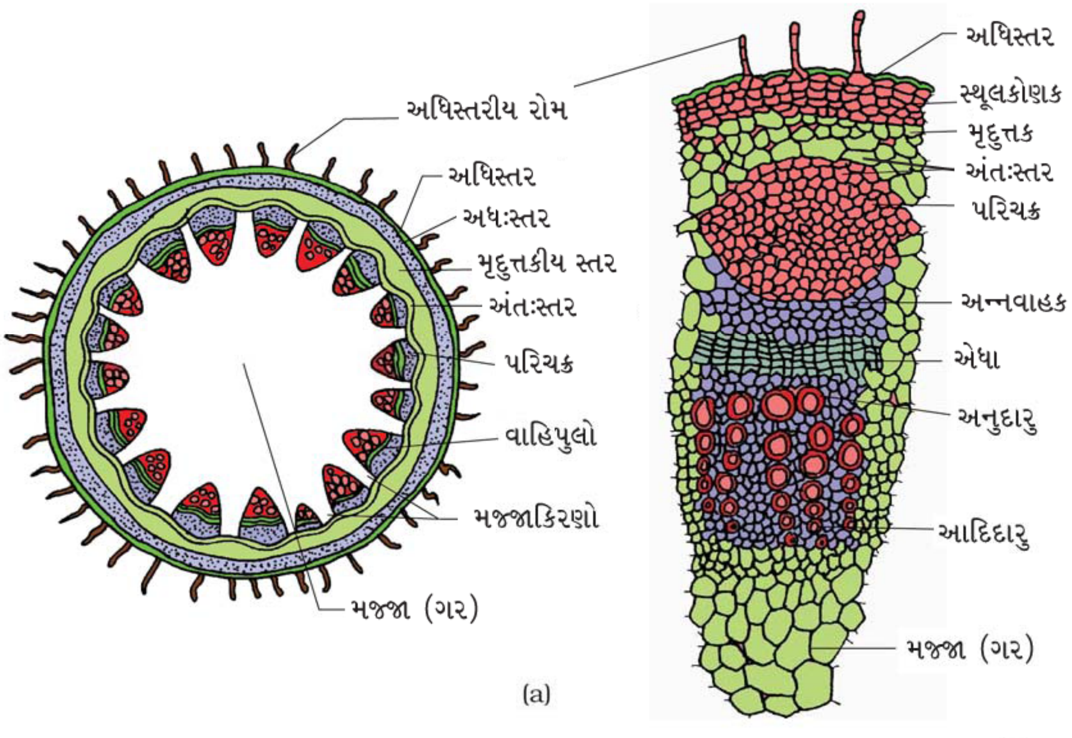
6.3.3 દ્વિદળી પ્રકાંડ (Dicotyledonous Stem)

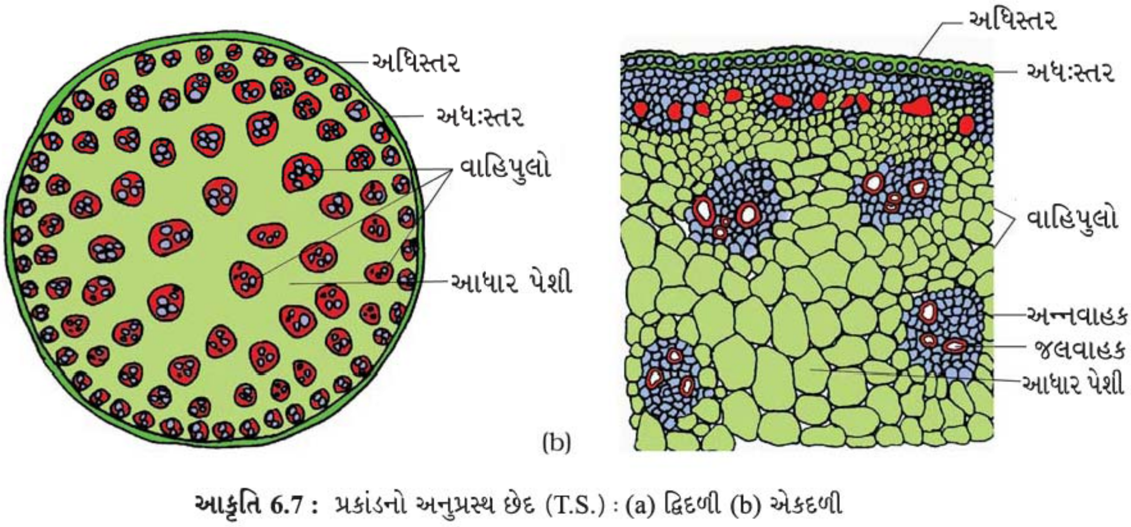
લાક્ષણિક (typical) દ્વિદળી વનસ્પતિ તરુણ પ્રકાંડનો અનુપ્રસ્થ છેદ દર્શાવે છે કે **અધિસ્તર** એ પ્રકાંડનું સૌથી બહારનું રક્ષણાત્મક સ્તર છે (આકૃતિ 6.7 a) તે ક્યુટિકલના પાતળા આવરણથી આવરિત હોય છે અને પ્રકાંડરોમ તથા કેટલાક વાયુરંધ્રો ધરાવે છે. અધિસ્તર અને પરિચક્ર વચ્ચે વધારે સ્તરોમાં ગોઠવાયેલા કોષો બાહ્યકનું નિર્માણ કરે છે. તે ત્રણ ઉપપ્રદેશો (sub zones) ધરાવે છે. અધિસ્તરની તરત જ



આકૃતિ 6.6 : T.S. : (a) દ્વિદળી મૂળ (પ્રાથમિક)
(b) એકદળી મૂળ

નીચે સ્થૂલકોણક કોષોના કેટલાક સ્તરોનું બનેલું **અધઃસ્તર** (hypodermis) છે કે જે તરુણ પ્રકાંડને યાંત્રિક મજબૂતાઈ પૂરી પાડે છે. અધઃસ્તરની નીચે આવેલા **બાહ્યકના સ્તરો** એ ગોળાકાર પાતળી દીવાલવાળા મૃદુત્તક કોષોના બનેલા છે જે સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાય એવા આંતરકોષીય અવકાશો (intercellular spaces) યુક્ત હોય છે. બાહ્યકનું સૌથી અંદરનું સ્તર **અંતઃસ્તર** કહેવાય છે. અંતઃસ્તરના કોષો સ્ટાર્ચકણો (કાંજીકણો - starch grains) સભર છે અને આ સ્તરને **કાંજીસ્તર** (starch sheath) પણ કહે છે. **પરિચક્ર** એ અંતઃસ્તરની નીચેની બાજુએ અને અન્નવાહકની ઉપર દૃઢોત્તક પેશીના અર્ધચંદ્રાકાર સમૂહો(semi-lunar patches)ના સ્વરૂપમાં આવેલું છે. વાહિપુલોની વચ્ચે અરીય રીતે ગોઠવાયેલા મૃદુત્તક કોષોના કેટલાક સ્તરો આવેલા છે જે મજ્જા કિરણો રચે છે. વાહિપુલો





આકૃતિ 6.7 : પ્રકાંડનો અનુપ્રસ્થ છેદ (T.S.) : (a) દ્વિદળી (b) એકદળી

મોટી સંખ્યામાં વલયમાં ગોઠવાયેલા છે. **વાહિપુલોની** વલયમાં ગોઠવણી એ દ્વિદળી પ્રકાંડની લાક્ષણિકતા છે. દરેક વાહિપુલ એ સહસ્થ (conjoint), વર્ધમાન (open) અને અંતરારંભી (endarch) આદિદારુયુક્ત છે. પ્રકાંડના કેન્દ્રસ્થ ભાગમાં વધુ આંતરકોષીય અવકાશયુક્ત ગોળાકાર મૃદત્તક કોષો વિપુલ પ્રમાણમાં આવેલા હોય છે. જે **મજ્જા**નું નિર્માણ કરે છે.

6.3.4 એકદળી પ્રકાંડ (Monocotyledonous Stem)

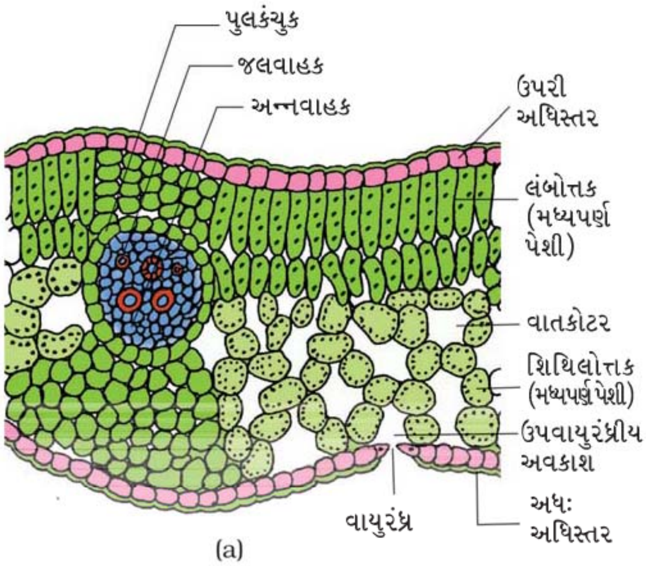
એકદળી પ્રકાંડ એ દઢોત્તકીય અધઃસ્તર, મોટી સંખ્યામાં દઢોત્તકીય પુલકંચુક (sclerenchymatous bundle sheath)થી આવૃત્ત, છુટાછવાયાં વાહિપુલો અને મોટી તથા સ્પષ્ટ મૃદુત્તકીય આધાર પેશી ધરાવે છે (આકૃતિ 6.7 b). વાહિપુલો સહસ્થ અને અવર્ધમાન છે. સામાન્ય રીતે પરિઘવર્તી વાહિપુલો કેન્દ્રમાં સ્થિત વાહિપુલો કરતાં નાના હોય છે. અન્નવાહક મૃદુત્તક ગેરહાજર હોય છે અને વાહિપુલોમાં પાણી ભરેલા ભંગજાત વિવરો આવેલા હોય છે.

6.3.5 પૃષ્ઠવક્ષીય (દ્વિદળી) પર્ણ [Dorsiventral (Dicotyledonous) Leaf]

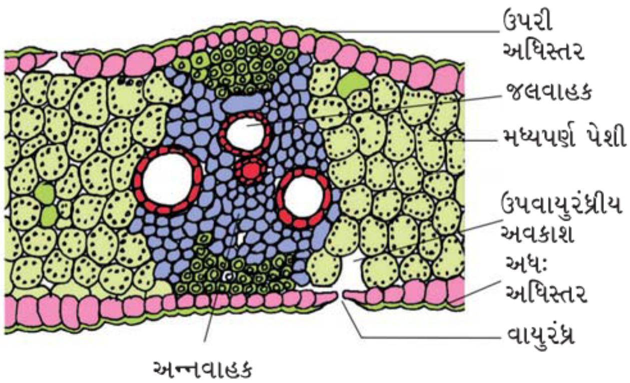
પૃષ્ઠવક્ષીય પર્ણનો અનુપ્રસ્થ છેદ તેના પર્ણફલક(lamina)માં મુખ્યત્વે અધિસ્તર, મધ્યપર્ણ પેશી અને વાહકતંત્ર જેવા ત્રણ મુખ્ય ભાગો દર્શાવે છે. **અધિસ્તર** કે જે બંને એટલે કે ઉપરની સપાટી (ઉપરી અધિસ્તર - adaxial epidermis) અને પર્ણની નીચેની સપાટી(અધઃ અધિસ્તર - abaxial epidermis)ને ઢાંકે છે અને સ્પષ્ટ (conspicuous) ક્યુટિકલ ધરાવે છે. સામાન્ય રીતે અધઃ અધિસ્તર (અપાક્ષીય) અધિસ્તર એ ઉપરી અધિસ્તર (અભ્યક્ષીય) અધિસ્તર કરતાં વધારે પર્ણરંધ્રો ધરાવે છે, એટલે કે અધઃ અધિસ્તરમાં ઉપરી અધિસ્તરની સાપેક્ષે પર્ણરંધ્રોની સંખ્યા વધારે હોય છે. પછીથી કદાચ વાયુરંધ્રોનો અભાવ પણ હોઈ શકે છે. ઉપરી અધિસ્તર અને અધઃઅધિસ્તર વચ્ચેની પેશીને **મધ્યપર્ણ પેશી (mesophyll tissue)** કહે છે. મધ્યપર્ણ પેશી, કે જે હરિતકણો ધરાવે છે તથા મૃદુત્તક કોષોથી બનેલી છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે જવાબદાર છે તે બે પ્રકારના કોષો ધરાવે છે : **મૃદુત્તકીય લંબોત્તક (palisade parenchyma)** અને **મૃદુત્તકીય શિથિલોત્તક (spongy parenchyma)**. ઉપરી અધિસ્તર તરફ મૃદુત્તકીય લંબોતક એ લંબાયેલા કોષોની બનેલી છે કે જેઓ અનુલંબ રીતે અને એકબીજાને સમાંતરે ગોઠવાયેલા છે. અંડાકાર કે ગોળ અને શિથિલ રીતે ગોઠવાયેલી મૃદુત્તકીય શિથિલોત્તક એ લંબોત્તક કોષોની નીચે સ્થાન પામેલી છે અને અધઃઅધિસ્તર (lower epidermis) સુધી વિસ્તરિત છે. આ કોષોની વચ્ચે ઘણી સંખ્યામાં મોટી જગ્યાઓ અને વાત-અવકાશો આવેલા છે. **વાહકતંત્ર**માં વાહિપુલો સમાવિષ્ટ છે કે જે શિરાઓ (veins) અને મધ્યશિરા(midrib)માં જોઈ શકાય છે. વાહિપુલોનું કદ એ શિરાઓના કદ પર આધારિત છે. દ્વિદળી પર્ણોના જાલાકાર શિરાવિન્યાસ(reticulate venation)માં શિરાઓની જાડાઈમાં વિવિધતા છે. વાહિપુલો જાડી દીવાલોવાળા **પુલકંચુક કોષો (bundle sheath cells)**ના સ્તરોથી આવૃત્ત (ઘેરાયેલા) હોય છે. આકૃતિ 6.8 (a) જોઈએ અને વાહિપુલમાં જલવાહક પેશીનું સ્થાન શોધીએ.

6.3.6 સમદ્વિપાર્શ્વ (એકદળી) પર્ણ [Isobilateral (Monocotyledonous) Leaf]

સમદ્વિપાર્શ્વ પર્ણની અંતઃસ્થ રચના એ પૃષ્ઠવક્ષીય પર્ણની અંતઃસ્થ રચનાની સરખામણીએ ઘણી રીતે સમાનતા ધરાવે છે. તે નીચે મુજબના લાક્ષણિક તફાવતો પણ દર્શાવે છે. સમદ્વિપાર્શ્વ પર્ણમાં પર્ણરંધ્રો એ અધિસ્તરની બંને સપાટી પર આવેલા હોય છે (લગભગ સરખા વાયુરંધ્રો). મધ્યપર્ણ પેશી એ મૃદુત્તકીય



(a)



(b)

આકૃતિ 6.8 : પર્ણનો અનુપ્રસ્થ છેદ : (a) દ્વિદળી (b) એકદળી

લંબોત્તક (palisade) અને શિથિલોત્તક (spongy)માં વિભાજિત નથી (આકૃતિ 6.8 b).

તૃણ (ઘાસ)માં ઉપરી અધિસ્તરમાં શિરાઓ સાથે સંકળાયેલા અધિસ્તર સહિતના દેશોમાં કેટલાક કોષો મોટા, ખાલી અને રંગવિહીન કોષોમાં આપમેળે રૂપાંતરિત થાય છે જેમને **ભેજગ્રાહી કોષો (bulliform cells)** કહે છે. જ્યારે પર્ણો ભેજગ્રાહી કોષો ધરાવે ત્યારે ભેજયુક્ત વાતાવરણમાં તેઓ પાણીનું શોષણ કરીને આશૂન (turgid) બને છે અને પર્ણ સપાટી વિસ્તૃત (ખુલ્લી) થાય છે. જ્યારે શુષ્ક વાતાવરણ (જલતાણ)માં તેઓ પાણી ગુમાવી ઢીલા (નરમ - flaccid) થાય છે ત્યારે તેઓ પાણીનો વ્યય અટકાવવા પર્ણને અંદરની બાજુએ વીંટાળવામાં (curl inwards) સહાયક બને છે.

એકદળી પર્ણોમાં સમાંતર શિરાવિન્યાસ (parallel venation) એકસરખા કદના વાહિપુલો (મુખ્ય શિરાઓ સિવાય) પ્રતિબિંબિત કરે છે જે પર્ણોના લંબરૂપ છેદ(vertical section)માં જોઈ શકાય છે.

6.4 દ્વિતીય વૃદ્ધિ (Secondary Growth)

અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશીની મદદથી મૂળ અને પ્રકાંડની લંબાઈમાં વૃદ્ધિ થાય છ જેને પ્રાથમિક વૃદ્ધિ (primary growth) કહે છે. પ્રાથમિક વૃદ્ધિ પૂર્ણ થયા બાદ, મુખ્યત્વે દ્વિદળી વનસ્પતિઓ ઘેરાવ(girth)માં વધારો દર્શાવે છે. ઘેરાવામાં થતા આ વધારાને **દ્વિતીય વૃદ્ધિ** કહે છે. દ્વિતીય વૃદ્ધિમાં બે પ્રકારની **પાર્શ્વીય વર્ધનશીલ પેશીઓ (lateral maristems)** ભાગ લે છે. **વાહિએધા (vascular cambium)** અને **ત્વક્ષૈધા (cork cambium).**

6.4.1 વાહિએધા (Vascular Cambium)

વર્ધનશીલ સ્તર કે જે વાહકપેશીઓ-જલવાહક (xylem) અને અન્નવાહક(phloem)ના નિર્માણ માટે જવાબદાર છે તેને વાહિએધા કહે છે. તરુણ પ્રકાંડમાં જલવાહક અને અન્નવાહકની વચ્ચે એક સ્તર સ્વરૂપે ટુકડાઓ(patches)માં તેની હાજરી હોય છે. ત્યારબાદ તે સંપૂર્ણ વલય(ring)માં પરિણમે છે.

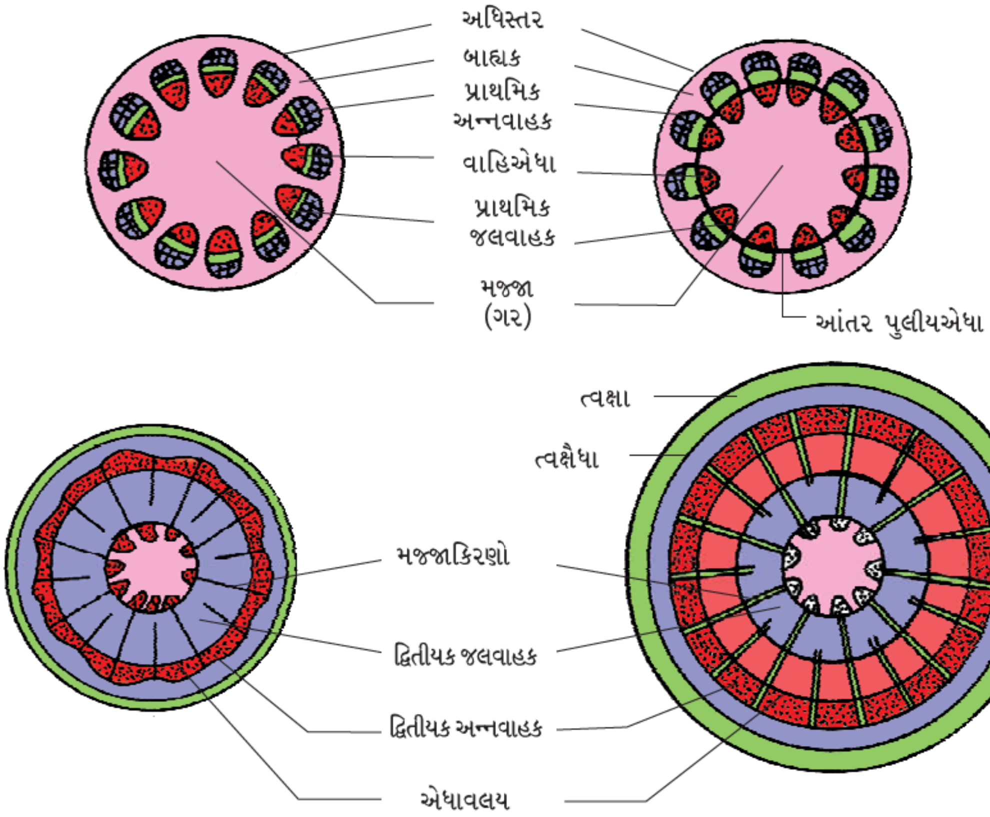
6.4.1.1 એધાવલયનું નિર્માણ (Formation of cambial ring)

દ્વિદળી પ્રકાંડમાં, પ્રાથમિક જલવાહક અને પ્રાથમિક

અન્નવાહકની વચ્ચે એધાના કોષો આવેલા હોય છે તેને **અંતઃપુલીય (intrafascicular cambium)** એધા કહે છે. મજ્જાંશુ કે મજ્જાકિરણોના કોષો અંતઃ પુલીય એધાના સંપર્કમાં રહીને વર્ધમાન બને છે અને **આંતરપુલીય એધા (interfascicular cambium)**નું નિર્માણ કરે છે. આથી, અંતઃપુલીયએધા અને આંતરપુલીય એધા/એધાવલયની ક્રિયાશીલતા જોડાઈ સળંગ એધાવલય(cambium ring)નું નિર્માણ કરે છે.

6.4.1.2 એધાવલયની ક્રિયાશીલતા (Activity of cambial ring)

એધાવલય ક્રિયાશીલ (સક્રિય - activity) બનતાં અંદરની અને બહારની એમ બંને બાજુએ વિભાજન પામી નવા કોષો ઉત્પન્ન થવાની શરૂઆત કરે છે. મજ્જા તરફ વિભાજન પામતી એધાના કોષો **દ્વિતીયક જલવાહક**માં પરિવક્વન પામે છે અને પરિઘવર્તી એધાના કોષો **દ્વિતીયક અન્નવાહક**માં પરિપક્વન પામે છે. સામાન્ય રીતે એધા એ બહારની બાજુ કરતાં અંદરની બાજુએ વધુ ક્રિયાશીલ હોય છે. જેને પરિણામે, દ્વિતીય અન્નવાહકની સાપેક્ષે વધુ પ્રમાણમાં દ્વિતીયક જલવાહક ઉત્પન્ન કરે છે અને તેનો સંઘટિત જથ્થો (compact mass) બને છે. આ સ્થિતિએ દ્વિતીયક જલવાહક પ્રકાંડનો મુખ્ય ભાગ બને છે. દ્વિતીયક જલવાહકના સતત નિર્માણ અને સંચયને લીધે દબાણ સર્જાય છે અને આ દબાણને કારણે પ્રાથમિક અન્નવાહક અને દ્વિતીયક અન્નવાહક ધીમે ધીમે કચડાઈ (gradually crushed) જાય છે. પ્રાથમિક જલવાહક લાંબા સમય સુધી અને કેન્દ્રમાં કે કેન્દ્રની આસપાસ અકબંધ (યથાવત્) રહે છે. એધા કેટલીક જગ્યાએ, દ્વિતીયક જલવાહક અને દ્વિતીય અન્નવાહકમાંથી પસાર થતી અરીય દિશામાં લંબાયેલી મૃદુત્તક કોષોની સાંકડી પટ્ટીઓ (narrow bands) બનાવે છે. આ પટ્ટીઓ **દ્વિતીયક મજ્જાકિરણો** છે (આકૃતિ 6.9).



આકૃતિ 6.9 : દ્વિદળી પ્રકાંડમાં દ્વિતીય વૃદ્ધિ (રેખાકૃતીય નિરુપણ) – અનુપ્રસ્થ દેખાવમાં તબક્કાઓ

6.4.1.3 વસંતકાષ્ઠ અને શરદકાષ્ઠ (Spring wood and autumn wood)

એધાની સક્રિયતા એ ઘણા દેહધાર્મિક કે પર્યાવરણીય પરિબળોના નિયમન હેઠળ થાય છે. સમશીતોષ્ણ(temperate region) વિસ્તારોમાં વર્ષ દરમિયાન આબોહવાકીય પરિસ્થિતિ (climatic condition) એકસરખી હોતી નથી. વસંતઋતુમાં એધા ખૂબ જ ક્રિયાશીલ હોય છે અને વધુ પ્રમાણમાં વિશાળ અવકાશયુક્ત જલવાહિનીઓ ધરાવતા જલવાહક ઘટકો ઉત્પન્ન કરે છે. આ ઋતુ દરમિયાન બનતા કાષ્ઠને **વસંતકાષ્ઠ (spring wood)** કે **પૂર્વકાષ્ઠ (early wood)** કહે છે. શિયાળામાં એધા ઓછી ક્રિયાશીલ હોય છે અને સાંકડી જલવાહિનીઓ ધરાવતા થોડાક પ્રમાણમાં જલવાહક ઘટકો ઉત્પન્ન કરે છે અને આ કાષ્ઠને **શરદકાષ્ઠ (autumn wood)** કે **માજીકાષ્ઠ (late wood)** કહે છે.

વસંતકાષ્ઠ આછા રંગનું હોય છે તથા ઓછી ઘનતા (lower density) ધરાવે છે જ્યારે શરદકાષ્ઠ ઘેરા રંગનું તથા વધુ ઘનતા (higher density) ધરાવે છે. બે પ્રકારના કાષ્ઠો કે જે એકાંતરે (alternate) કેન્દ્રાનુવર્તી (concentric) વલયોમાં દેખાય છે જે **વાર્ષિક વલયો (annual rings)** બનાવે છે. કાપેલા પ્રકાંડમાં જોવા મળતા વાર્ષિક વલયો વૃક્ષની ઉંમરનો અંદાજ આપે છે.

6.4.1.4 મધ્યકાષ્ઠ અને રસકાષ્ઠ (Heartwood and sapwood)

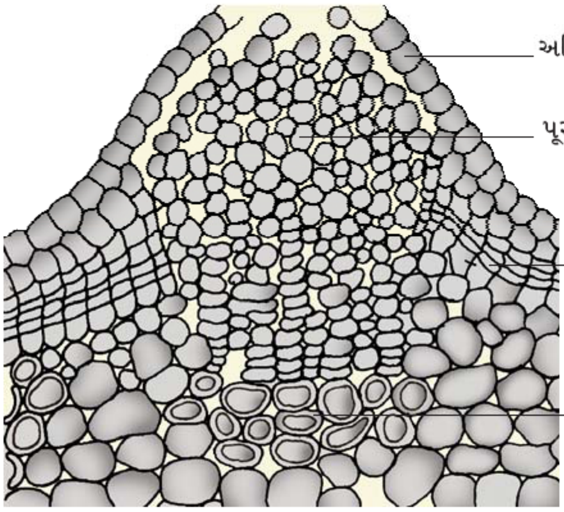
જૂના (ઘરડાં- old) વૃક્ષમાં, દ્વિતીય જલવાહકનો મોટો ભાગ એ પ્રકાંડના કેન્દ્રમાં કે અંદરના સ્તરોમાં ટેનિન (tannins), રાળ (resins), તેલ (oils), ગુંદર (gums), સુગંધીદાર પદાર્થો (aromatic substances) અને આવશ્યક તેલ (essential oils) જેવા કાર્બનિક પદાર્થો(organic compound)ની જમાવટને કારણે ઘેરા બદામી રંગનો દેખાય છે. આ પદાર્થો કાષ્ઠને સખત (hard), ટકાઉ (durable) અને સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ કે કીટકોના આક્રમણ સામે પ્રતિરોધક (resistant) બનાવે છે. આ પ્રદેશ વધુ પ્રમાણમાં લિગ્નીનયુક્ત દીવાલો સાથેના મૃત ઘટકો ધરાવે છે, તેને **મધ્યકાષ્ઠ (heartwood)** કહે છે. મધ્યકાષ્ઠ પાણીનું વહન કરતું નથી પરંતુ પ્રકાંડને યાંત્રિક આધાર આપે છે. દ્વિતીયક જલવાહકનો પરિઘવર્તી પ્રદેશ આછા રંગનો છે જેને **રસકાષ્ઠ (sapwood)** કહે છે. તે મૂળથી પર્ણ તરફ પાણી અને ખનીજ દ્રવ્યોના વહનમાં ભાગ લે છે.

6.4.2 ત્વક્ષૈધા (Cork Cambium)

વાહિએધાની સક્રિયતાને કારણે પ્રકાંડના ઘેરાવામાં સતત વધારો થવાથી બાહ્યબાહ્યકીય (outer cortical) અને અધિસ્તરીય સ્તરો પણ દબાણ વધવાને પરિણામે આ સ્તરો તૂટી જાય છે અને તેને બદલે નવા રક્ષણ કરતા કોષીય સ્તરો પુરા પાડવાની જરૂરિયાત ઊભી થાય છે. તેથી વહેલા કે પછી સામાન્ય રીતે બાહ્યકના અન્ય પ્રદેશમાં વર્ધનશીલ પેશી બને છે જેને **ત્વક્ષીયએધા કે ત્વક્ષૈધા (cork cambium or phellogen)** કહે છે. ત્વક્ષૈધા હંમેશાં બાહ્યક પ્રદેશમાં વિકાસ પામે છે. ત્વક્ષૈધા એ બે જાડા સ્તરો ધરાવે છે. તે સાંકડા, પાતળી દીવાલયુક્ત અને લગભગ લંબચોરસ કોષોની બનેલી છે. ત્વક્ષૈધા બંને બાજુએ કોષો ઉમેરે છે. બહારના કોષો **છાલ કે ત્વક્ષા(cork or phellem)**માં વિભેદિત થાય છે જ્યારે અંદરના કોષો **દ્વિતીય બાહ્યક** કે **ઉપત્વક્ષા**(secondary cortex or phelloderm)માં વિભેદન પામે છે. કોષદીવાલમાં સુબેરિનની જમાવટને કારણે ત્વક્ષાના કોષો પાણી માટે અપ્રવેશશીલ છે. **દ્વિતીય બાહ્યક**ના કોષો મૃદુત્તકીય છે. ત્વક્ષૈધા (phellogen), ત્વક્ષા (phellem) અને ઉપત્વક્ષા (phelloderm) એકત્રિત થઈને બનતી રચના **બાહ્યવલ્ક (periderm)**

તરીકે ઓળખાય છે. ત્વક્ષૈધાની ક્રિયાશીલતાને કારણે, ત્વક્ષૈધાથી પરિઘવર્તી પ્રદેશ તરફ આવેલા બાકીના સ્તરો પર દબાણ ઉત્પન્ન થાય છે અને આખરે આ સ્તરો મૃત બની ધીમે ધીમે નાશ પામે છે. **છાલ (bark)** એ અપ્રવિધિય (non-technical) શબ્દ છે કે જે દ્વિતીયક અન્નવાહક સહિત વાહિએધાથી બહારની બધી પેશીઓ માટે ઉલ્લેખાય છે, તેથી છાલ એ બાહ્યવલ્ક અને દ્વિતીયક અન્નવાહક જેવી પેશીઓના પ્રકારોની સંખ્યા સૂચવે છે. છાલ કે જે ઋતુની શરૂઆતમાં નિર્માણ પામે છે તેને **પૂર્વછાલ (early bark)** કે **નરમ છાલ (soft bark)** કહે છે. ઋતુની અંતમાં તે **માજી છાલ (late bark)** કે **સખત છાલ(hard bark)**માં પરિણમે છે. (છાલ બનાવતા વિવિધ પ્રકારના કોષીય સ્તરોના નામ આપો).

ત્વક્ષૈધા નિયત જગ્યાએ (certain regions) વિભાજન પામી ત્વક્ષાના કોષોને બદલે ગાઢ રીતે ગોઠવાયેલા મૃદુત્તક કોષો ઉત્પન્ન કરે છે. આ મૃદુત્તકીય કોષો ત્વરિત રીતે ભંગાણ (rupture) પામી બહિર્ગોળ આકાર(lens shaped)ની ખુલ્લી રચના બનાવે છે જેને **વાતછિદ્રો (lenticels)** કહે છે. વાતછિદ્રો દ્વારા બહારના વાતાવરણ અને પ્રકાંડની આંતરિક પેશી વચ્ચે વાયુઓની આપ-લે થાય છે. તેઓ મુખ્યત્વે કાષ્ઠીય વૃક્ષો(woody trees)માં હોય છે (આકૃતિ 6.10).



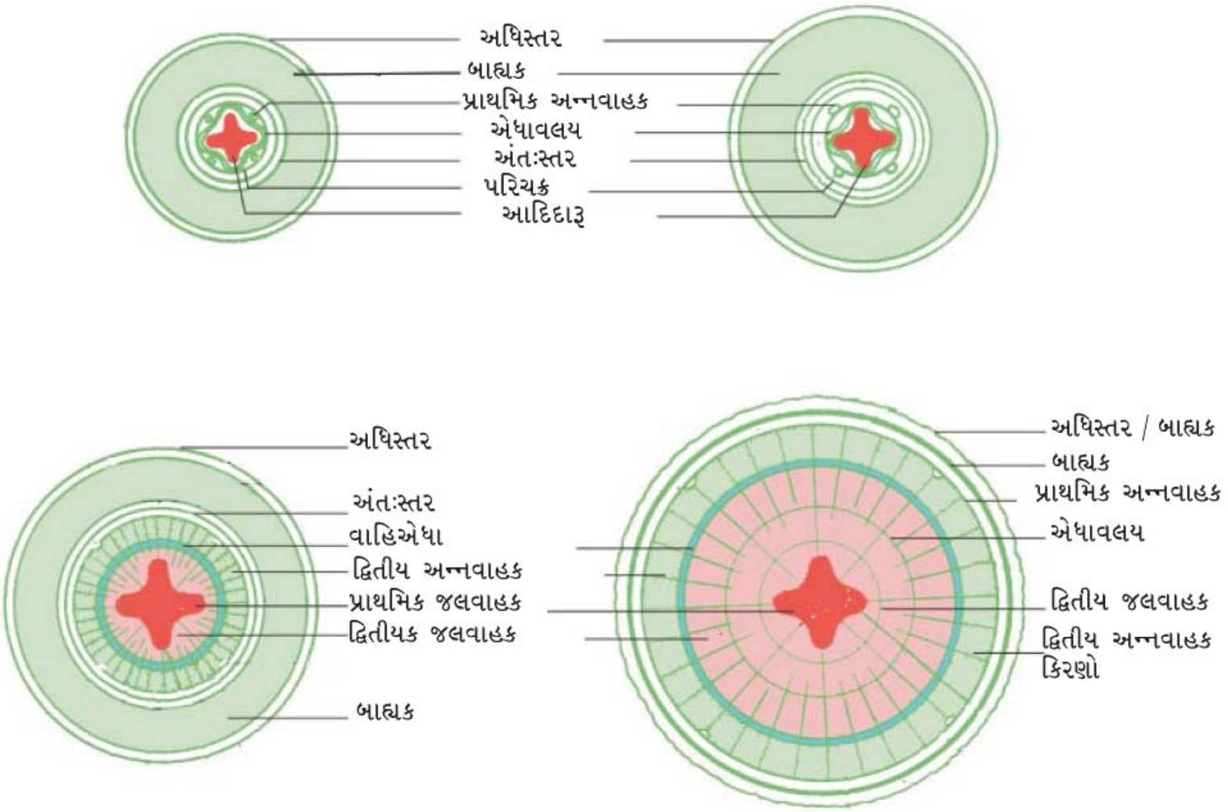
(a)

(b)

આકૃતિ 6.10 : (a) વાતછિદ્ર (b) છાલ

6.4.3 મૂળમાં દ્વિતીય વૃદ્ધિ (Secondary Growth in Roots)

દ્વિદળી વનસ્પતિઓના મૂળમાં, વાહિએધા એ ઉત્પત્તિની દૃષ્ટિએ સંપૂર્ણ રીતે દ્વિતીય (secondary) છે. તે અન્નવાહક સમૂહો(phloem bundles)ની લગોલગ નીચે રહેલી પેશીઓમાંથી ઉદ્ભવ પામે છે અને પરિચક્રકીય પેશીના ભાગરૂપ, આદિદારુ(protoxylem)ની ઉપર, સળંગ અને સતત તરંગિત (wavy) વલયનું નિર્માણ કરે છે, કે જે પાછળથી વર્તુળાકાર બને છે (આકૃતિ 6.11). ત્યાર પછીની ઘટના દ્વિદળી પ્રકાંડમાં ઉપર વર્ણવ્યા પ્રમાણે એકસરખી જ છે.



આકૃતિ 6.11 : લાક્ષણિક દ્વિદળી મૂળમાં દ્વિતીય વૃદ્ધિના વિવિધ તબક્કાઓ

અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓના પ્રકાંડ અને મૂળમાં પણ દ્વિતીય વૃદ્ધિ થાય છે. જોકે એકદળી વનસ્પતિઓમાં દ્વિતીય વૃદ્ધિ થતી નથી.

સારાંશ

અંતઃસ્થરચનાકીય (anatomically) રીતે વનસ્પતિ વિવિધ પ્રકારની પેશીઓની બનેલી છે. વનસ્પતિ પેશીઓ એ વર્ધનશીલ પેશીઓ (meristematic tissues) (અગ્રીય - પાર્શ્વીય અને આંતરવિષ્ટ) તથા સ્થાયી પેશીઓ (સરળ - અને જટિલ)માં વિસ્તૃત રીતે વર્ગીકૃત છે. ખોરાકનું પરિપાચન (assimilation) અને તેનો સંગ્રહ (storage), પાણી, ખનીજદ્રવ્યો અને પ્રકાશસંશ્લેષણ કરતા પદાર્થો (photosynthates) તથા યાંત્રિક આધાર એ પેશીઓના મુખ્ય કાર્યો છે. ત્રણ પ્રકારના પેશીતંત્રો છે : અધિસ્તરીય (epidermal), આધારક (ground) અને વાહક (vascular). અધિસ્તરીય પેશીતંત્ર અધિસ્તરીય કોષ, વાયુરંધ્રો અને અધિસ્તરીય બહિરુદભેદોની બનેલી છે. આધારોતક પેશીતંત્ર વનસ્પતિનો મુખ્ય જથ્થો બનાવે છે. તે ત્રણ પ્રદેશોમાં વિભાજિત છે : બાહ્યક, પરિચક્ર અને મજ્જા. વાહક પેશીતંત્ર જલવાહક અને અન્નવાહકથી બનેલું છે. એધાની હાજરી, જલવાહક (xylem) અને અન્નવાહક(phloem)ના સ્થાનને આધારે વાહિપુલો જુદા જુદા પ્રકારના છે. વાહિપુલો વહનપેશી રચે છે અને

પાણી, ખનીજ દ્રવ્યો અને ખોરાક સભર પદાર્થો સ્થાનાંતરિત (translocate) કરે છે.

એકદળી અને દ્વિદળી વનસ્પતિઓ તેમની આંતરિક રચનામાં ધ્યાન ખેંચે તેવી વિવિધતા દર્શાવે છે. તેઓ પ્રકાર, સંખ્યા અને વાહિપુલોના સ્થાનમાં જુદા છે. મુખ્યત્વે દ્વિદળી વનસ્પતિઓના મૂળ અને પ્રકાંડમાં દ્વિતીય વૃદ્ધિ થાય છે અને વાહિએધા તથા ત્વક્ષૈધાની સક્રિયતાથી અંગોના ઘેરાવા(વ્યાસ - diameter)માં વધારો થાય છે. કાષ્ઠ એ ખરેખર દ્વિતીય જલવાહક છે. બંધારણ (composition) અને ઉત્પત્તિના સમયને આધારે કાષ્ઠના વિવિધ પ્રકારો છે.

સ્વાધ્યાય

1. વિવિધ પ્રકારની વર્ધનશીલ પેશીઓનાં સ્થાન અને કાર્ય જણાવો.
2. ત્વક્ષૈધા પેશીઓ બનાવે છે જે ત્વક્ષાનું નિર્માણ કરે છે. શું તમે આ વાક્ય સાથે સહમત છો ? સમજાવો.
3. પદ્ધતિસરની રૂપરેખાઓ સહિત કાષ્ઠીય આવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓના પ્રકાંડમાં થતી દ્વિતીય વૃદ્ધિની ક્રિયાવિધિ સમજાવો. તેની લાક્ષણિકતાઓ શું છે ?
4. નીચેનાના અંતઃસ્થ રચનાકીય તફાવતો સ્પષ્ટ કરતી નામનિર્દેશિત આકૃતિ દોરો :
   (a) એકદળી મૂળ અને દ્વિદળી મૂળ
   (b) એકદળી પ્રકાંડ અને દ્વિદળી પ્રકાંડ
5. તમારી શાળાના બગીચામાંથી લાવેલ વનસ્પતિના તરુણ પ્રકાંડનો અનુપ્રસ્થ છેદ લો અને સૂક્ષ્મદર્શક-યંત્રની મદદથી તેનું નિરીક્ષણ કરો. તમે કેવી રીતે નક્કી કરશો કે તે એકદળી પ્રકાંડ છે કે દ્વિદળી ? કારણો આપો.
6. વનસ્પતિનો અનુપ્રસ્થ છેદ નીચેના અંતઃસ્થરચનાકીય લક્ષણો દર્શાવે છે : (a) સહસ્થ, છૂટાછવાયા અને દૃઢોત્તકીય પુલકંચુકથી ઘેરાયેલા વાહિપુલો. (b) અન્નવાહક મૃદુત્તક ગેરહાજર છે. તમે તેને શું ઓળખાવશો ?
7. શા માટે જલવાહક અને અન્નવાહકને જટિલ પેશીઓ કહે છે ?
8. વાયુરંધ્ર પ્રસાધન શું છે ? નામનિર્દેશિત આકૃતિ સહિત વાયુરંધ્રોની રચના સમજાવો.
9. સપુષ્પ વનસ્પતિઓમાં ત્રણ મુખ્ય પેશીતંત્રોનાં નામ આપો. દરેક તંત્રમાં પેશીનાં નામ આપો.
10. વનસ્પતિ અંતઃસ્થરચનાનો અભ્યાસ આપણને કેવી રીતે ઉપયોગી છે ?
11. બાહ્યવલ્ક શું છે ? દ્વિદળી પ્રકાંડમાં બાહ્યવલ્કનું નિર્માણ કેવી રીતે થાય છે ?
12. નામનિર્દેશિત આકૃતિની મદદથી પૃષ્ઠવક્ષીય પર્ણની આંતરિક રચના વર્ણવો.

પ્રકરણ 7

પ્રાણીઓમાં રચનાકીય આયોજન (Structural Organisation in Animals)

7.1 પ્રાણી પેશીઓ

7.2 અંગ અને અંગતંત્ર

7.3 અળસિયું

7.4 વંદો

7.5 દેડકો

તમે આગળના પ્રકરણમાં પ્રાણી સૃષ્ટિના વિશાળ વિવિધતા ધરાવતા એકકોષીય તેમજ બહુકોષીય સજીવોનો અભ્યાસ કર્યો, એકકોષી સજીવોમાં બધાં જ કાર્યો જેવા કે પાચન, શ્વસન, તથા પ્રજનન એક જ કોષ દ્વારા સંપન્ન થાય છે. બહુકોષી સજીવોના જટિલ શરીરમાં ઉપરની મૂળભૂત પ્રક્રિયાઓ જુદા જુદા કોષોના સમૂહ દ્વારા વ્યવસ્થિત રૂપે પૂર્ણ થાય છે. સરળ પ્રાણી જળવ્યાળ (હાઈડ્રા)નું શરીર જુદા જુદા પ્રકારના કોષોનું બનેલ હોય છે. જેમાં પ્રત્યેક પ્રકારોમાં કોષોની સંખ્યા હજારોમાં હોય છે. મનુષ્યનું શરીર અબજો કોષોનું બનેલ હોય છે. જે વિભિન્ન કાર્યોને પૂર્ણ કરે છે. આ કોષો શરીરમાં એક સાથે કેવી રીતે કામ કરે છે ? બહુકોષી સજીવોમાં સમાન કોષોનો સમૂહ આંતરકોષીય ઘટકો સાથે એક ચોક્કસ કાર્ય કરે છે. કોષોનું આવું સંગઠન **પેશી** કહેવાય છે.

તમને આશ્ચર્ય થશે કે બધા જટિલ પ્રાણીઓનું શરીર માત્ર ચાર પ્રકારની મૂળભૂત પેશીઓનું બનેલ હોય છે. આ બધી પેશીઓ એક ચોક્કસ માત્રા અને ભાતમાં સંગઠિત થઈને અંગોનું નિર્માણ કરે છે, જેમ કે જઠર, ફેફસાં, હૃદય અને મૂત્રપિંડ. જ્યારે બે કે બેથી વધુ અંગો તેમની ભૌતિક અને / કે રાસાયણિક આંતર ક્રિયા દ્વારા નિશ્ચિત કાર્યો કરવા સાથે મળીને અંગતંત્રનું નિર્માણ કરે છે. દા.ત., પાચનતંત્ર, શ્વસનતંત્ર વગેરે. સમગ્ર શરીરની જૈવિક ક્રિયાઓ કોષો, પેશીઓ, અંગ અને અંગતંત્રમાં શ્રમવિભાજન દ્વારા પૂર્ણ થાય છે અને પૂર્ણ એવી રીતે થાય છે કે જે શરીરને જીવંત રાખવા માટે યોગદાન પૂરું પાડે છે.

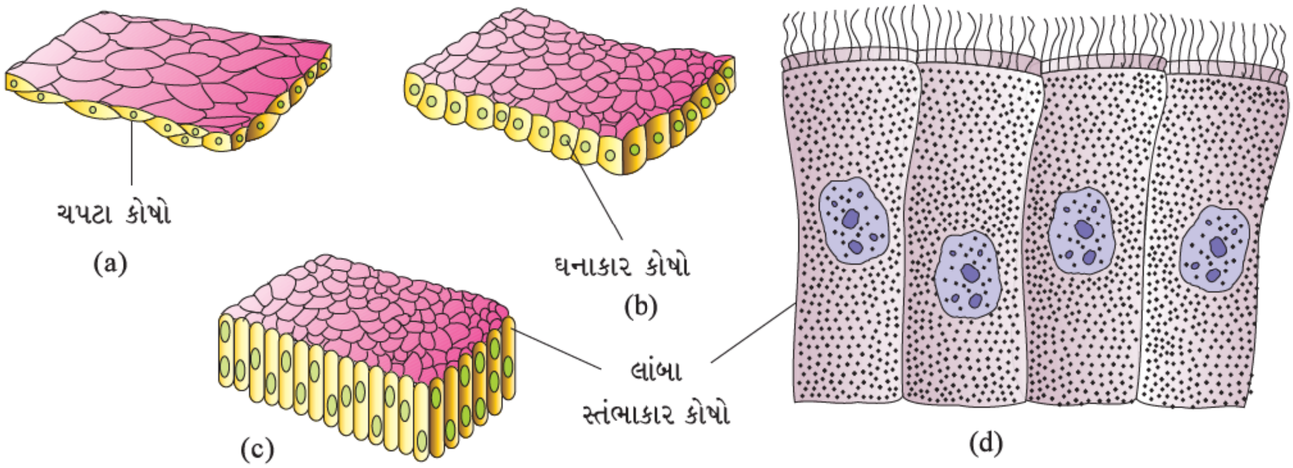
7.1 પ્રાણી પેશીઓ (Animal Tissues)

કોષોના કાર્યોને અનુલક્ષીને તેની રચના બદલાતી રહે છે. તેથી પેશીઓ જુદા જુદા પ્રકારની હોય છે અને મુખ્યત્વે ચાર પ્રકારમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે : (i) અધિચ્છદીય પેશી (ii) સંયોજક પેશી (iii) સ્નાયુ પેશી (iv) ચેતાપેશી.

7.1.1 અધિચ્છદીય પેશી (Epithelial Tissue)

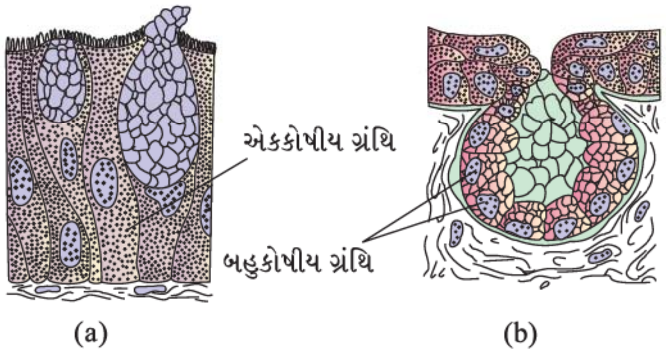
આપણે સામાન્ય રીતે અધિચ્છદીય પેશીને અધિચ્છદ કહીએ છે. આ પેશીમાં એક મુક્ત સપાટી હોય છે જે દેહજળ અથવા બાહ્ય વાતાવરણના સંપર્કમાં રહે છે અને આ રીતે શરીરનાં કેટલાક ભાગોને આવરણ અથવા અસ્તર પૂરું પાડે છે. ઓછું આંતરકોષીય આધારક ધરાવતા કોષો સઘન ગોઠવણી દર્શાવે છે. અધિચ્છદીય પેશી બે પ્રકારની હોય છે. જેમ કે **સરળ અધિચ્છદ** અને **સંયુક્ત અધિચ્છદ.** સરળ અધિચ્છદના કોષો એકસ્તરીય ગોઠવણી ધરાવે છે અને દેહ ગુહાઓ, વાહિનીઓ અને નલિકાઓના અસ્તર તરીકે વર્તે છે. સંયુક્ત અધિચ્છદ બે કે બેથી વધુ સ્તરીય ગોઠવણી ધરાવે છે અને તેનું કાર્ય રક્ષણાત્મક હોય છે જેમ કે આપણી ત્વચા.

કોષોના રચનાત્મક રૂપાંતરણના આધારે સરળ અધિચ્છદ પેશીને ત્રણ પ્રકારમાં વિભાજીત કરવામાં આવે છે. જેમ કે, (i) લાદીસમ, (ii) ઘનાકાર, (iii) સ્તંભાકાર (આકૃતિ 7.1).



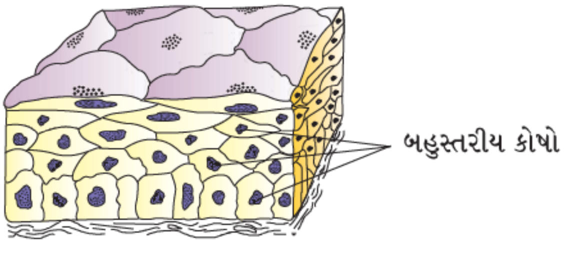
આકૃતિ 7.1 : સરળ અધિચ્છદ : (a) લાદીસમ (b) ઘનાકાર (c) સ્તંભાકાર
(d) પક્ષ્મો ધરાવતાં સ્તંભાકાર કોષો

અનિયમિત કિનારી ધરાવતા ચપટાં કોષોના એક પાતળાં સ્તરથી **લાદીસમ અધિચ્છદ પેશી** બનેલી છે. આ પેશી રુધિરવાહિનીઓની દીવાલ, ફેફસાંનાં વાયુકોષ્ઠોમાં જોવા મળે છે જે પ્રસરણ સીમા તરીકેનું કાર્ય કરે છે. **ઘનાકાર અધિચ્છદ** એકસ્તરીય ઘનાકાર કોષોની બનેલ હોય છે. આ સામાન્યતઃ ગ્રંથિઓની નલિકાઓ, મૂત્રપિંડમાં મૂત્રપિંડ નલિકા (Nephron)ના નલિકાકાર ભાગોમાં જોવા મળે છે. તેનું મુખ્ય કાર્ય સ્રાવ અને શોષણનું છે. મૂત્રપિંડમાં મૂત્રપિંડ નલિકાના નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા(PCT)ની અધિચ્છદ સપાટી પર સૂક્ષ્માંકુરો હોય છે. **સ્તંભાકાર અધિચ્છદ** લાંબા અને પાતળા કોષોના એકસ્તરથી બનેલ હોય છે. તેમના કોષકેન્દ્રો તલસ્થ ભાગે હોય છે. તે મુક્ત સપાટી સૂક્ષ્માંકુરો ધરાવી શકે છે. તે જઠર અને આંતરડાની અંતઃસ્થ સપાટી (અસ્તર) પર જોવા મળે છે અને તે સ્રાવ તથા શોષણમાં મદદ કરે છે. જો ઘનાકાર અથવા સ્તંભાકાર કોષોની મુક્ત સપાટી પક્ષ્મો ધરાવતી હોય તો તેને **પક્ષ્મલ અધિચ્છદ** કહે છે (આકૃતિ 7.1 d). તેનું કાર્ય સૂક્ષ્મકણો અથવા શ્લેષ્મને ચોક્કસ દિશામાં ધકેલવાનું હોય છે. તે મુખ્યતઃ શ્વાસવાહિકાઓ તથા અંડવાહિની જેવા પોલા અંગોની અંતઃ સપાટી પર જોવા મળે છે.



આકૃતિ 7.2 : ગ્રંથિમય અધિચ્છદ :
(a) એકકોષીય (b) બહુકોષીય

કેટલાક સ્તંભાકાર અથવા ઘનાકાર કોષો સ્રાવ કરવા માટે વિશિષ્ટ રીતે રૂપાંતરણ પામે છે અને તેઓને **ગ્રંથિલ અધિચ્છદ** કહે છે (આકૃતિ 7.2). તેઓ મુખ્યત્વે બે પ્રકારની હોય છે. જેમ કે એકકોષીય કે જે છૂટાછવાયા ગ્રંથિલ કોષોની બનેલ હોય છે (અન્નમાર્ગના ગોબ્લેટ કોષો), અને બહુકોષીય કે જે કોષોનાં સમૂહથી બને છે (લાળ ગ્રંથિ). સ્રાવના નિકાલના પ્રકારના આધારે ગ્રંથિઓને બે પ્રકારમાં વહેંચવામાં આવે છે. જેમ કે, **બાહ્યસ્રાવી** અને **અંતઃસ્રાવી** ગ્રંથિઓ. બાહ્યસ્રાવી ગ્રંથિ શ્લેષ્મ, લાળ, કર્ણમીણ, તેલ, દૂધ, પાચક ઉત્સેચકો અને અન્ય કોષીય નીપજોનો સ્રાવ કરે છે. આ બધી નીપજો વાહિનીઓ તથા નલિકાઓના માધ્યમ દ્વારા નિકાલ પામે છે. તેનાથી વિપરિત અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ વાહિનીઓ ધરાવતી નથી. તેની નીપજને અંતઃસ્રાવો કહે છે, જે ગ્રંથિમાંથી સીધા તરલમાં સ્ત્રવિત થાય છે.



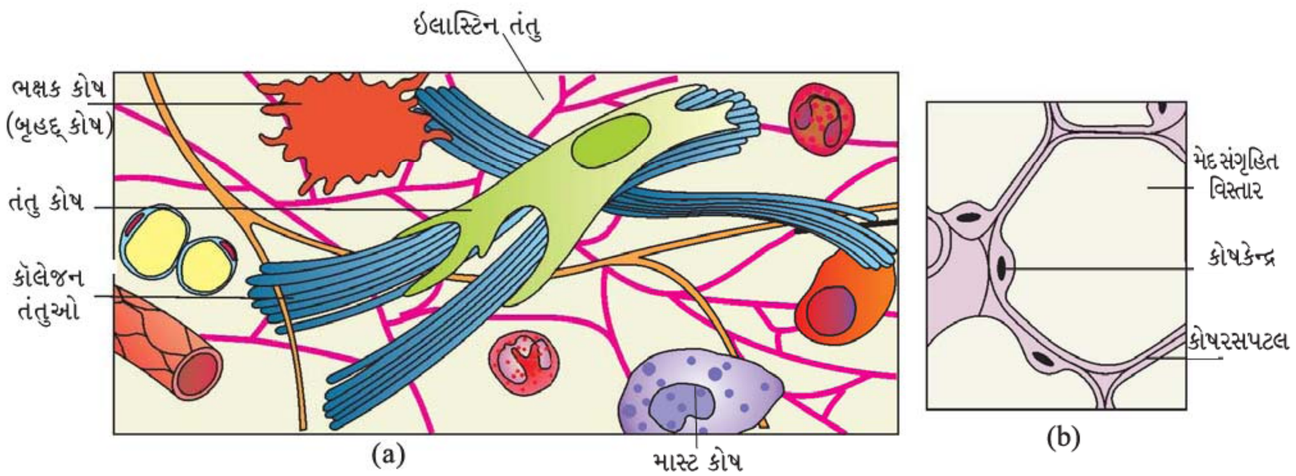
આકૃતિ 7.3 : સંયુક્ત અધિચ્છદ

સંયુકત અધિચ્છદ એક કરતાં વધારે સ્તર (બહુસ્તરીય)ની બનેલ હોય છે અને આથી સ્રાવ અને શોષણમાં તેની ભૂમિકા સીમિત હોય છે (આકૃતિ 7.3). તેનું મુખ્ય કાર્ય રાસાયણિક અને યાંત્રિક તાણ સામે રક્ષણ પૂરું પાડવાનું હોય છે. તે ત્વચાની શુષ્ક સપાટી, મુખગુહાની ભીની સપાટી, કંઠનળી, લાળ ગ્રંથિઓ અને સ્વાદુપિંડ નલિકાઓની અંતઃ સપાટીને આવરિત કરે છે.

આ અધિચ્છદના બધા જ કોષો એકબીજા સાથે ઓછા આંતરકોષીય પદાર્થો દ્વારા જોડાયેલા રહે છે. લગભગ બધી પ્રાણી પેશીઓમાં કોષોના વિશિષ્ટ જોડાણ વ્યક્તિગત કોષોને રચનાત્મક અને કાર્યાત્મક જોડાણ પ્રદાન કરે છે. અધિચ્છદ અને અન્ય પેશીઓમાં ત્રણ પ્રકારના કોષીય જોડાણ જોવા મળે છે, જેમ કે દૃઢ, અભિલગ્ન અને અવકાશી જોડાણ. **દૃઢ જોડાણ** પદાર્થોને પેશીની બહાર નીકળતા અટકાવે છે. **અભિલગ્ન જોડાણ** પાસ પાસેના કોષોને એકબીજાથી જોડવાનું કામ કરે છે. **અવકાશી જોડાણ** કોષોના કોષીય દ્રવ્યને એકબીજા સાથે જોડીને આયનો તથા નાનાં અણુઓ તેમજ કેટલીક વાર બૃહદ્ અણુઓને ત્વરિત સ્થળાંતરણ માટે અનુકૂળતા પૂરી પાડે છે.

7.1.2 સંયોજક પેશી (Connective Tissue)

જટિલ પ્રાણીઓનાં શરીરમાં સંયોજક પેશી વિસ્તૃત રૂપે ફેલાયેલ હોય છે. સંયોજક પેશીનું નામ શરીરની અન્ય પેશીઓ અને અંગોને એકબીજા સાથે જોડવા તથા અવલંબનના આધારે આપવામાં આવ્યું છે. સંયોજક-પેશીમાં શિથિલ પેશીથી લઈને વિશેષ પ્રકારની પેશીઓમાં કાસ્થિ, અસ્થિ, મેદપૂર્ણ તથા રુધિરનો સમાવેશ થાય છે. રુધિર સિવાય બધી જ સંયોજક પેશીના કાષો રચનાત્મક પ્રોટીનના તંતુ સ્રવિત કરે છે જેને કૉલેજન



આકૃતિ 7.4 : શિથિલ સંયોજક પેશી (a) તંતુ ઘટક પેશી (b) મેદપૂર્ણ પેશી

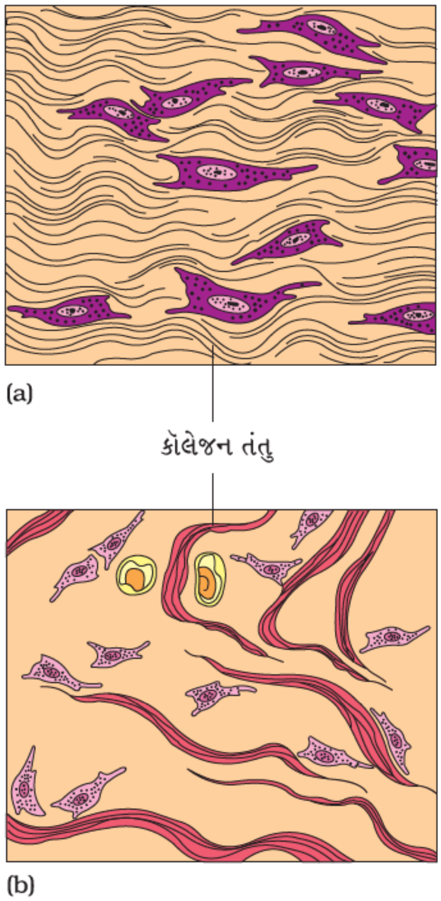
અથવા ઈલાસ્ટિન કહે છે. તંતુઓ પેશીઓને મજબૂતાઈ, સ્થિતિસ્થાપકતા અને લચીલાપણું પ્રદાન કરે છે. આ કોષો રૂપાંતરિત પોલિસેકેરાઇડ્સનો સ્રાવ પણ કરે છે કે જે કોષો અને તંતુઓની વચ્ચે જમા થઈને મેટ્રિક્સ(આધારક દ્રવ્યો) તરીકે વર્તે છે. સંયોજક પેશીને ત્રણ પ્રકારોમાં વગીકૃત કરવામાં આવેલ છે :

(i) શિથિલ સંયોજક પેશી (ii) સઘન સંયોજક પેશી અને

(iii) વિશિષ્ટ સંયોજક પેશી.

શિથિલ સંયોજક પેશીમાં કોષો તેમજ તંતુઓ એકબીજા સાથે અર્ધતરલ આધારક પદાર્થમાં શિથિલતાથી ગોઠવાયેલા હોય છે. દા.ત., **તંતુઘટક પેશી** કે જે ત્વચાની નીચે આવેલ હોય છે (આકૃતિ 7.4). ઘણી વખત તે અધિચ્છદ પેશી માટે આધારકીય માળખાનું કાર્ય કરે છે. તે તંતુકોષો (કોષો કે જે તંતુઓનું નિર્માણ કરે છે), બૃહદ્ કોષો (ભક્ષક કોષો) અને માસ્ટ કોષો ધરાવે છે. **મેદપૂર્ણ પેશી** બીજી શિથિલ સંયોજક પેશી છે. જે મુખ્યત્વે ચામડીની નીચે આવેલી હોય છે. આ પેશીના કોષો મેદના સંગ્રહ માટે વિશિષ્ટીકરણ પામેલ હોય છે, જે વધારાના પોષક પદાર્થો કે જે ત્વરિત રીતે ઉપયોગમાં લેવાતાં નથી તે મેદમાં રૂપાંતરણ પામે છે અને આ પેશીમાં સંગ્રહિત થાય છે.

સઘન સંયોજક પેશીમાં તંતુ તેમજ તંતુ કોષો સઘન રીતે ગોઠવાયેલા હોય છે. તંતુઓની ગોઠવણી નિયમિત અને અનિયમિત ભાત દર્શાવે છે અને તેને **સઘન નિયમિત** અને **સઘન અનિયમિત પેશી** કહે છે. સઘન નિયમિત સંયોજક પેશીઓમાં સમાંતર તંતુઓના ગુચ્છાની વચ્ચે કૉલેજન તંતુઓ હરોળમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. સ્નાયુબંધ કે જે કંકાલ સ્નાયુઓને હાડકાં સાથે જોડે છે અને અસ્થિબંધ કે જે એક હાડકાંને બીજા સાથે જોડે છે તે તેનું ઉદાહરણ છે. સઘન અનિયમિત સંયોજક પેશીમાં તંતુકોષો અને ઘણા બધા તંતુઓ (મુખ્યત્વે કૉલેજન) વિવિધ



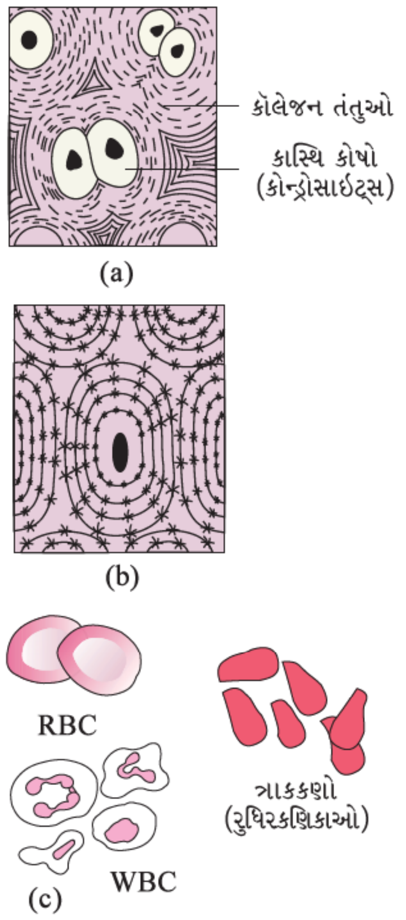
આકૃતિ 7.5 : સઘન સંયોજક પેશી :
(a) સઘન નિયમિત,
(b) સઘન અનિયમિત

ગોઠવણી દર્શાવે છે (આકૃતિ 7.5). આ પેશી ત્વચામાં આવેલી છે. કાસ્થિ, અસ્થિ અને રુધિર **વિશિષ્ટીકરણ પામેલ સંયોજક પેશીઓ** છે.

કાસ્થિનું આંતરકોષીય દ્રવ્ય કઠણ, સ્થિતિસ્થાપક અને દબાણ સામે પ્રતિરોધી હોય છે. આ પેશીના કોષો (કોન્ડ્રોસાઇટ્સ) સ્વયં સ્રાવિત આધારકમાં નાની ગુહાઓમાં બંધ સ્વરૂપે હોય છે (આકૃતિ 7.6 a). પૃષ્ઠવંશી ભ્રૂણમાં જોવા મળતી મોટા ભાગની કાસ્થિઓ પુખ્ત અવસ્થામાં અસ્થિ સ્વરૂપે પ્રતિસ્થાપિત થઈ જાય છે. કાસ્થિ નાકનો ટોચનો ભાગ, બાહ્ય કર્ણ જોડાણ (કર્ણ પલ્લવ) કરોડ સ્તંભના પાસપાસેના અસ્થિઓની વચ્ચે તથા પગમાં અને હાથમાં જોવા મળે છે.

અસ્થિ સખત અને અસ્થિતિસ્થાપક આધારક દ્રવ્ય ધરાવે કે જે કૅલ્શિયમ ક્ષારો અને કૉલેજન તંતુઓથી સમૃદ્ધ હોય છે. કે જે અસ્થિને મજબૂતાઈ આપે છે (આકૃતિ 7.6 b). તે શરીરની મુખ્ય પેશી છે કે જે શરીરને રચનાત્મક માળખું પૂરું પાડે છે. અસ્થિ કોમળ પેશીઓ તથા અંગોને આધાર અને રક્ષણ આપે છે. અસ્થિ કોષો (ઑસ્ટિઓ-સાઇટ્સ) કોષ સ્થાનોના અવકાશમાં આવેલા હોય છે. પગના અસ્થિ જેવાં લાંબા અસ્થિ ભાર વહનનું કાર્ય કરે છે. અસ્થિ, કંકાલ- સ્નાયુઓ સાથે જોડાઈને પરસ્પર ક્રિયા દ્વારા હલનચલન પ્રદાન કરે છે. કેટલાક અસ્થિઓમાં અસ્થિમજ્જા રુધિર કોષોનાં ઉત્પાદન માટેનું સ્થાન છે.

રુધિર પ્રવાહી સંયોજક પેશી છે જે રુધિરરસ, રક્તકણ (RBC), શ્વેતકણ (WBC) અને રુધિરકણિકાઓ ધરાવે છે (આકૃતિ 7.6 c). તે મુખ્ય પરિસંચારી તરલ પરિવહન પામતું પ્રવાહી છે. જે વિભિન્ન પદાર્થોના પરિવહનમાં મદદ કરે છે. આના વિશે તમે વિસ્તૃતમાં પ્રકરણ 17 અને 18માં અભ્યાસ કરશો.

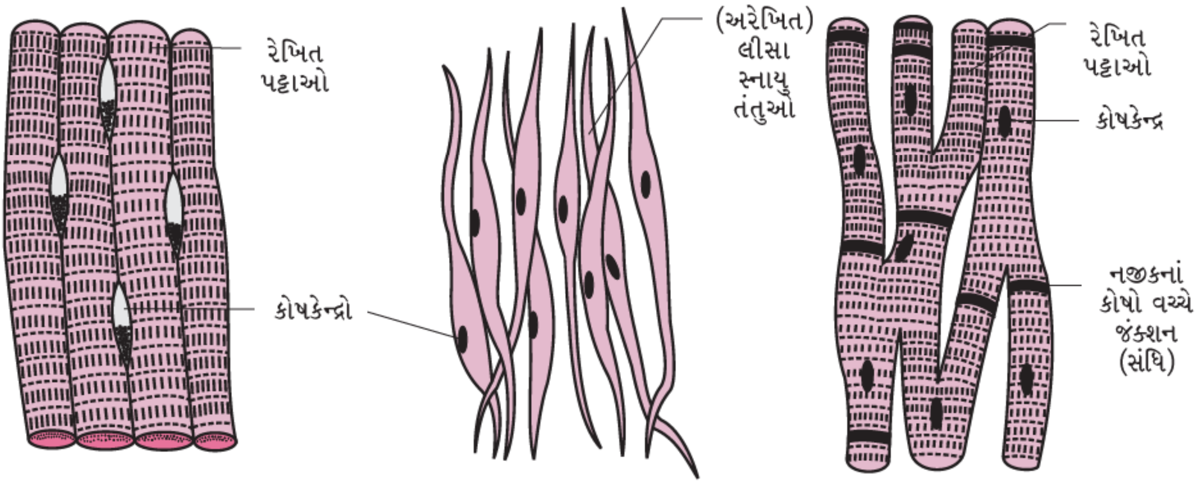


આકૃતિ 7.6 : વિશિષ્ટ સંયોજક પેશી :
(a) કાસ્થિ (b) અસ્થિ
(c) રુધિર

7.1.3 સ્નાયુ પેશી (Muscle Tissue)

દરેક સ્નાયુ ઘણા બધા લાંબા નળાકાર તંતુઓના બનેલ હોય છે જે સમાંતર પંક્તિઓમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. આ તંતુ ઘણા સૂક્ષ્મ તંતુકોથી બનેલા હોય છે જેને સ્નાયુ તંતુકો (myofibril) કહે છે. બધા સ્નાયુ તંતુઓ ઉત્તેજનાના પ્રતિસાદ રૂપે તાલબદ્ધ રીતે સંકુચિત (ટૂંકા) થઈ જાય છે તથા પુનઃ લાંબા થઈને તેઓ શિથિલન પામે છે કે (મૂળભુત અવસ્થા પ્રાપ્ત કરે છે). સ્નાયુ પેશીની ક્રિયાવિધિ વાતાવરણમાં થતાં ફેરફારને સાનુકૂળ થવા શરીરનું હલનચલન પ્રેરે છે તેમજ શરીરના વિવિધ ભાગોને યોગ્ય સ્થિતિમાં જાળવી રાખે છે. સામાન્યતઃ શરીરના બધા જ હલનચલનમાં સ્નાયુઓ મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. સ્નાયુ પેશી ત્રણ પ્રકારની હોય છે. જેમ કે કંકાલ સ્નાયુ પેશી, સરળ અરેખિત સ્નાયુ પેશી અને હૃદ સ્નાયુ પેશી.

કંકાલસ્નાયુ પેશી ગાઢ રીતે કંકાલના અસ્થિઓ સાથે જોડાઈને રહે છે. લાક્ષણિક સ્નાયુ જેમ કે દ્વિશીર (બાહુના) (biceps) સ્નાયુમાં રેખીય કંકાલ



આકૃતિ 7.7 : સ્નાયુ પેશી : (a) કંકાલ(રેખિત)સ્નાયુ પેશી (b) અરેખિત (સરળ) સ્નાયુ પેશી (c) હૃદસ્નાયુ પેશી

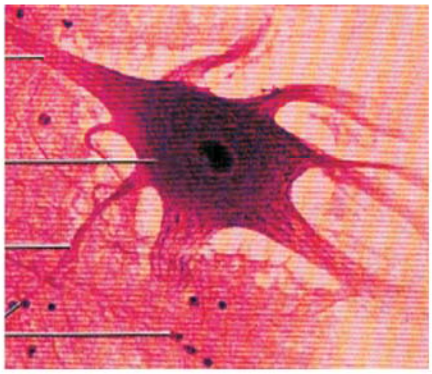
સ્નાયુ તંતુઓ સમૂહમાં એક સાથે સમાંતર સ્વરૂપે જોવા મળે છે. સ્નાયુ પેશીના સમૂહને બધી જ બાજુ એક સખત સંયોજક પેશીનું આવરણ આવેલ હોય છે (આકૃતિ 7.7 a). (આ પેશી વિશે તમે પ્રકરણ 20માં વિસ્તૃતમાં અભ્યાસ કરશો.)

સરળ સ્નાયુ પેશીના તંતુઓ બંને છેડેથી અણીવાળા (ત્રાકાકાર) હોય છે અને તેમાં પટ્ટા જોવા મળતા નથી (આકૃતિ 7.7 b). કોષીય સંધિ તેને એક સાથે જોડાયેલી રાખે છે તથા તે સંયોજક પેશીના આવરણથી ઢંકાઈને સમૂહમાં સાથે રહે છે. રુધિર વાહિનીઓ, જઠર અને આંતરડા જેવા અંતઃસ્થ અંગોની દીવાલમાં આ પ્રકારની સ્નાયુ પેશી જોવા મળે છે. સરળ સ્નાયુ પેશી અનૈચ્છિક હોય છે કારણ કે તેની ક્રિયાવિધિ પર સીધુ નિયંત્રણ હોતું નથી. જેવી રીતે કંકાલ સ્નાયુ પેશીઓનું આપણી ઈચ્છાથી સંકોચન પ્રેરી શકીએ છીએ તેવી રીતે આ પેશીને આપણી ઈચ્છા અનુસાર સંકોચન કરાવી શકતા નથી.

હૃદસ્નાયુ પેશી સંકોચનશીલ પેશી છે. જે માત્ર હૃદયમાં જ જોવા મળે છે. હૃદ સ્નાયુ પેશીના કોષો કોષીય જોડાણ દ્વારા કોષરસપટલ વડે એકરૂપ થઈને ચોંટેલા રહે છે (આકૃતિ 7.7 c). સંચાર સંધિઓ(અધિબિંબ)ના કેટલાક જોડાણ બિંદુઓ કોષોને એક એકમ સ્વરૂપે સંકોચન કરે છે. એટલે કે જ્યારે એક કોષ સંકોચન માટે સંકેત ગ્રહણ કરે તો ત્યારે બીજો નજીકનો કોષ પણ સંકોચન માટે પ્રેરિત થાય છે.

7.1.4 ચેતાપેશી (Neural Tissue)

ચેતાપેશી બદલાતી અવસ્થાઓ પર મહત્તમ નિયંત્રણ માટે પ્રતિચાર દર્શાવે છે. ચેતાકોષ ચેતાતંત્રનો એકમ કે જે ઉત્તેજનાશીલ કોષ છે (આકૃતિ 7.8). ચેતાધાર કોષ કે જે ચેતાતંત્રનો બાકીનો ભાગ બનાવે છે તથા ચેતાકોષને રક્ષણ અને આધાર આપે છે. આપણા શરીરમાં આધાર કોષો ચેતાપેશીનું અડધાથી વધારે કદ બનાવે છે.



આકૃતિ 7.8 : ચેતાપેશી (ચેતાકોષ સાથે ચેતાધાર કોષ)

જ્યારે એક ચેતાકોષ અનુકૂળ રીતે ઉત્તેજિત થાય છે ત્યારે વીજ પરિવર્તન (વિક્ષોભ) સર્જાય છે. જે ખૂબ જ ઝડપી કોષરસપટલ પર ગતિ કરે છે અને આ પરિવર્તન ચેતાકોષના અંતિમ છેડા પર અથવા આઉટપુટ ઝોન પર પહોંચે છે તથા આસપાસના ચેતાકોષ તેમજ અન્ય કોષોને ઉત્તેજિત કરે છે અથવા તેઓને ઉત્તેજિત થતા અટકાવે છે. (આના વિશે તમે વિસ્તૃતમાં પ્રકરણ 21માં અભ્યાસ કરશો.)

7.2 અંગ અને અંગતંત્ર (Organ and Organ system)

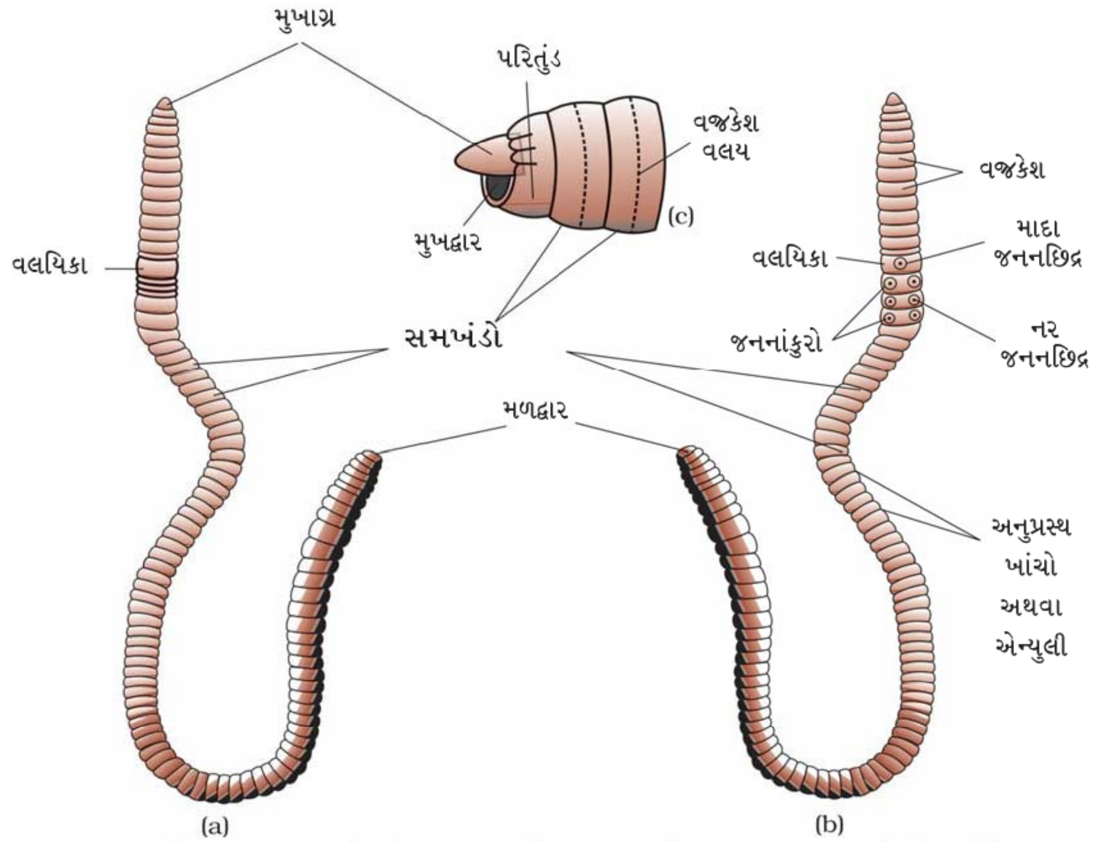
બહુકોષી પ્રાણીઓમાં ઉપર વર્ણવેલ મૂળભુત પેશીઓ સંગઠિત થઈ અંગો બનાવે છે કે જે એકત્રિત થઈને અંગતંત્રની રચના કરે છે. આ રીતનું સંગઠન લાખો કોષો ધરાવતા સજીવની બધી જ ક્રિયાઓને વધુ કાર્યદક્ષ તેમજ ખૂબ જ સારા સંકલન સ્વરૂપે ચલાવવામાં આવશ્યક હોય છે. શરીરના પ્રત્યેક અંગ એક કે એકથી વધુ પ્રકારની પેશીઓ વડે બનેલ હોય છે. ઉદાહરણ સ્વરૂપે આપણું હૃદય ચારેય પ્રકારની પેશીઓ ધરાવે છે, અધિચ્છદ, સંયોજક, સ્નાયુ તથા ચેતાપેશી. ધ્યાનપૂર્વકના અભ્યાસ પરથી આપણે એ નોંધીયે કે અંગ અને અંગતંત્રોની જટિલતા એક નિશ્ચિત દેખીતી પ્રવૃત્તિને પ્રદર્શિત કરે છે. કેટલીક દેખીતી પ્રવૃત્તિ એક ઉદ્‌વિકાસીય પ્રવૃત્તિ કહેવાય છે. (આના વિશે તમે ધોરણ 12માં અભ્યાસ કરશો.) અહીંયા તમને ત્રણ સજીવોના વિભિન્ન ઉદ્‌વિકાસીય સ્તર વિશે બતાવવામાં આવી રહ્યું છે, જેમાં બાહ્યાકારવિદ્યા અને અંતઃસ્થ વિદ્યાના સંગઠન તેમજ ક્રિયાવિધિ વિશે જાણકારી પ્રાપ્ત થશે. બાહ્યાકારવિદ્યા એટલે સ્વરૂપો કે બહારથી દેખાતા લક્ષણોનો અભ્યાસ. વનસ્પતિ અને સૂક્ષ્મજીવો વિશે બાહ્યાકારવિદ્યાનો અર્થ આજ થાય છે. પ્રાણીઓમાં બાહ્યાકારવિદ્યાનો અર્થ શરીરના બહારથી દેખાતા અંગો કે ભાગોનો અભ્યાસ થાય છે. પ્રાણીઓમાં અંતઃસ્થ વિદ્યા પારંપરિક રીતે આંતરિક અંગોની રચનાના અભ્યાસ માટે ઉપયોગી છે. તમે અળસિયું, વંદો તથા દેડકાની બાહ્યાકાર તેમજ અંતઃસ્થ વિદ્યાનો અભ્યાસ કરશો કે જે અપૃષ્ઠવંશી તથા પૃષ્ઠવંશીનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે.

7.3 અળસિયું (Earthworm)

અળસિયું લાલાશ પડતા કથ્થાઈ રંગનું સ્થળચર અપૃષ્ઠવંશી પ્રાણી છે. જે ભેજયુક્ત જમીનના ઉપરના સ્તરમાં નિવાસ કરે છે. દિવસ દરમિયાન તે જમીનની અંદર દરમાં રહે છે જે તે માટીને ખોદીને અથવા ભક્ષણ કરીને બનાવે છે. બગીચામાં તેના દ્વારા ઉત્સર્જિત મળ દ્વારા તેને શોધી શકાય છે. જેને વર્મકાસ્ટિંગ કહે છે. ફેરેટિમા અને લુમ્બ્રિકસ (*Pheretima* and *Lumbricus*) સામાન્ય રીતે ભારતીય અળસિયાં છે.

7.3.1 બાહ્યાકારવિદ્યા (Morphology)

અળસિયાનું શરીર લાંબુ નળાકાર અને 100 થી વધુ સરખા ટૂંકા ખંડો(100-120 સમખંડો)માં વહેંચાયેલું હોય છે. શરીરની પૃષ્ઠ સપાટીએ લંબ અક્ષે એક ગાઢ પૃષ્ઠ મધ્યરેખા (પૃષ્ઠ રુધિરવાહિની) આવેલી હોય છે. વક્ષ બાજુની ઓળખ તે બાજુએ આવેલા જનનછિદ્રો દ્વારા થાય છે. અગ્ર છેડે મુખ અને મુખાગ્ર આવેલા હોય છે. મુખાગ્ર (મુખદ્વારની ફરતે છાજલી જેવો ભાગ) બનાવે છે. તેની મદદથી તે માટીને જોરથી છીણીને પાતળી તિરાડ પાડી અતિમંદ ગતિએ આગળ ખસે છે. મુખાગ્ર સંવેદીરચના છે. પ્રથમ ખંડને પરિતુંડ (મુખખંડ) કહે છે. જેમાં મુખ આવેલું હોય છે. પરિપક્વ અળસિયાંમાં 14થી 16



આકૃતિ 7.9 : અળસિયાનું શરીર : (a) પૃષ્ઠ દેખાવ (b) વક્ષદેખાવ (c) મુખદ્વાર દર્શાવતો પાર્શ્વ દેખાવ

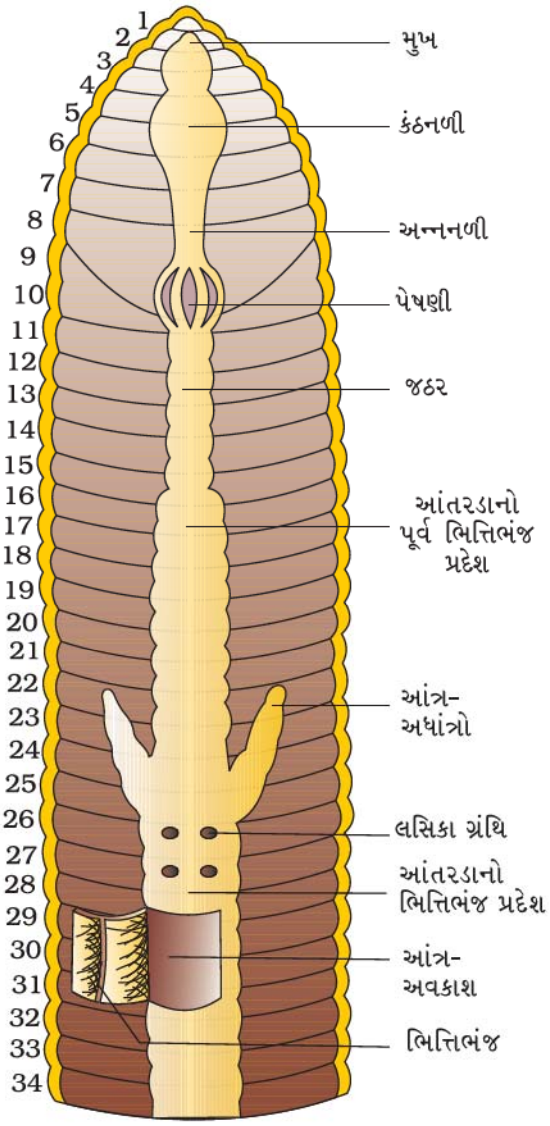
ખંડો ગ્રંથિમય પેશીના ઘેરા પટ્ટાથી આવરિત થયેલ છે. જેને **વલયિકા** કહે છે. આથી તેનું શરીર સ્પષ્ટ રીતે ત્રણ વિસ્તારમાં પૂર્વવલયિકા, વલયિકા અને પશ્ચવલયિકા પ્રદેશમાં વિભાજિત થયેલું હોય છે (આકૃતિ 7.9).

5-9 ખંડોમાં આંતરખંડીય ખાંચોમાં પ્રત્યેક વક્ષ-પાર્શ્વ બાજુ પર ચાર જોડ શુક્રસંગ્રહાશય છિદ્રો આવેલાં હોય છે. 14માં ખંડની મધ્યવક્ષ રેખાએ એક જ માદા જનનછિદ્ર આવેલું હોય છે. એક જોડ નર જનનછિદ્ર 18માં ખંડમાં વક્ષપાર્શ્વ બાજુએ આવેલ હોય છે. શરીર સપાટી પર અતિસૂક્ષ્મ અસંખ્ય છિદ્રો ખૂલે છે જેને ઉત્સર્ગ છિદ્રો કહે છે. શરીરનાં પ્રથમ, છેલ્લા અને વલયિકા સિવાય દરેક દેહખંડમાં 'S' આકારના **વજ્કેશો** જોવા મળે છે. જે પ્રત્યેક ખંડની મધ્યમાં સ્થિત અધિચ્છદીય ગર્તમાં ખૂંપાયેલાં હોય છે. વજ્કેશ બહાર કાઢી શકાય છે તથા પાછાં ખેંચાઈ શકે છે તેમજ પ્રચલનમાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા ભજવે છે.

7.3.2 અંતઃસ્થવિદ્યા (Anatomy)

અળસિયાની શરીર દીવાલ બહારથી એક પાતળા અકોષીય ક્યુટિકલ વડે ઢંકાયેલ હોય છે. તેની નીચે અધિચર્મ, બે સ્નાયુ સ્તરો (વર્તુળી અને આયામ) અને સૌથી અંદરની તરફ દેહકોષ્ઠીય અધિચ્છદ જોવા મળે છે. અધિચર્મ સ્તંભીય અધિચ્છદીય કોષોના એક સ્તરથી બનેલ હોય છે કે જે સ્રાવીગ્રંથિ કોષો પણ ધરાવે છે.

પાચન માર્ગ સીધી નલિકા છે અને શરીરનાં પ્રથમથી અંતિમ ખંડ સુધી લંબાયેલ હોય છે (આકૃતિ 7.10). અગ્રસ્થ મુખ એ મુખગુહા(1-3 ખંડો)માં ખૂલે છે. જે સ્નાયુલ કંઠનળીમાં ખૂલે છે. નાની સાંકડી નલિકામય અન્નનળી(5-7 ખંડો) એ સ્નાયુલ પેષણી (8-9 ખંડો) સુધી વિસ્તરેલી હોય છે. તે માટીના કણો અને



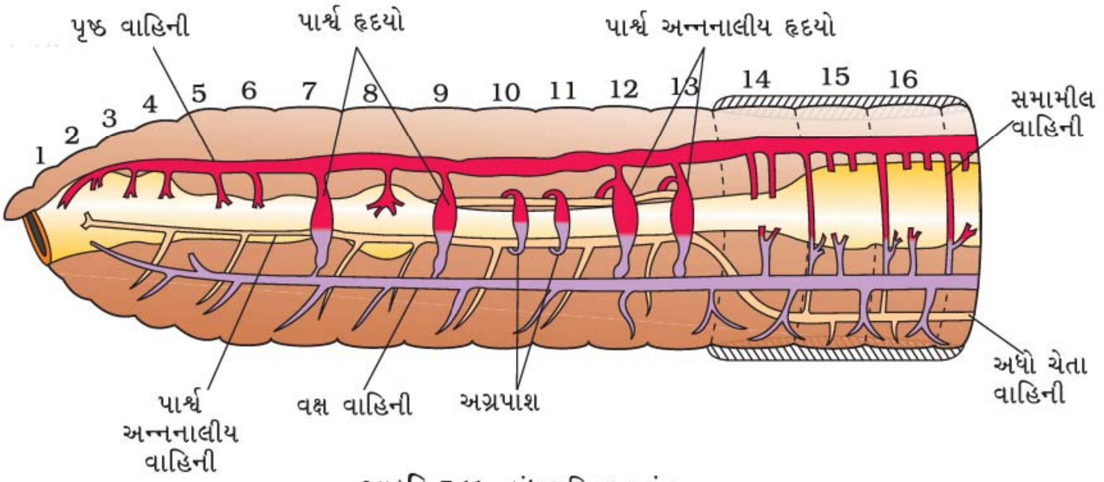
આકૃતિ 7.10 : અળસિયાનો અન્નમાર્ગ

કોહવાયેલા પર્ણો વગેરેને ભરડીને ભૂકો કરે છે. જઠર 9થી 14 ખંડ સુધી વિસ્તરેલું હોય છે. અળસિયાનો ખોરાક કોહવાયેલા પર્ણો અને માટીમાં મિશ્રિત કાર્બનિક પદાર્થ હોય છે. જઠરમાં આવેલ કૅલ્સિફેરસ ગ્રંથિઓ હ્યુમસમાં રહેલ હ્યુમિક ઍસિડને તટસ્થ બનાવે છે. આંતરડુ 15માં ખંડથી શરૂ થઈને છેલ્લા ખંડ સુધી સળંગ હોય છે. 26મા ખંડમાં આંતરડામાંથી એક જોડ ટૂંકા અને શંકુ આકારના અંધાંત્રો ઉદ્ભવે છે. 26મા ખંડ પછી છેલ્લા 23થી 25 ખંડો સિવાય વચ્ચે આવેલ આંતરડાની વિશિષ્ટતા એ છે કે તેની પૃષ્ઠ દીવાલ આંતરિક મધ્ય વલન પામેલ છે, જેને **ભિત્તિભંજ** કહે છે. તે આંતરડામાં શોષણ સપાટીમાં વધારો કરે છે. આંત્ર માર્ગ શરીરના છેલ્લા ખંડમાં એક ઊભી ફાટ સ્વરૂપે ખૂલે છે જેને મળદ્વાર કહે છે. ખોરાકમાં ગ્રહણ કરેલ કાર્બનિક તત્ત્વોથી ભરપૂર માટી પાચન માર્ગમાં આગળ વધતા પાચક ઉત્સેચકો દ્વારા જટિલ ખોરાક અભિશોષિત થઈ શકે તેવા સરળ નાના ઘટકોમાં રૂપાંતરણ થાય છે. આ સરળ અણુઓ આંત્રપટલો દ્વારા શોષાય છે અને ઉપયોગમાં લેવાય છે.

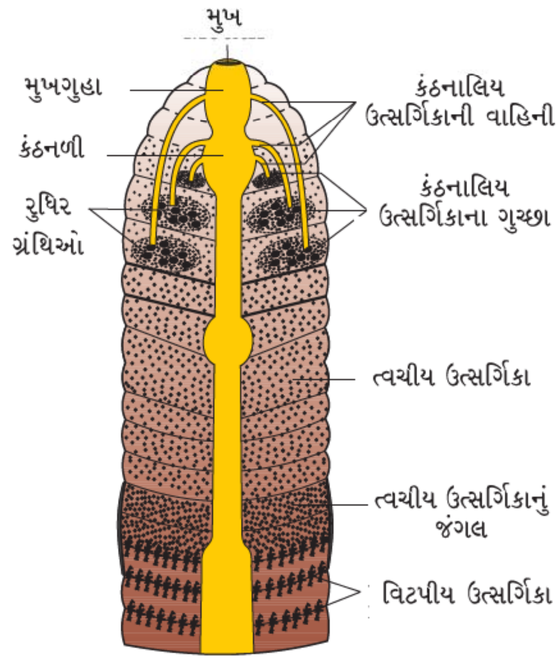
ફેરેટિમા(અળસિયા)માં બંધ પ્રકારનું **રુધિરાભિસરણતંત્ર** જોવા મળે છે. રુધિરાભિસરણ તંત્રમાં રુધિરવાહિનીઓ, કેશિકાઓ અને હૃદયનો સમાવેશ થાય છે (આકૃતિ 7.11). બંધ રુધિરાભિસરણ તંત્રને લીધે રુધિર હૃદય અને રુધિરવાહિનીઓમાં જોવા મળે છે. સંકોચનને લીધે રુધિરવહન ફક્ત એક જ માર્ગીય બનાવે છે. નાની રુધિરવાહિનીઓ રુધિરને અન્નમાર્ગ, ચેતારજ્જુ અને શરીર દીવાલ સુધી પહોંચાડે છે. રુધિર ગ્રંથિઓ ચોથા, પાંચમા અને છઠ્ઠા ખંડમાં આવેલી હોય છે. તે રુધિર કોષો અને હિમોગ્લોબિનનું ઉત્પાદન કરે છે કે જે રુધિરરસમાં દ્રાવ્ય થાય છે. રુધિર કોષોની પ્રકૃતિ ભક્ષક પ્રકારની હોય છે.

અળસિયાંમાં વિશિષ્ટ પ્રકારનાં શ્વસનાંગોનો અભાવ હોય છે. શ્વસનમાં વાયુવિનિમય, ભીનાશવાળી શરીર સપાટીથી તેનાં રુધિર વાહિનીમાં થાય છે.

ઉત્સર્ગ અંગો ખંડીય રીતે ગોઠવાયેલ અને ગૂંચળામય નલિકાઓના બનેલ હોય છે જેને ઉત્સર્ગિકા કહે છે. તેના ત્રણ પ્રકાર છે : (i) વિટપીય ઉત્સર્ગિકાઓ, 15 ખંડ પછી છેલ્લા ખંડ સુધી, દરેક આંતરખંડીય વિટપની બંને બાજુએ આવેલી છે. જે



આકૃતિ 7.11 : બંધ પરિવહન તંત્ર

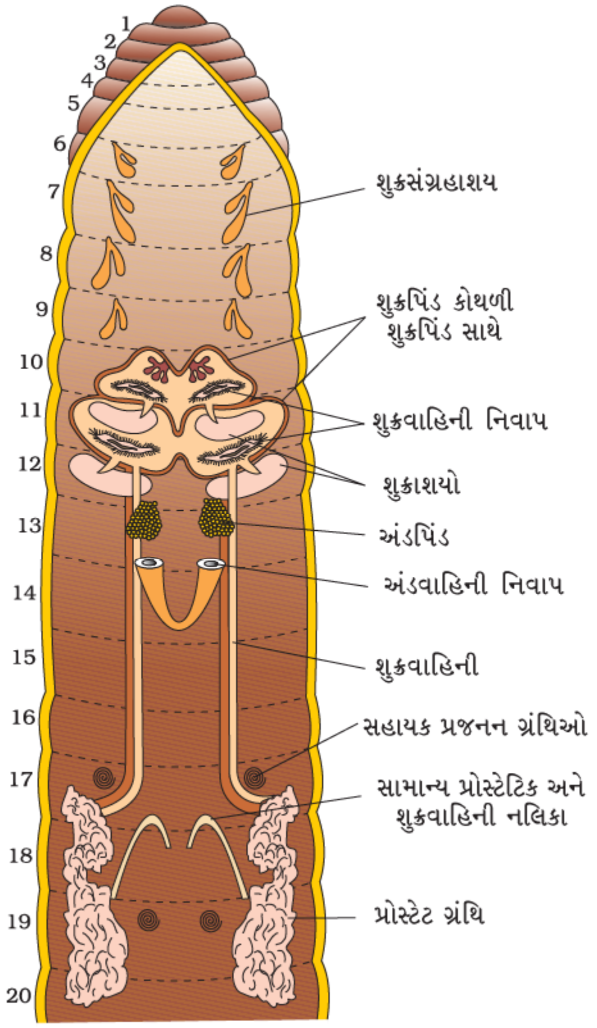


આકૃતિ 7.12 : અળસિયાનું ઉત્સર્જન તંત્ર

આંતરડામાં ખૂલે છે. (ii) ત્વચીય ઉત્સર્ગિકાઓ ત્રીજા ખંડથી પછીના તમામ ખંડોની શરીર દીવાલની સપાટી સાથે ચોંટેલી હોય છે. આ બધી ઉત્સર્ગિકાઓ શરીર દીવાલની બહારની સપાટી પર ખૂલે છે અને (iii) કંઠનાલીય ઉત્સર્ગિકાઓ ત્રણ જોડ ગુચ્છામાં ચોથા, પાંચમા અને છઠ્ઠા ખંડમાં આવેલી હોય છે (આકૃતિ 7.12). આ અલગ પ્રકારની ઉત્સર્ગિકાઓની મૂળભૂત રચના સરખી હોય છે. આ ઉત્સર્ગિકા દેહજળના કદ અને બંધારણનું નિયંત્રણ કરે છે. ઉત્સર્ગિકા ઉત્સર્ગિકા નિવાપથી શરૂ થાય છે કે જે કોષ્ઠીય અવકાશમાંથી વધારાના પ્રવાહીને ભેગું કરે છે. ઉત્સર્ગિકા નિવાપ ઉત્સર્ગિકાના નલિકામય ભાગ સાથે જોડાયેલો રહે છે. કે જે ઉત્સર્ગ પદાર્થોને શરીર દીવાલની બહાર અથવા પાચનનળીમાં ઠાલવે છે.

ચેતાતંત્રમાં ચેતાકંદો છે જે સામાન્ય રીતે બેવડા વક્ષચેતારજ્જુ પર ખંડીય રીતે ગોઠવાયેલા હોય છે. આગળના ભાગે (3 અને 4 ખંડમાં) ચેતારજ્જુ બે ભાગમાં વહેંચાઈને કંઠનળીને પાર્શ્વ બાજુથી વીંટળાઈને પૃષ્ઠ બાજુ પર મસ્તિષ્ક ચેતાકંદ સાથે જોડાઈ ચેતાકડી બનાવે છે. મસ્તિષ્ક ચેતાકંદ ચેતાકડીની અન્ય ચેતાઓ સાથે જોડાઈને સંવેદી આવેગોનું સંકલન કરી તરત જ પ્રતિક્રિયા કરી શરીરના સ્નાયુઓને અમલ કરવા પ્રેરે છે.

અળસિયામાં આંખો જેવા વિશેષ સંવેદાંગ અવયવો આવેલા હોતા નથી પરંતુ તેમાં કેટલાક પ્રકાશ અને સ્પર્શ સંવેદી અંગો (ગ્રાહી કોષો) વિકાસ પામેલા હોય છે. જે પ્રકાશની તીવ્રતા અને જમીનમાં થતાં કંપન



આકૃતિ 7.13 : અળસિયાનું પ્રજનન તંત્ર

વગેરેથી પ્રેરિત કરે છે. અળસિયામાં વિશેષ પ્રકારની રસાયણગ્રાહી (સ્વાદગ્રાહી) રચનાઓ હોય છે જે રાસાયણિક ઉત્તેજકોથી પ્રેરિત થાય છે. આ સંવેદી અંગ અળસિયાના અગ્રભાગમાં આવેલા હોય છે.

અળસિયું ઉભયલિંગી પ્રાણી છે. એટલે કે એક જ પ્રાણીમાં શુક્રપિંડ અને અંડપિંડ આવેલા હોય છે (આકૃતિ 7.13). 10મા અને 11મા ખંડોમાં બે જોડ શુક્રપિંડો આવેલા હોય છે. તેમની શુક્રવાહિની 18મા ખંડ સુધી લંબાયેલી હોય છે. ત્યાં તે પ્રોસ્ટેટનલિકા સાથે જોડાય છે. બે જોડ સહાયક ગ્રંથિ અનુક્રમે 17મા અને 19મા ખંડમાં આવેલી હોય છે. સામાન્ય પ્રોસ્ટેટ અને શુક્રવાહિની બહારની તરફ 18મા ખંડમાં વક્ષપાર્શ્વ બાજુએ એક જોડ નર જનનછિદ્ર તરીકે ખૂલે છે. 6-9 આ પ્રત્યેક ખંડોમાં શુક્રસંગ્રહાશયોની એક જોડ આવેલ હોય છે. તે મૈથુનક્રિયા દરમિયાન મેળવેલા સાથી અળસિયાના શુક્રકોષોનો સંગ્રહ કરે છે. 12-13 ખંડના આંતર ખંડીય વિટપની પશ્ચ સપાટીને વળગી રહેલ અંડપિંડની એક જોડ 13મા ખંડમાં આવેલી હોય છે. અંડવાહિની તેનો અગ્ર છેડો અંડવાહિની નિવાપ બનાવે છે. બંને બાજુની અંડવાહિનીઓ જોડાઈ માદા જનનછિદ્ર, સ્વરૂપે શરીર દીવાલની વક્ષ બાજુએ 14મા ખંડમાં ખૂલે છે.

મૈથુનક્રિયા દરમિયાન બે અળસિયા વચ્ચે શુક્રકોષોના આદાન-પ્રદાનની ક્રિયા થાય છે. બે અળસિયા વિરુદ્ધ દિશામાં જોડાઈ એકબીજાના સંપર્કમાં આવે છે. તથા તેના જનનછિદ્રો એકબીજાના સંપર્કમાં આવીને પોતાના શુક્રકોષોના સમૂહની આપલે કરે છે. વલયિકાના ગ્રંથિકોષો દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલ અંડઘરમાં પરિપક્વ શુક્રકોષો અને અંડકોષો તથા પોષક દ્રવ્યોયુક્ત પ્રવાહી જમા કરવામાં આવે છે. અંડઘરમાં અંડકોષોનું ફલન શુક્રકોષો વડે થાય છે. અળસિયું તેને પોતાના શરીરથી અલગ કરી જમીન ઉપર કે જમીનની અંદર છોડી દે છે. અળસિયાનાં ભ્રૂણ અંડઘરમાં રહે છે. લગભગ ત્રણ અઠવાડિયા પછી લગભગ ચારની સરેરાશે 2 થી 22 બાળ અળસિયા પ્રત્યેક અંડઘરમાંથી બહાર આવે છે. અળસિયામાં વિકાસ સીધો છે એટલે કે ડિંભ બનતા નથી.

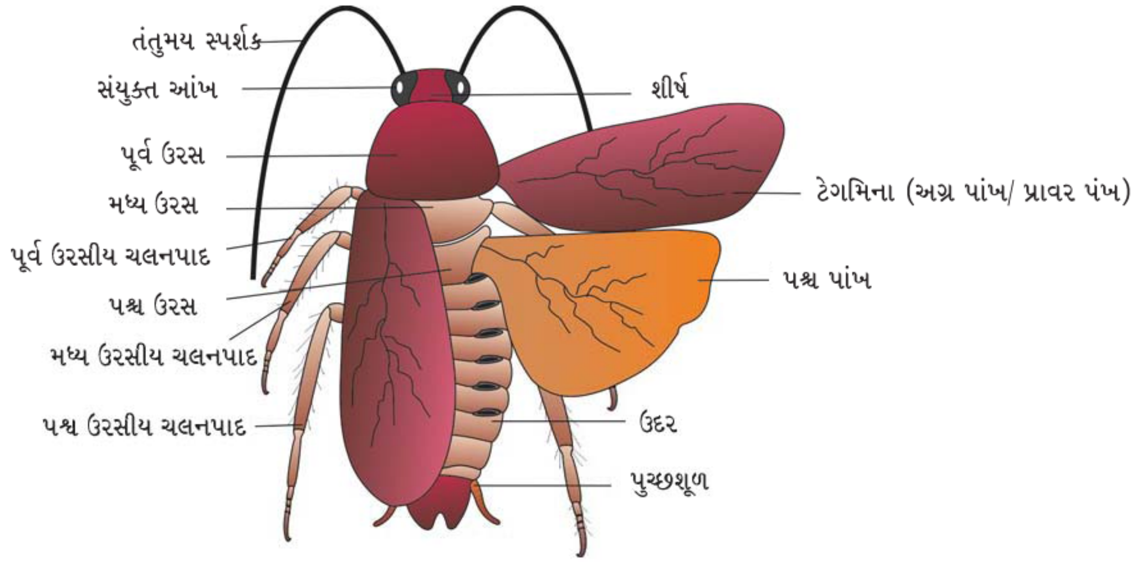
અળસિયા ખેડૂતના મિત્ર તરીકે ઓળખાય છે કારણ કે તે માટીમાં દર બનાવે છે અને તેને છિદ્રાળુ બનાવે છે કે જે વિકાસ પામતા મૂળને શ્વસનમાં અને માટીમાં દાખલ થવામાં મદદરૂપ થાય છે. અળસિયા દ્વારા જમીનની ફળદ્રુપતા વધારવાની પ્રક્રિયાને વર્મીકમ્પોસ્ટિંગ કહે છે. આ ઉપરાંત માછલી પકડવાના ગલમાં ભક્ષ્ય ભેરવવા તરીકે અળસિયાનો ઉપયોગ થાય છે.

7.4 વંદો (Cockroach)

વંદો બદામી અથવા કાળા રંગનું શરીર ધરાવતું પ્રાણી છે કે તેનો સમાવેશ સંધિપાદ સમુદાયના કીટક વર્ગમાં થયેલો છે. વંદો સંધિપાદ સમુદાયના કીટક વર્ગનું પ્રાણી છે. ઉષ્ણકટિબંધના વિસ્તારમાં ચળકતા પીળા, લાલ અને લીલા રંગના વંદાઓ પણ નોંધાયા છે. તેનું કદ 1/4–3 ઇંચ (0.6 – 7.6 cm) હોય છે. તેનામાં લાંબા સ્પર્શકો, ચલનપાદ અને ચપટી વિસ્તરણ પામેલ ઉપરની શરીર દીવાલ કે જે શીર્ષને ઢાંકે છે તે નિશાચર મિશ્રાહારી પ્રાણી છે અને સમગ્ર વિશ્વમાં હૂંફાળી ભેજયુક્ત જગ્યાઓમાં વસે છે. તે મનુષ્યના ઘરમાં રહીને ગંભીર ઉપદ્રવકારી અને અનેક પ્રકારનાં રોગોનું વાહક છે.

7.4.1 બાહ્યાકારવિદ્યા (Morphology)

પુખ્ત વંદાની જાતિ પેરિપ્લેનેટા અમેરિકાના 34-53 mm લાંબી તથા પાંખોવાળી હોય છે. નરમાં પાંખો ઉદરના અંતિમ છેડાથી પણ લંબાયેલી હોય છે. વંદાનું શરીર મુખ્યરૂપે ખંડીય હોય છે તથા મુખ્ય ત્રણ ભાગ શીર્ષ, ઉરસ અને ઉદર (આકૃતિ 7.14)માં વહેંચાયેલ હોય છે. તેનું સમગ્ર શરીર મજબૂત કાઇટિનયુક્ત બાહ્ય કંકાલ(કથ્થાઈ રંગ)થી ઢંકાયેલ હોય છે. પ્રત્યેક ખંડમાં બાહ્યકંકાલમાં પૃષ્ઠક હોય છે, જેને કઠક (પૃષ્ઠ બાજુએ ઉપરી કવચ અને વક્ષ બાજુએ અધોકવચ) કહે છે. આ તક્તીઓ એકબીજા સાથે પાતળા અને લચકદાર પટલથી જોડાયેલા રહે છે. જેને યોજીકલા (સંધિપટલ) કહે છે.

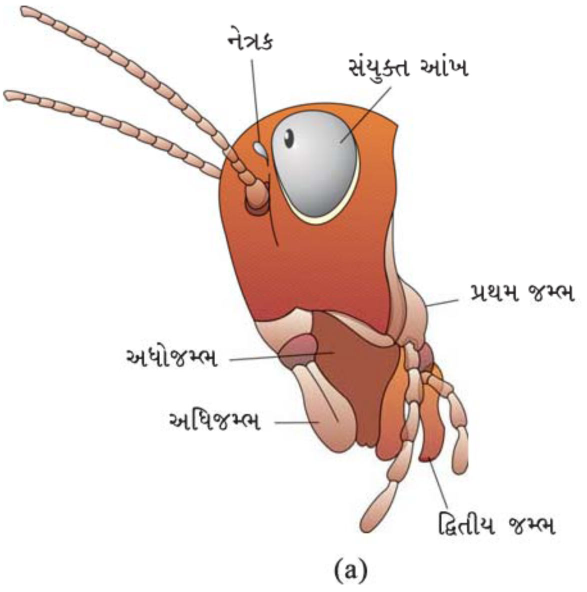


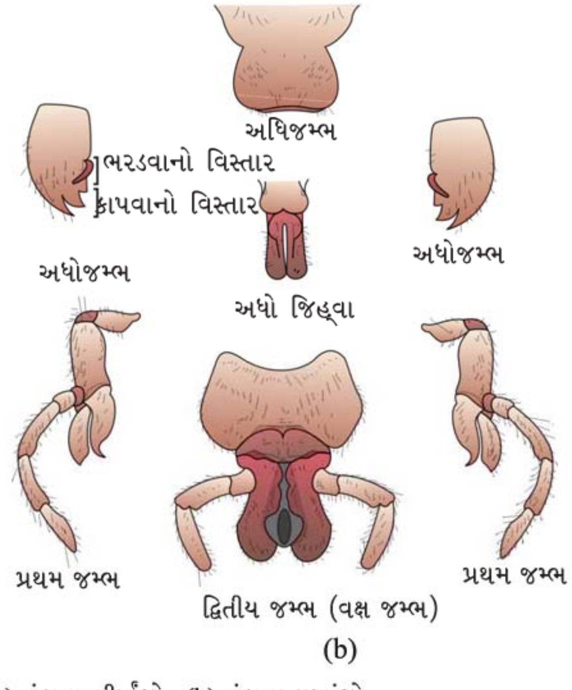
આકૃતિ 7.14 : વંદાનાં બાહ્ય લક્ષણો

શરીરના અગ્ર છેડે આવેલ શીર્ષ ત્રિકોણાકાર હોય છે. શરીરના અગ્ર છેડે અને બાકીના શરીરને લગભગ કાટખૂણે ગોઠવાયેલ હોય છે. તે છ ખંડો ભળીને બને છે. તથા તેની લચકદાર ગ્રીવાના કારણે બધી દિશાઓમાં ફરી શકે છે (આકૃતિ 7.15). શીર્ષ પર એક જોડ સંયુક્ત આંખો હોય છે. આંખોના અગ્ર ભાગમાંથી પટલમય આધારકમાંથી એક જોડી દોરી જેવા સ્પર્શકો ઉદ્ભવે છે. સ્પર્શકોમાં સંવેદના ગ્રાહકો આવેલા હોય છે જે પર્યાવરણને ચકાસવામાં મદદરૂપ છે. શીર્ષ અગ્ર ભાગમાં પ્રવર્ધો ધરાવે છે. જે કાપવા તેમજ ચાવવા માટેના મુખાંગો બનાવે છે. મુખાંગોમાં એક અધિજમ્ભ (ઉપરી ઓષ્ઠ), એક જોડ અધોજમ્ભ, એક જોડ પ્રથમ જમ્ભ અને એક દ્વિતીય જમ્ભ (અધઃ ઓષ્ઠ) હોય છે. મધ્યમાં એક માંસલ લચીલી ગડી જેવી રચના આવેલી છે જેને અધોજિહ્વા કહે છે તે જીભ તરીકે વર્તે છે. તે મુખાંગો દ્વારા ઘેરાયેલા ગુહામાં આવેલ હોય છે (આકૃતિ 7.15 b).

ઉરસ મુખ્યત્વે ત્રણ ભાગોમાં વહેંચાયેલ છે. પૂર્વ ઉરસ, મધ્ય ઉરસ અને પશ્ચ ઉરસ. શીર્ષ ઉરસના પૂર્વ ઉરસ સાથે નાના પ્રવર્ધથી જોડાયેલ હોય છે જેને ગ્રીવા કહે છે. પ્રત્યેક ઉરસીય ખંડોમાં એક જોડ ચલનપાદ આવેલા હોય છે. પાંખોની પ્રથમ જોડ મધ્ય ઉરસમાંથી ઉદ્ભવે છે તથા બીજી જોડ પાંખો પશ્ચ ઉરસમાંથી ઉદ્ભવે છે. અગ્ર પાંખો (મધ્ય ઉરસીય) જેને પ્રાવર પંખ (Tagmina) કહે છે. તે અપારદર્શક ઘેરા રંગની અને ચર્મીય હોય છે. તથા વિશ્રામી અવસ્થામાં પશ્ચ પાંખોને ઢાંકે છે. પશ્ચ પાંખો પારદર્શક, પટલમય હોય છે અને ઉડવા માટે ઉપયોગી છે.

નર અને માદા બંનેમાં ઉદર 10 ખંડોનું બનેલ હોય છે. માદામાં સાતમું અધોકવચ નૌતલ આકારનું અને આઠમા અને નવમા અધોકવચ સાથે મળીને એક જનનકોથળી બનાવે છે. જેના અગ્રભાગમાં માદાજનન છિદ્ર, શુક્ર સંગ્રહાશય છિદ્રો તથા ગુંદર ગ્રંથિઓ ધરાવે છે.



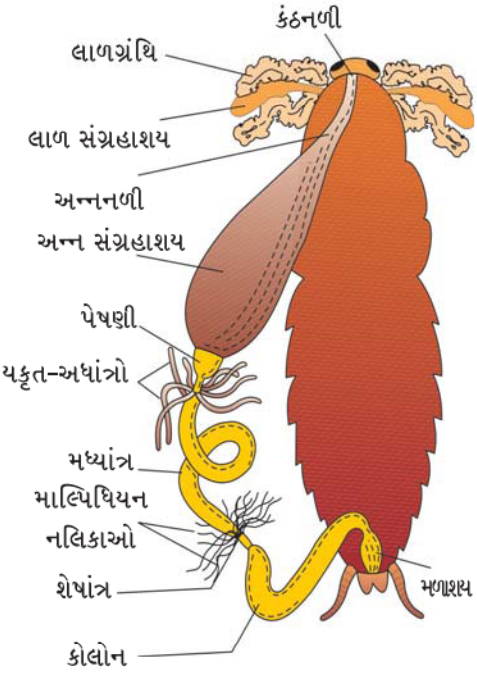


આકૃતિ 7.15 : વંદાનો શીર્ષ પ્રદેશ : (a) વંદાના શીર્ષાંગો (b) વંદાના મુખાંગો

નરમાં જનનકોથળી અથવા ચેમ્બર ઉદરના અંતિમ ભાગમાં આવેલ હોય છે. જે પૃષ્ઠ બાજુએ 9 અને 10માં ઉપરી કવચ અને વક્ષ બાજુએ 9માં અધોકવચ વડે ઢંકાયેલ રહે છે. તે પૃષ્ઠ બાજુએ મળદ્વાર, વક્ષ બાજુએ નર જનનછિદ્ર અને જનનદઢકો ધરાવે છે. નરમાં ટૂંકી, દોરી જેવી જોડમાં પુચ્છકંટિકા આવેલ હોય છે. જેનો માદામાં અભાવ હોય છે. નર-માદા બંનેમાં 10માં ખંડ પર એક જોડ જોડાયેલ તંતુમય રચના આવેલી હોય છે જેને પુચ્છશૂળ કહે છે.

7.4.2 અંતઃસ્થ રચના (Anatomy)

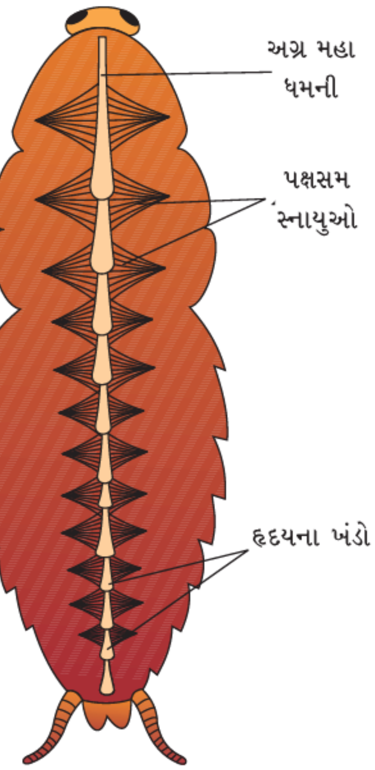
દેહગુહામાં આવેલ અન્નમાર્ગ ત્રણ ભાગો અગ્રાંત્ર, મધ્યાંત્ર અને પશ્ચાંત્રમાં વહેંચાયેલો હોય છે (આકૃતિ 7.16). મુખ એક નાની નલિકાકાર કંઠનળીમાં ખૂલે છે. અન્નનળી કંઠનળીને અનુસરીને આવેલ સાંકડી નલિકામય રચના છે. અન્નનળી એક કોથળી જેવી રચનામાં ખૂલે છે જેને અન્ન સંગ્રહાશય કહે છે. જે ખોરાકના સંગ્રહ માટે ઉપયોગી છે. તે આગળ પેષણીમાં ખૂલે છે જેમાં બાહ્યપટલ જાડુ, વર્તુળાકાર સ્નાયુનું બનેલ હોય છે અને અંદરનું પટલ જાડુ ક્યુટિકલયુક્ત હોય છે. જે 6 કાઈટિનની તકતીઓ બનાવે છે. જેને દાંત કહે છે. પેષણીમાંના દાંત ખોરાકના કણોનો બારીક ભૂકો કરવામાં મદદ કરે છે. સંપૂર્ણ અગ્રાંત્ર અંદરની બાજુએ ક્યુટિકલથી આવૃત્ત હોય છે. અગ્રાંત્ર અને મધ્યાંત્રના જોડાણના સ્થાને આંગળીઓ જેવી સરખી 6થી 8 અંધનલિકાઓ આવેલી હોય છે જેને યકૃતીય અથવા જઠરીય અંધાંત્રો કહે છે. તે પાચક રસનો સ્ત્રાવ કરે છે. મધ્યાંત્ર અને પશ્ચાંત્રના જોડાણ સ્થાને લગભગ 100 થી 150 જેટલી પીળાશ પડતી પાતળી તાંતણા જેવી **માલ્પિઘિયન નલિકાઓ** આવેલી હોય છે. તે હિમોલિમ્ફમાંથી ઉત્સર્ગ પદાર્થોનાં નિકાલમાં સહાય કરે છે. પશ્ચાંત્ર મધ્યાંત્રથી સહેજ પહોળું હોય છે અને તે શેષાંત્ર, કોલોન અને મળાશયમાં ભિન્નન પામેલું હોય છે. મળાશય મળદ્વાર વડે બહારની તરફ ખૂલે છે.



આકૃતિ 7.16 : વંદાનો અન્નમાર્ગ

વંદાનું રુધિરાભિસરણતંત્ર ખુલ્લા પ્રકારનું છે (આકૃતિ 7.17). તેમાં રુધિરવાહિનીઓ અલ્પવિકસીત હોય છે અને રુધિર ગુહામાં ખૂલે છે. તેના બધા અંતરંગ અંગો કે જે રુધિર ગુહામાં આવેલા હોય છે. તે રુધિર- (હિમોલિમ્ફ)માં તરતા હોય છે. હિમોલિમ્ફ રંગવિહીન પ્લાઝમા અને હિમોસાઇટ્સ ધરાવે છે. વંદાનું હૃદય એક લાંબી સ્નાયુલ નળી જેવું હોય છે. જે ઉરસ અને ઉદરની મધ્ય પૃષ્ઠ રેખા સાથે આવેલું હોય છે. હૃદય ગળણી આકારના હૃદ ખંડોમાં વિભેદિત થયેલું હોય છે અને તેની બંને બાજુએ મુખિકા આવેલ હોય છે. રુધિર મહાકોટરોમાંથી હૃદયમાં મુખિકા દ્વારા પ્રવેશે છે અને દબાણ સહિત અગ્રભાગે મહાકોટરમાં પાછું ફરે છે.

શ્વસનતંત્ર શાખિત શ્વાસનળીઓનું જાળું ધરાવે છે કે જે શ્વાસનળી 10 જોડ નાનાં છિદ્રો દ્વારા બહારની તરફ ખૂલે છે. જેને શ્વસન છિદ્રો કહે છે. જે શરીરની પાર્શ્વ બાજુએ આવેલા હોય છે. પાતળી શાખિત નલિકાઓ (શ્વસન નલિકાઓ સૂક્ષ્મ શ્વસન નલિકાઓમાં ઉપ વિભાજિત છે) હવામાંથી ઑક્સિજનનું બધા ભાગો તરફ



આકૃતિ 7.17 : વંદાનું ખુલ્લુ પરિવહન તંત્ર

વહન કરે છે. શ્વસન છિદ્રોની ખૂલવાની ક્રિયા વાલ્વ દ્વારા નિયંત્રિત થાય છે. સૂક્ષ્મ શ્વાસવાહિકાઓમાં પ્રસરણ દ્વારા વાત-વિનિમય થાય છે.

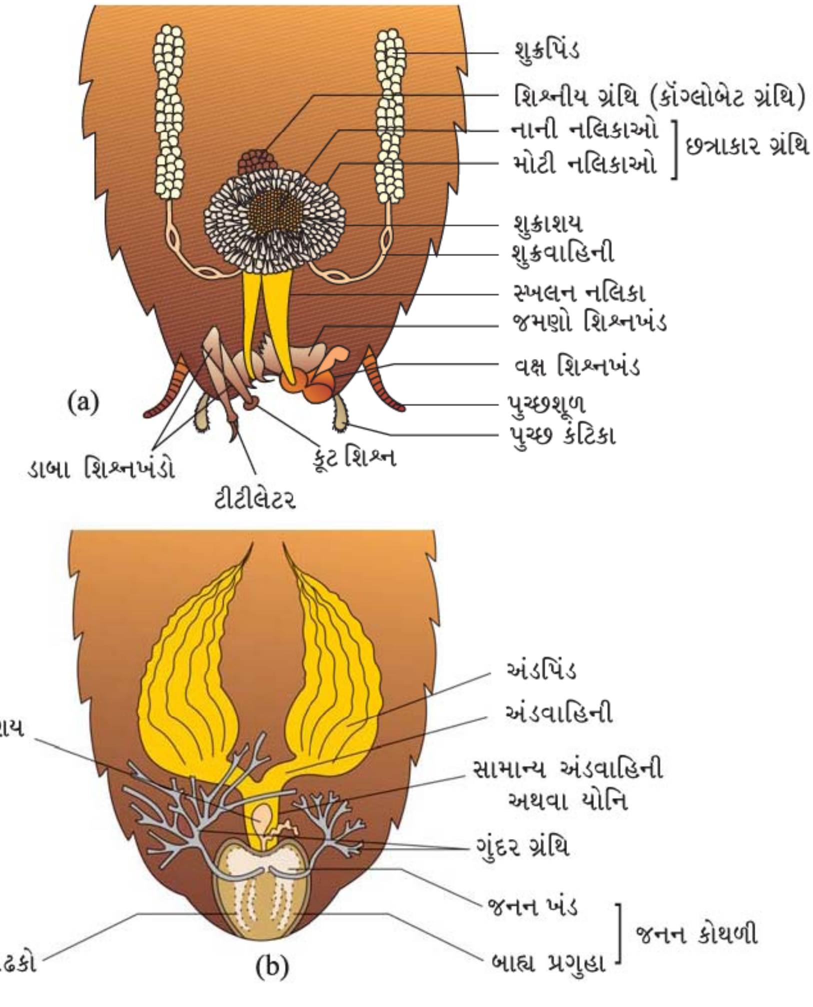
વંદામાં ઉત્સર્જન માલ્પિધિયન નલિકાઓ દ્વારા થાય છે. પ્રત્યેક નલિકા ગ્રંથિમય તેમજ પક્ષ્મલ કોષોથી આવૃત્ત હોય છે. તે નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા દ્રવ્યોનું શોષણ કરી તેને યુરિક ઍસિડમાં રૂપાંતરિત કરે છે. જેનો નિકાલ પશ્ચાંત્ર દ્વારા થાય છે. તેથી આ કીટકને **યુરિક ઍસિડ ત્યાગી (યુરિકોટેલિક)** કહે છે. વધુમાં, મેદકાયો, નેફ્રોસાઇટ્સ (ઉત્સર્ગ કોષો) અને યુરિકોઝ ગ્રંથિઓ પણ ઉત્સર્જનમાં સહાય કરે છે.

વંદાનું ચેતાતંત્ર એક શ્રેણીબદ્ધ જોડાયેલા ખંડીય ગોઠવણી દર્શાવતા ચેતાકંદોનું બનેલ હોય છે. જે વક્ષ બાજુએ જોડમાં આવેલ સમાંતર ચેતારજ્જુ સાથે જોડાયેલા હોય છે. ત્રણ ચેતાકંદો ઉરસમાં અને છ ચેતાકંદો ઉદરમાં આવેલા હોય છે. વંદાનું ચેતાતંત્ર સમગ્ર શરીરમાં ફેલાયેલું હોય છે. શિર્ષમાં ચેતાતંત્રનો થોડોક જ ભાગ આવેલો હોય છે. જ્યારે બાકીનો ભાગ શરીરના અન્ય ભાગોમાં વક્ષ બાજુએ આવેલો હોય છે. આથી તમે સમજી શકો છો કે જો વંદાના શીર્ષને કાપી નાખવામાં આવે છતા પણ તે એક અઠવાડિયા જેટલા લાંબા સમય સુધી જીવતો રહી શકે છે. શીર્ષ પ્રદેશમાં મગજને ઉપરી અન્નનાલીય ચેતાકંદો દ્વારા નિરૂપિત કરવામાં આવે છે. જે સ્પર્શકો અને સંયુક્ત આંખોનું ચેતાકરણ કરે છે.

વંદામાં સંવેદાંગો તરીકે સ્પર્શકો, આંખો, જમ્ભમૃશો, વક્ષ જમ્ભમૃશો, પુચ્છશૂળ વગેરે આવેલા હોય છે. શીર્ષની પૃષ્ઠ બાજુએ સંયુક્ત આંખો આવેલી હોય છે. પ્રત્યેક આંખ લગભગ 2000 જેટલી ષટ્કોણાકાર નેત્રિકાઓની બનેલી હોય છે. ઘણી બધી નેત્રિકાની મદદથી વંદો એક જ પદાર્થના ઘણાં પ્રતિબિંબ મેળવે છે. આ પ્રકારની દૃષ્ટિને મોઝેક પ્રતિબિંબ કહે છે. જેની સંવેદનશીલતા વધુ પરંતુ રેઝોલ્યુશન ઓછું હોય છે. તે રાત્રિના સમયે સામાન્ય હોય છે. (આથી તેને 'રાત્રિ દૃષ્ટિ' કહે છે.).

વંદો એકલિંગી પ્રાણી છે. બંને જાતિઓમાં પૂર્ણ વિકસિત પ્રજનનઅંગો આવેલાં હોય છે (આકૃતિ 7.18). નર પ્રજનનતંત્રમાં એક જોડ શુક્રપિંડ ઉદરના 4થી 6 ખંડોમાં પ્રત્યેક પાર્શ્વ બાજુએ આવેલા હોય છે. દરેક શુક્રપિંડમાંથી પાતળી શુક્રવાહિની નીકળે છે. જે શુક્રાશય દ્વારા સ્ખલન નલિકામાં ખૂલે છે. સ્ખલન નલિકા નરજનન છિદ્રમાં ખૂલે છે. તેનું સ્થાન મળદ્વારની વક્ષ બાજુએ આવેલું છે. છત્રાકાર ગ્રંથિ ઉદરના 6થી 7 ખંડમાં આવેલી છે. તેનું કાર્ય સહાયક પ્રજનન ગ્રંથિ તરીકેનું છે. વંદાના ઉદરને છેડે આવેલા કાઇટીનના જનનદઢકો બાહ્ય જનનાંગોની રચના કરે છે. (જનનદઢકો = નર જનનછિદ્રની ફરતે આવેલી કાઈટીનયુક્ત અસમમિતિય રચના) શુક્રકોષોનો સંગ્રહ શુક્રાશયમાં થાય છે. સમાગમ પહેલાં બધા શુક્રકોષો ભેગા મળીને શુક્રકોથળીની રચના કરે છે. તે સમાગમ દરમિયાન મુક્ત થાય છે. માદા પ્રજનનતંત્રમાં બે મોટા અંડપિંડો ઉદરના 2થી 6 ખંડની પાર્શ્વ બાજુએ આવેલા હોય છે. પ્રત્યેક અંડપિંડ શ્રેણીબદ્ધ વિકસિત અંડકોષ ધરાવતી આઠ નલિકામય અંડપુટિકાઓના બનેલા હોય છે. તે બંને બાજુની અંડવાહિનીઓ મધ્યમાં એકબીજા સાથે જોડાઈને સામાન્ય અંડવાહિની અથવા યોનિ બનાવે છે જે જનન કોથળીમાં ખૂલે છે. છઠ્ઠા ખંડમાં એક જોડ શુક્રસંગ્રહાશય આવેલ હોય છે જે જનન કોથળીમાં ખૂલે છે.

શુક્રકોષો શુક્રકોથળીમાંથી સ્થળાંતરિત થાય છે. તેના ફલિત અંડકોષો એક કેપ્સુલમાં બંધાય છે. જેને અંડઘર કહે છે. અંડઘર ઘેરા રતાશ પડતા બદામી રંગની કેપ્સ્યુલ હોય છે. તે લગભગ 3/8" (8 mm) લાંબા હોય છે. આ અંડઘર તિરાડો તથા વધુ સાપેક્ષ ભેજયુક્ત ખોરાકની નજીકની જગ્યાઓએ છોડી



આકૃતિ 7.18 : વંદાનું પ્રજનનતંત્ર (a) નર (b) માદા

દેવામાં અથવા ચોંટાડી દેવામાં આવે છે. સરેરાશ એક માદા 9-10 અંડઘર ઉત્પન્ન કરે છે અને પ્રત્યેક 14-16 ઈંડાં ધરાવે છે. પેરિપ્લેનેટા અમેરિકાનો વિકાસ પરોક્ષ પ્રકારનો હોય છે. એટલે કે તેનો વિકાસ કીટશિશુ દ્વારા થાય છે. કીટશિશુ મુખ્યતઃ પુખ્ત પ્રાણી જેવા જ દેખાય છે. કીટશિશુ લગભગ 13 વખત નિર્મોચન કરી પુખ્ત પ્રાણીમાં રૂપાંતરણ પામે છે. અંતિમ કીટશિશુ અવસ્થા પહેલાની અવસ્થામાં પક્ષતલ્પ (Wing Pads) હોય છે પણ માત્ર પુખ્ત વંદામાં પાંખો હોય છે.

વંદાની ઘણી બધી જાતિઓ જંગલી હોય છે અને તેનું કોઈ આર્થિક મહત્ત્વ હોતું નથી. કેટલીક જાતિઓ મનુષ્યની વસાહતના સ્થાને અથવા તેની આજુ બાજુ ઉછેર પામે છે. તે ઉપદ્રવી તરીકે કામ કરે છે. કારણ કે તે ખોરાકને નષ્ટ કરે છે તથા તેને દુર્ગંધયુક્ત ઉત્સર્ગ દ્રવ્યો દ્વારા ખોરાકને દૂષિત કરી દે છે. ખોરાકને દૂષિત

કરીને અનેક બૅક્ટેરીયલ રોગોનો ફેલાવો કરે છે.

7.5 દેડકો (Frog)

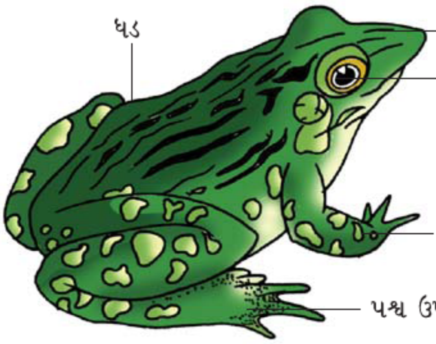
દેડકો જમીન અને મીઠા પાણી બંનેમાં વસવાટ કરે છે. તે મેરૂદંડી સમુદાયના ઉભયજીવી વર્ગનું પ્રાણી છે. ભારતમાં જોવા મળતા દેડકાની સામાન્ય જાતિ રાના ટાઇગ્રીના છે.

તેના શરીરનું તાપમાન સ્થિર હોતું નથી એટલે કે તેના શરીરનું તાપમાન વાતાવરણના તાપમાન અનુસાર બદલાતુ રહે છે. આ પ્રકારના પ્રાણીને અસમતાપી અથવા શીતરુધિરવાળા પ્રાણી કહે છે. દેડકો જ્યારે ઘાસમાં અને સૂકી જમીન પર હોય ત્યારે તેને તમે રંગ બદલતા જોયો હશે. તેઓ તેમના દુશ્મનથી સંતાવવા માટે રંગ બદલવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. **આ રક્ષણાત્મક રંગ** બદલવાની ઘટનાને રૂપનકલ કહે છે. તમે એ પણ જોયું હશે કે દેડકો શિયાળા અને ઉનાળામાં જોવા મળતો નથી. આ સમયે તે ઠંડી અને ગરમીથી રક્ષણ મેળવવા ઉંડા ખાડામાં જતો રહે છે. આને ક્રમશઃ શીતનિંદ્રા અને ગ્રીષ્મનિંદ્રા તરીકે ઓળખાય છે.

7.5.1 બાહ્યાકારવિદ્યા (Morphology)

તમે ક્યારે પણ દેડકાની ત્વચાને સ્પર્શ કરી છે ? દેડકાની ત્વચા શ્લેષ્મથી ઢંકાયેલી હોવાના કારણે લીસી અને ચિકણી હોય છે. તેની ત્વચા હંમેશાં ભેજયુક્ત સ્થિતિ જાળવી રાખે છે. દેડકાની પૃષ્ઠ બાજુ ચમકતા લીલા રંગની હોય છે. જેમાં અનિયમિત ઘેરા ટપકાં હોય છે. વક્ષ બાજુ આછી પીળી હોય છે. દેડકો ક્યારેય પાણી પીતો નથી પરંતુ ત્વચા દ્વારા તેનું શોષણ કરે છે.

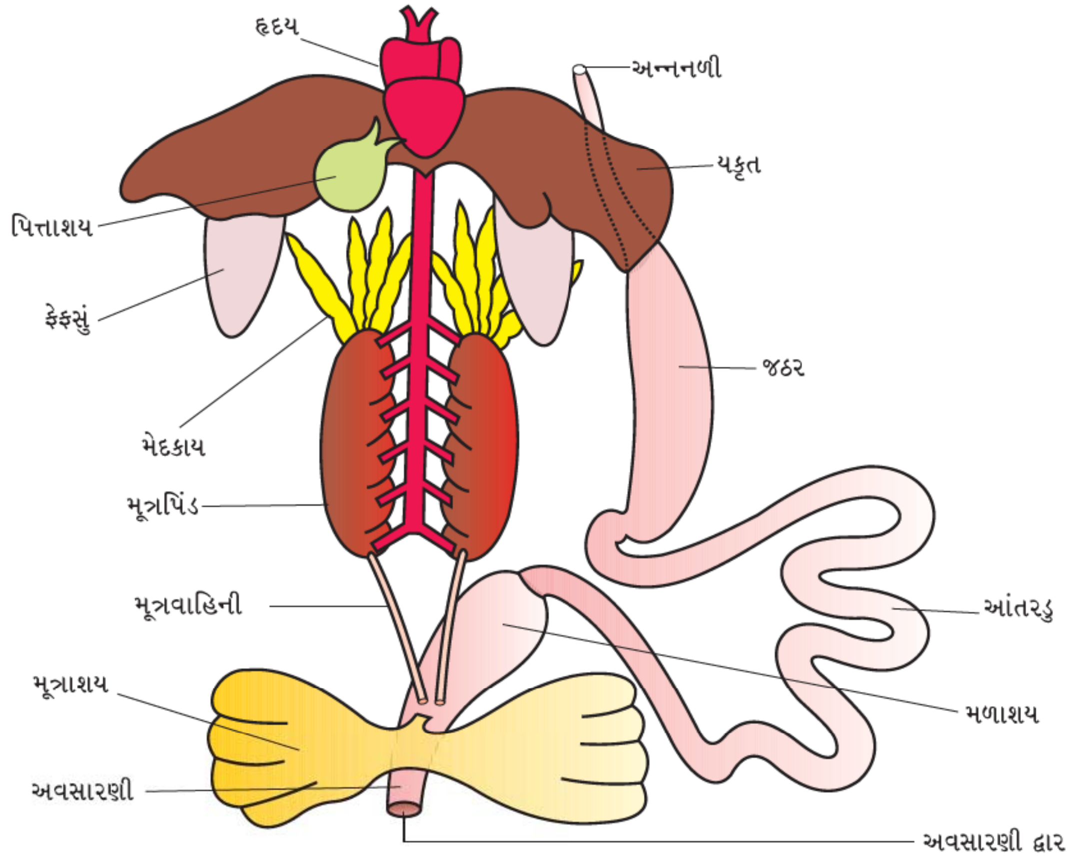
દેડકાનું શરીર શીર્ષ અને ધડમાં વિભાજિત થયેલ છે (આકૃતિ 7.19). પૂછડી અને ગરદનનો અભાવ હોય છે. મુખ ઉપર એક જોડ નાસિકા છિદ્ર આવેલા છે. આંખો બહારની તરફ ઉપસેલી અને પારદર્શકપટલથી ઢંકાયેલી હોય છે જેથી પાણીની અંદર આંખોનો બચાવ થઈ શકે. આંખોની બંને બાજુ કર્ણપટલ (કાન) આવેલા હોય છે. જે ધ્વનિના સંકેતોને ગ્રહણ કરવાનું કાર્ય કરે છે. અગ્ર અને પશ્વ ઉપાંગ તરવા, ચાલવા, ફરવા અને ખાડો ખોદવાનું કાર્ય કરે છે. અગ્ર ઉપાંગમાં ચાર આંગળીઓ આવેલી હોય છે. જ્યારે પશ્વ ઉપાંગમાં પાંચ લાંબી અને માંસલ આંગળીઓ હોય છે. પશ્વ ઉપાંગની આંગળીઓ પટલથી જોડાયેલી હોય છે. જેથી તે તરવામાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. દેડકામાં બાહ્ય લિંગભેદ જોવા મળે છે. નર દેડકામાં અવાજ ઉત્પન્ન કરવા માટે સ્વરપેટી તથા અગ્ર ઉપાંગની પહેલી આંગળી પાસે મૈથુનગાદી હોય છે. જેનો માદા દેડકામાં અભાવ હોય છે.



આકૃતિ 7.19 : દેડકાનાં બાહ્ય લક્ષણો

7.5.2 અંતસ્થવિદ્યા (Anatomy)

દેડકાની દેહગુહામાં પૂર્ણ વિકસિત રચના ધરાવતા અને કાર્ય કરતા અંગતંત્રો જેવા કે પાચનતંત્ર, પરિવહનતંત્ર, શ્વસનતંત્ર, ચેતાતંત્ર, ઉત્સર્જનતંત્ર અને પ્રજનનતંત્ર છે (આકૃતિ 7.20).



આકૃતિ 7.20 : સંપૂર્ણ પાચનતંત્ર દર્શાવતા દેડકાની આંતરિક રચનાનું આકૃતિમય નિરૂપણ

દેડકાનું પાચનતંત્ર પાચનમાર્ગ અને પાચક ગ્રંથિઓનું બનેલ હોય છે. અન્નમાર્ગ ટૂંકો હોય છે કારણ કે દેડકો માંસાહારી છે અને આથી આંતરડાની લંબાઈ ઓછી હોય છે. તેનું મુખ મુખગુહામાં ખૂલે છે. કંઠનળીને અનુસરીને અન્નનળી આવેલી હોય છે. અન્નનળી એક ટૂંકી નળી છે. જે જઠરમાં ખૂલે છે. જઠર આગળ વધીને આંતરડાં, મળાશય અને અંતમાં અવસારણી દ્વારા બહાર ખૂલે છે. યકૃત પિત્તરસનો સ્રાવ કરે છે જેનો પિત્તાશયમાં સંગ્રહ થાય છે. સ્વાદુપિંડ, એક પાચક ગ્રંથિ છે જે સ્વાદુરસનો સ્રાવ કરે છે, જે પાચક ઉત્સેચકો ધરાવે છે. દેડકો તેની દ્વિશાખી જીભ દ્વારા ખોરાકને પકડે છે. જઠરની દીવાલો દ્વારા સ્રવિત હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને જઠરરસ દ્વારા ખોરાકનું પાચન થાય છે. અર્ધપાચિત ખોરાકને આમપાક કહે છે. જઠરમાંથી પસાર થઈને આંતરડાંના પ્રથમ ભાગ પકવાશયમાં પહોંચે છે. પકવાશય પિત્તાશયમાંથી પિત્તરસ અને સ્વાદુપિંડનો સ્વાદુરસ સામાન્ય પિત્તનળી દ્વારા પ્રાપ્ત કરે છે. પિત્ત ચરબીનું તૈલોદીકરણ કરે છે અને સ્વાદુરસ કાર્બોદિત અને પ્રોટીનનું પાચન કરે છે. પાચનની અંતિમ પ્રક્રિયા આંતરડામાં થાય છે. પાચિત ખોરાક આંતરડાંની અંદરની દીવાલમાં આવેલા ઘણા બધા આંગળીઓની ગડીઓ જેવી રચના દ્વારા શોષાય છે જેને રસાંકુરો કહે છે. અપાચિત ઘન ખોરાક મળાશયમાં પહોંચે છે અને અવસારણીમાંથી બહાર ત્યજાય છે.

દેડકો પાણી અને જમીન એમ બંને જગ્યાએ બે જુદી જુદી રીતે શ્વસન કરે છે. પાણીમાં ત્વચા એક શ્વસનાંગનું કાર્ય કરે છે. (ત્વચીય શ્વસન). ત્વચામાં પ્રસરણ દ્વારા પાણીમાં ઓગળેલ ઑક્સિજનનું વાત-વિનિમય થાય છે. જમીન પર મુખગુહા, ત્વચા અને ફેફસાં શ્વસનાંગો તરીકે વર્તે છે. ફેફસાં દ્વારા થતા શ્વસનને ફુપ્ફુસીય શ્વસન કહે છે. ફેફસાંની જોડ લંબાયેલ, અંડાકાર ગુલાબી રંગની થેલી જેવી રચના હોય છે જે ધડના ઉપરી ભાગ(ઉરસ)માં આવેલ હોય છે. હવા નાસિકા છિદ્રોમાંથી પ્રવેશી મુખગુહા અને પછી ફેફસાં સુધી પહોંચે છે. ગ્રીષ્મનિંદ્રા અને શીતનિંદ્રા દરમિયાન દેડકો ત્વચા દ્વારા શ્વસન કરે છે.

દેડકાનું પરિવહનતંત્ર પૂર્ણ વિકસિત અને બંધ પ્રકારનું હોય છે. તેમાં લસિકાતંત્ર પણ જોવા મળે છે. એટલે કે રુધિરપરિવહનતંત્રમાં હૃદય, રુધિરવાહિનીઓ અને રુધિરનો સમાવેશ થાય છે. લસિકાતંત્ર લસિકા, લસિકાવાહિનીઓ અને લસિકાગાંઠોનું બનેલું હોય છે. હૃદય માંસલ રચના છે. જે દેહગુહાની ઉપરની બાજુએ આવેલું હોય છે. તે ત્રણ કોટર ધરાવે છે, બે કર્ણકો અને એક ક્ષેપક તે પાતળા પારદર્શકપટલ વડે ઢંકાયેલું છે જેને પરિહૃદઆવરણ કહે છે. ત્રિકોણાકાર રચના જેને શિરાકોટર કહે છે. તે હૃદયના જમણા કર્ણક સાથે જોડાયેલું રહે છે તથા મહાશિરાઓ દ્વારા રુધિર પ્રાપ્ત કરે છે. હૃદયની વક્ષ સપાટી પર આવેલી થેલી જેવી રચના શંકુ ધમનીમાં ક્ષેપક ખૂલે છે. હૃદયમાંથી રુધિરને ધમનીઓ (ધમનીતંત્ર) દ્વારા શરીરના બધા ભાગોમાં મોકલવામાં આવે છે. શિરાઓ શરીરના જુદા જુદા અંગોમાંથી રુધિરને એકત્રિત કરી હૃદયમાં પહોંચાડે છે અને શિરાતંત્ર બનાવે છે. દેડકામાં વિશિષ્ટ શિરાજોડાણ યકૃત તથા આંતરડા ઉપરાંત મૂત્રપિંડ અને શરીરના નીચેના ભાગોમાં જોવા મળે છે. તેને ક્રમશઃ યકૃત નિવાહિકાતંત્ર અને મૂત્રપિંડ નિવાહિકાતંત્ર કહે છે. રુધિર, રુધિરરસ અને રુધિરકોષો ધરાવે છે. રુધિરકોષો તરીકે RBCs (રક્તકણ) અથવા ઈરિથ્રોસાઇટ્સ, WBCs (શ્વેતકણ) અથવા લ્યુકોસાઇટ્સ અને રુધિરકણિકાઓ હોય છે. રક્તકણમાં લાલ રંગનું શ્વસન રંજકદ્રવ્ય હિમોગ્લોબિન આવેલું હોય છે. આ કોષો કોષકેન્દ્ર યુક્ત છે. લસિકા રુધિરથી અલગ હોય છે. કારણ કે તેમાં કેટલાક પ્રોટીન તેમજ રક્તકણનો અભાવ હોય છે. પરિવહન દરમિયાન રુધિર પોષકતત્ત્વો, વાયુઓ અને પાણી નિયત સ્થાને લઈ જાય છે. રુધિરનું પરિવહન માંસલ હૃદયના ધબકવાની ક્રિયા દ્વારા થાય છે.

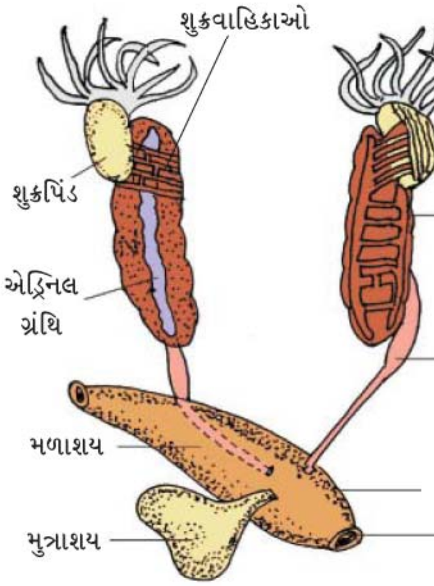
નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા દ્રવ્યોનો નિકાલ પૂર્ણ વિકસિત ઉત્સર્જનતંત્ર દ્વારા થાય છે. ઉત્સર્જનતંત્રમાં એક જોડ મૂત્રપિંડ, મૂત્રવાહિની, અવસારણી અને મૂત્રાશયનો સમાવેશ થાય છે. મૂત્રપિંડ ગાઢ રાતા રંગના અને વાલ આકારના હોય છે અને તે દેહગુહામાં થોડાક પાછળની બાજુએ કરોડસ્તંભની બંને બાજુ ગોઠવાયેલા હોય છે. પ્રત્યેક મૂત્રપિંડ ઘણા બધા રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમના બનેલ છે જેને મૂત્રપિંડ નલિકાઓ અથવા નેફ્રોન્સન કહે છે. નર દેડકામાં મૂત્રવાહિની મૂત્રપિંડમાંથી મૂત્ર જનનવાહિની સ્વરૂપે બહાર નીકળે છે. મૂત્ર જનનવાહિની અવસારણીમાં ખૂલે છે. માદા દેડકામાં મૂત્રવાહિની અને અંડવાહિની અવસારણીમાં અલગ-અલગ ખૂલે છે. એક પાતળી દીવાલવાળું મૂત્રાશય જે મળાશયની વક્ષ બાજુએ આવેલું હોય છે. તે પણ અવસારણીમાં ખૂલે છે. દેડકો યુરિયાનું ઉત્સર્જન કરે છે. આથી તેને **યુરિયાત્યાગી** પ્રાણી (Ureotelic) કહે છે. ઉત્સર્ગ દ્રવ્યો રુધિર દ્વારા મૂત્રપિંડમાં વહન પામે છે. ત્યાં આગળ તે અલગ કરી દેવામાં આવે છે અને તેનું ઉત્સર્જન કરવામાં આવે છે.

નિયંત્રણ અને સહનિયમનતંત્ર દેડકામાં પૂર્ણ વિકસિત હોય છે. તેમાં અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ અને ચેતાતંત્ર બંને જોવા મળે છે. શરીરનાં જુદાં જુદાં અંગોમાં રાસાયણિક સહનિયમન અંતઃસ્રાવો દ્વારા સંપન્ન થાય છે. કે જે અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિ દ્વારા સ્રવિત થાય છે. દેડકાની મુખ્ય અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ જેવી કે પિટ્યુટરી, થાઈરૉઈડ, પેરાથાઈરૉઈડ, થાયમસ, પિનિયલ કાય, સ્વાદુપિંડના કોષપૂંજો, એડ્રિનલ અને જનનપિંડો છે.

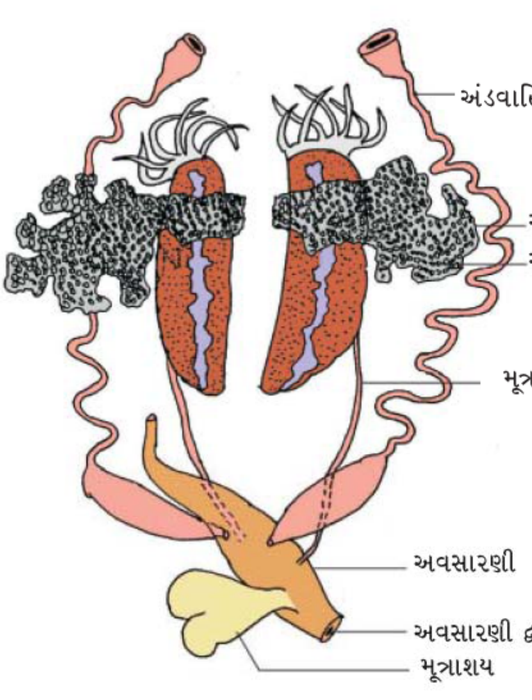
ચેતાતંત્રના આયોજનમાં મધ્યવર્તી ચેતાતંત્ર (મગજ અને કરોડરજ્જુ), પરિઘવર્તી ચેતાતંત્ર (મસ્તિષ્ક ચેતાઓ અને કરોડરજ્જુ ચેતાઓ) અને સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર(અનુકંપી અને પરાનુકંપી)નો સમાવેશ થાય છે. મગજમાંથી 10 જોડ મસ્તિષ્ક ચેતાઓ ઉદ્‌ભવે છે. મગજ હાડકાંની બનેલ મસ્તક પેટીમાં બંધ હોય છે. તે અગ્ર મગજ, મધ્ય મગજ અને પશ્ચ મગજમાં વિભાજીત થાય છે. અગ્ર મગજમાં ઘ્રાણપિંડો, એક જોડ બૃહદ્ મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધ અને એક આંતર મસ્તિષ્કનો સમાવેશ થાય છે. મધ્ય મગજમાં એક જોડ દૃષ્ટિપિંડનો સમાવેશ થાય છે. પશ્ચ મગજ, અનુમસ્તિષ્ક અને લંબમજ્જા ધરાવે છે. લંબમજ્જા મહાછિદ્રમાંથી પસાર થઈને કરોડસ્તંભમાં આવેલ કરોડરજ્જુ સાથે જોડાયેલ રહે છે.

દેડકામાં વિવિધ પ્રકારનાં સંવેદાંગો હોય છે. જેમ કે સ્પર્શ સંવેદી અંગ (સંવેદી અંકુરકો), સ્વાદ (સ્વાદ કલિકાઓ), ગંધ (નાસિકા અધિચ્છદ), દૃષ્ટિ (આંખ) અને શ્રવણ (કર્ણપટલ અને અંતઃકર્ણ) આ બધામાં આંખો અને અંતઃકર્ણ સુવિકસિત હોય છે અને બાકીના સંવેદાંગો માત્ર ચેતાતંતુના છેડા પર કોષોના ગુચ્છાઓ સ્વરૂપે હોય છે. દેડકામાં એક જોડ ગોળાકાર આંખો ખોપરીમાં આવેલ નેત્રગુહામાં ગોઠવાયેલી હોય છે. તે સામાન્ય આંખો ધરાવે છે. (એક જ એકમ ધરાવે છે.) દેડકામાં બાહ્ય કર્ણનો અભાવ હોય છે. બહારથી માત્ર કર્ણપટલ જ દેખાય છે. કર્ણ એક એવુ અંગ છે જે શ્રવણ ઉપરાંત સમતુલનનું પણ કાર્ય કરે છે.

દેડકામાં નર અને માદા પ્રજનનતંત્ર પૂર્ણ વિકસિત હોય છે. નર પ્રજનનતંત્રમાં એક જોડ પીળાશ પડતા અંડાકાર શુક્રપિંડ (આકૃતિ 7.21) હોય છે. જે મૂત્રપિંડના ઉપરના ભાગમાં અધિવૃકકીય આવરણ નામના બેવડા પડ દ્વારા જોડાયેલા હોય છે. જેને શુક્રપિંડ બંધ કહે છે. શુક્રવાહિકાઓની સંખ્યા 10-12 હોય છે જે શુક્રપિંડમાંથી નિકળીને પોતાની બાજુના મૂત્રપિંડમાં પ્રવેશે છે અને તે બિડરની



આકૃતિ 7.21 : નર પ્રજનનતંત્ર



આકૃતિ 7.22 : માદા પ્રજનનતંત્ર

નલિકામાં ખૂલે છે. જે અંતમાં મૂત્રવાહિનીમાં ખૂલે છે. હવે મૂત્રવાહિનીને મૂત્ર જનનવાહિની કહે છે. મૂત્રપિંડમાંથી બહાર નીકળીને અવસારણીમાં ખૂલે છે. અવસારણી એક નાનું મધ્ય કોટર છે. જે ઉત્સર્ગ પદાર્થો, મૂત્ર તથા શુક્રકોષોને બહાર મોકલવાનું કાર્ય કરે છે.

માદા પ્રજનન અંગોમાં એક જોડ અંડપિંડ (આકૃતિ 7.22) મૂત્રપિંડની નજીક ગોઠવાયેલા હોય છે પરંતુ તેનો ક્રિયાત્મક રીતે મૂત્રપિંડ સાથે કોઈ સંબંધ હોતો નથી. અંડપિંડોમાંથી નિકળતી એક જોડ અંડવાહિની અવસારણીમાં અલગ-અલગ ખૂલે છે. એક પરિપક્વ માદા એક સમયમાં 2500થી 3000 અંડકોષો મૂકે છે. ફલન બાહ્યફલન પ્રકારનું અને પાણીમાં થાય છે. ભ્રૂણવિકાસ ડિમ્ભ સ્વરૂપે થાય છે જેને ટેડપોલ કહે છે. ટેડપોલ રૂપાંતરણની વિવિધ અવસ્થાઓમાંથી પસાર થઈને પુખ્ત દેડકામાં ફેરવાય છે.

દેડકા મનુષ્ય માટે લાભદાયી પ્રાણી છે. કારણ કે તે કીટકોને ખાય છે અને પાકનું રક્ષણ કરે છે. દેડકો પર્યાવરણીય સંતુલન જાળવી રાખે છે. કારણ કે તે નિવસનતંત્રની આહારશૃંખલા અને આહારજાળ માટેની મહત્ત્વની કડી છે. કેટલાક દેશોમાં દેડકાના માંસલ પગ મનુષ્ય દ્વારા ખોરાક તરીકે ખવાય છે.

સારાંશ

કોષ, પેશી, અંગો અને અંગતંત્રો કાર્યોને એવી રીતે વિભાજીત કરી દે છે કે જેથી સમગ્ર શરીરનું અસ્તિત્વ ટકાવી રાખવું સુનિશ્ચિત બને છે અને તે શ્રમવિભાજનને પ્રદર્શિત કરે છે. પેશી એટલે કોષોનો આંતર કોષીય ઘટકો સહિતનો સમૂહ કે જે શરીરમાં એક કે એકથી વધારે કાર્યો કરે છે. અધિચ્છદ ચાદર જેવી પેશી છે. જે શરીરની બાહ્ય સપાટી અને તેની ગુહાઓ, વાહિનીઓ અને નલિકાઓના અસ્તર રચે છે. અધિચ્છદને એક મુક્ત સપાટી હોય છે. જે દેહ પ્રવાહી અથવા બાહ્ય વાતાવરણ તરફ હોય છે. તેના કોષો રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક સ્વરૂપે જોડાણ સ્થાન સાથે જોડાયેલા હોય છે.

વિવિધ પ્રકારની સંયોજક પેશીઓ એકસાથે જોડાઈને શરીરની અન્ય પેશીઓને આધાર, મજબૂતાઈ, રક્ષણ અને આવરણ પ્રદાન કરે છે. શિથિલ સંયોજક પેશી એ આધારક દ્રવ્યમાં ખૂબ વિવિધતા ધરાવતા કોષોની ગોઠવણી યુક્ત પ્રોટીન તંતુઓની બનેલી છે. કાસ્થિ, અસ્થિ, રુધિર તથા મેદપૂર્ણપેશી એક વિશિષ્ટ પ્રકારની સંયોજક પેશીઓ છે. કાસ્થિ અને અસ્થિ બંને એક પ્રકારના સંરચનાત્મક પદાર્થ છે. રુધિર એક પ્રવાહી પેશી છે જેનું કાર્ય પરિવહનનું છે. મેદપૂર્ણપેશી ઉષ્માનો સંચય કરવાનું કાર્ય કરે છે. સ્નાયુપેશી જે કોઈ પણ ઉદ્દીપન પર પ્રતિક્રિયા સ્વરૂપે સંકુચિત (નાની) થઈ શકે છે અને શરીર કે શરીરના ભાગોને પ્રચલનક્ષમ બનાવવામાં ઉપયોગી બને છે. કંકાલ સ્નાયુ એ સ્નાયુપેશી છે કે જે કંકાલ સાથે જોડાયેલ હોય છે. અરેખિત સ્નાયુપેશી આંતરિક અંગોનો એક ઘટક છે. હૃદપેશી હૃદયની સંકોચનશીલ દીવાલોનું નિર્માણ કરે છે. સંયોજક પેશી ત્રણેય પ્રકારની પેશીઓને આવરી લે છે. ચેતાતંત્ર શરીરની બધી ક્રિયાઓની અનુક્રિયા પર નિયંત્રણ રાખે છે. ચેતાકોષ એ ચેતાપેશીનો આધારભૂત એકમ છે.

અળસિયું, વંદો અને દેડકો એક વિશેષ પ્રકારની શરીર સંરચનાને પ્રદર્શીત કરે છે. ફેરેટિમા પોસ્થુમા-(અળસિયા)નું શરીર ક્યુટિકલથી ઢંકાયેલું હોય છે. શરીરના બધા જ ખંડો 14, 15 અને 16 સિવાય એક સરખા જ હોય છે. 14, 15 અને 16 ખંડ મોટા, ઘેરા અને ગ્રંથિલ હોય છે. જે વલયિકાનું નિર્માણ કરે છે. શરીરના પ્રથમ ખંડ, અંતિમ ખંડ અને વલયિકા પ્રદેશ સિવાયના પ્રત્યેક ખંડમાં 'S' આકારના કાઇટીનયુક્ત વજ્રકેશ આવેલ હોય છે. તે પ્રચલનમાં મદદ કરે છે. વક્ષ બાજુએ 5 અને 6, 6 અને 7, 7 અને 8, 8 અને 9 ખંડોની વચ્ચે ગોઠવાયેલી ખાંચોમાં શુક્રસંગ્રહાશય છિદ્રો આવેલા હોય છે. માદા જનનછિદ્ર 14મા ખંડમાં તથા નર જનનછિદ્રો 18મા ખંડમાં આવેલા હોય છે. અન્નમાર્ગ એક પાતળી નળી હોય છે જે મુખ, મુખગુહા, કંઠનળી, અન્નનળી, પેષણી, જઠર, આંતરડું અને

મળદ્વારની બનેલ છે. રુધિરપરિવહનતંત્ર બંધ પ્રકારનું હોય છે. જે હૃદય તથા વાલ્વોનું બનેલું છે. ચેતાતંત્ર વક્ષ ચેતારજ્જુ દ્વારા પ્રદર્શિત થાય છે. અળસિયું ઉભયલિંગી પ્રાણી છે. તેમાં બે જોડ શુક્રપિંડો 10મા અને 11મા ખંડમાં આવેલા હોય છે. તેવી રીતે એક જોડ અંડપિંડ 12 અને 13મા ખંડમાં આંતરખંડીય વિટપથી સ્થિત થયેલ હોય છે. આ એક પ્રોટેન્ડ્સ (નર પ્રજનનકોષો માદા પ્રજનનકોષો કરતાં વહેલાં પરિપક્વ પામે તેવું) પ્રાણી છે. જેમાં પરફલન જોવા મળે છે. ફલન અને વિકાસ વલયિકાની ગ્રંથિઓ દ્વારા સ્રવિત અંડઘરમાં થાય છે.

વંદા(પેરિપ્લેનેટા અમેરિકાના)નું શરીર કાઈટીન નિર્મિત બાહ્યકંકાલથી ઢંકાયેલું રહે છે. તે શિર્ષ, ઉરસ અને ઉદરમાં વિભાજિત થયેલ છે. ખંડો પર સાંધાવાળા ઉપાંગ જોવા મળે છે. ઉરસના ત્રણ ખંડ હોય છે. જેમાં બે જોડ ચલનપાદ આવેલા હોય છે. બે જોડ પાંખો આવેલ હોય છે. જે ક્રમશઃ બીજા અને ત્રીજા ખંડમાં આવેલ છે. ઉદરમાં 10 ખંડ હોય છે. અન્નમાર્ગ સુવિકસિત હોય છે. જેમાં મુખાંગો, વડે ઘેરાયેલ મુખ, કંઠનળી, અન્નનળી, અન્નસંગ્રહાશય, પેષણી, મધ્યાંત્ર, પશ્ચાંત્ર અને મળદ્વારનો સમાવેશ થાય છે. અગ્રાંત્ર અને મધ્યાંત્રના જોડાણ સ્થાન પર યકૃતીય અંધાંત્રો આવેલા હોય છે. મધ્યાંત્ર અને પશ્ચાંત્રના જોડાણ સ્થાન પર માલ્પિધિયન નલિકાઓ આવેલી હોય છે અને તે ઉત્સર્જનમાં મદદ કરે છે. અન્નસંગ્રહાશયની નજીક એક જોડ લાળગ્રંથિ આવેલી હોય છે. રુધિરપરિવહનતંત્ર ખુલ્લા પ્રકારનું હોય છે. શ્વસન શ્વાસનળીઓના જાળા દ્વારા થાય છે. શ્વાસનળીઓ શ્વસનછિદ્રો દ્વારા બહાર ખૂલે છે. ચેતાતંત્ર વક્ષ ચેતારજ્જુ અને ખંડીય ચેતાકંદોનું બનેલ છે. એક જોડ શુક્રપિંડ 4 થી 6 ખંડોમાં અને એક જોડ અંડપિંડ 2 થી 6ખંડોમાં આવેલા હોય છે. ફલન અંતઃફલન પ્રકારનું હોય છે. માદા 9-10 અંડઘર ઉત્પન્ન કરે છે, જે વિકાસશીલ ભ્રૂણ ધરાવે છે. એક અંડઘર તૂટવાથી 16 શિશુ બહાર આવે છે જેને કીટશિશુ (nymph) કહે છે.

ભારતીય બુલફ્રોગ રાના ટાઇગ્રીના ભારતમાં જોવા મળતો સામાન્ય દેડકો છે. તેનું શરીર ત્વચાથી ઢંકાયેલું રહે છે. ત્વચા પર શ્લેષ્મ ગ્રંથિઓ આવેલી હોય છે. જે અત્યંત સંવહની હોય છે તથા તે પાણી અને જમીન પર શ્વસન માટે મદદ કરે છે. શરીર શીર્ષ અને ધડમાં વિભાજિત થયેલ છે. એક સ્નાયુલ જીભ આવેલી હોય છે જે અગ્ર ભાગથી ફાટેલી (દ્વિશાખી) હોય છે તે શિકારને પકડવામાં મદદ કરે છે. અન્નમાર્ગ, અન્નનળી, જઠર, આંતરડું અને અવસારણીનો બનેલ છે. જે અવસારણીદ્વાર દ્વારા બહાર ખૂલે છે. મુખ્ય પાચક ગ્રંથિઓ યકૃત અને સ્વાદુપિંડ છે. દેડકો પાણીમાં ત્વચા દ્વારા તથા જમીન પર ફેફસાં દ્વારા શ્વસન કરે છે. રુધિરપરિવહનતંત્ર બંધ અને એકલ પરિવહન પ્રકારનું છે. RBCs કોષકેન્દ્રયુક્ત હોય છે. ચેતાતંત્ર મધ્યવર્તી, પરિઘવર્તી અને સ્વયંવર્તી પ્રકારનું છે. મૂત્રજનનતંત્રના અંગો મૂત્રપિંડો અને મૂત્રજનન વાહિનીઓ છે. જે અવસારણીમાં ખૂલે છે. નર પ્રજનન અંગ એક જોડ શુક્રપિંડો છે. માદા પ્રજનન અંગ એક જોડ અંડપિડો છે. એક માદા એક સમયે 2500થી 3000 અંડકોષો (ઈંડા) મૂકે છે. ફલન અને વિકાસ બાહ્ય હોય છે. ઈંડા તૂટવાથી ટેડપોલ બહાર આવે છે. જે દેડકામાં રૂપાંતરિત થઈ જાય છે.

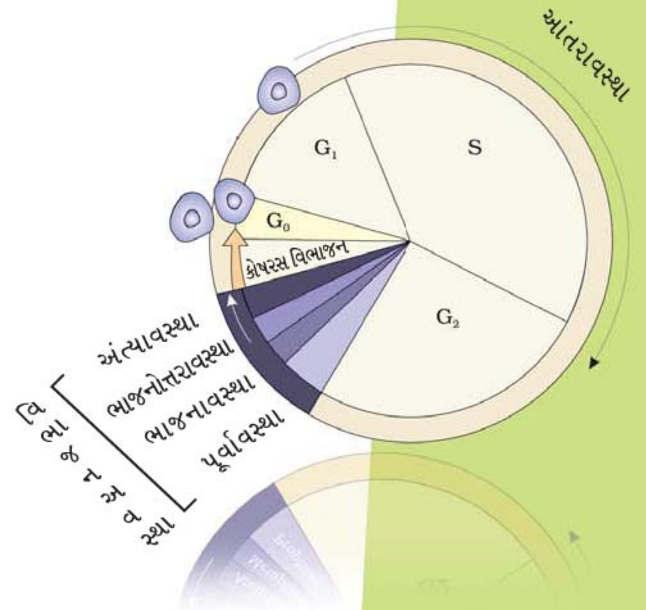
સ્વાધ્યાય

1. એક શબ્દ અથવા એક લીટીમાં જવાબ આપો :
   (i) પેરિપ્લેનેટા અમેરિકાનાનું સામાન્ય નામ જણાવો.
   (ii) અળસિયાંમાં કેટલી શુક્રસંગ્રહાશય કોથળીઓ આવેલી હોય છે ?
   (iii) વંદામાં અંડપિંડનું સ્થાન શું છે ?
   (iv) વંદાના ઉદરમાં કેટલા ખંડ હોય છે ?
   (v) માલ્પિધીયન નલિકાઓ ક્યાં જોવા મળે છે ?
2. નીચે આપેલ પ્રશ્નોના ઉત્તર આપો :
   (i) ઉત્સર્ગિકાનું કાર્ય શું છે ?
   (ii) સ્થાનના આધારે અળસિયાંમાં કેટલા પ્રકારની ઉત્સર્ગિકાઓ આવેલી હોય છે ?
3. અળસિયાંનાં પ્રજનન અંગોની નામનિર્દેશિત આકૃતિ દોરો.

4. વંદાના પાચનમાર્ગની નામનિર્દેશિત આકૃતિ દોરો.
5. નીચે આપેલનો તફાવત આપો :
   (a) મુખાગ્ર અને પરિતુંડ
   (b) વિટપીય ઉત્સર્ગિકા અને કંઠનાલીય ઉત્સર્ગિકા.
6. રુધિરના કોષીય ઘટકો કયા છે ?
7. નીચે આપેલ શું છે તથા પ્રાણીઓના શરીરમાં તે ક્યાં જોવા મળે છે ?
   (a) કોન્ડ્રોસાઇટ્સ
   (b) ચેતાક્ષ
   (c) પક્ષ્મલ અધિચ્છદ
8. નામનિર્દેશિત આકૃતિ દ્વારા વિવિધ અધિચ્છદ પેશીઓનું વર્ણન કરો.
9. વિભેદન કરો :
   (a) સરળ અધિચ્છદ અને સંયુક્ત અધિચ્છદ
   (b) હૃદ સ્નાયુ અને રેખિત સ્નાયુ
   (c) સઘન નિયમિત અને સઘન અનિયમિત સંયોજક પેશી
   (d) મેદપૂર્ણ અને રુધિર પેશી
   (e) સરળ ગ્રંથિ અને સંયુક્ત ગ્રંથિ
10. આપેલ શૃંખલાઓમાં સુમેળ ન થતા હોય તેને અંકિત કરો.
   (a) તંતુઘટક પેશી : રુધિર : ચેતાકોષ : અસ્થિબંધ
   (b) RBC : WBC : ત્રાકકણ : કાસ્થિ
   (c) બર્હિસ્રાવી : અંતઃસ્રાવી : લાળ ગ્રંથિ : સ્નાયુબંધ
   (d) જમ્ભમૃશ : અધોજમ્ભ : અધિજમ્ભ : સ્પર્શક
   (e) પ્રોટોનેમા (પૂર્વ ઉરસ) : મધ્ય ઉરસ : પશ્ચ ઉરસ : કક્ષ
11. યોગ્ય જોડકાં જોડો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) સંયુક્ત અધિચ્છદ	(i) અન્નમાર્ગ
(b) સંયુક્ત આંખ	(ii) વંદો
(c) વિટપીય ઉત્સર્ગિકા	(iii) ત્વચા
(d) ખુલ્લુ પરિવહનતંત્ર	(iv) મોઝેઇક દષ્ટિ
(e) ભિત્તિભંજ	(v) અળસિયું
(f) અસ્થિકોષો	(vi) શિશ્નખંડ
(g) જનનેન્દ્રિય	(vii) અસ્થિ

12. અળસિયાનાં પરિવહનતંત્રનું સંક્ષિપ્તમાં વર્ણન કરો.
13. દેડકાના પાચનતંત્રની નામનિર્દેશિત આકૃતિ દોરો.
14. નીચે આપેલાનાં કાર્યો જણાવો :
   (a) દેડકાની મૂત્રવાહિની
   (b) માલ્પિઘીયન નલિકાઓ
   (c) અળસિયાની શરીર દીવાલ



એકમ 3

કોષ : રચના અને કાર્યો
(Cell : Structure and Functions)

પ્રકરણ 8

કોષ : જીવનનો એકમ

પ્રકરણ 9

જૈવઅણુઓ

પ્રકરણ 10

કોષચક્ર અને કોષવિભાજન

જીવવિજ્ઞાન જીવંત સજીવોનો અભ્યાસ કરતું શાસ્ત્ર છે. તેઓના સ્વરૂપ તેમજ દેખાવનું વિસ્તૃત વર્ણન એ એમની વિવિધતાઓને રજૂ કરે છે. કોષવાદ અને પરિકલ્પના આ વિવિધ સ્વરૂપોમાં રહેલ એકતાને દર્શાવે છે. એટલે કે જીવનના બધા સ્વરૂપમાં કોષીય સંગઠન બને છે. આ યુનિટમાં સમાવેશ કરેલ પ્રકરણોમાં કોષીય રચના તથા વિભાજન દ્વારા કોષીય વૃદ્ધિનું એક વર્ણન રજૂ કરવામાં આવ્યું છે. એની સાથે કોષવાદ જીવન તથ્યોમાં રહસ્યનો બોધ પણ પેદા કરે છે, એટલે કે દેહધાર્મિક અને વર્તનાત્મક પ્રક્રિયાઓમાં રહસ્યોનો બોધ ઉત્પન્ન કરે છે. આ રહસ્ય જીવંત તથ્યોના કોષીય સંગઠનની અખંડતાની આવશ્યકતા હતી. જેને પ્રદર્શિત અથવા અવલોકિત કરેલ છે. દેહધાર્મિક અને વર્તનાત્મક પ્રક્રિયાઓને સમજવા અને અભ્યાસ કરવા માટે કોઈ પણ વ્યક્તિને ભૌતિક-રાસાયણિક પ્રસ્તાવ સ્વીકારવાનો છે તથા પરીક્ષણ હેતુ કોષમુક્ત તંત્રનો ઉપયોગ કરવો પડે છે. આ પ્રસ્તાવ આપણે આણ્વિક ભાષામાં વિવિધ પ્રક્રિયાઓને વર્ણન કરવા માટે યોગ્ય બને છે. આ સંકલ્પના જીવંત પેશીઓમાં તત્ત્વો અને રસાયણોના વિશ્લેષણ દ્વારા સ્થાપિત થાય છે. એનાથી આપણને ખ્યાલ આવશે કે જીવંત સજીવોમાં કેવા પ્રકારના કાર્બનિક રસાયણો આવેલા હોય છે. આગળના ચરણમાં એ પ્રશ્ન પૂછાઈ શકે છે કે કોષની અંદર આ રસાયણો શું કરી રહ્યા છે ? અને કેવી રીતે તે એ સામૂહિક દેહધાર્મિક પ્રક્રિયાઓ જેવી કે પાચન, ઉત્સર્જન, સ્મૃતિ, રક્ષણ, ઓળખાણ વગેરે કરે છે. બીજા શબ્દોમાં આપણે પ્રશ્નનો જવાબ આપીએ છીએ કે બધી જ દેહધાર્મિક પ્રક્રિયાઓનો આણ્વિય આધાર શું છે ? આ કોઈ પણ બીમારી દરમિયાન ઉત્પન્ન થતી અસામાન્ય પ્રક્રિયાઓનું પણ વર્ણન કરે છે. જીવંત સજીવોના ભૌતિક-રાસાયણિક સંકલ્પનાને સમજવા તથા અભ્યાસ પ્રક્રિયાને ''અવનત જીવવિજ્ઞાન'' [Reductionist Biology] કહે છે. અહીંયાં જીવવિજ્ઞાનને સમજવા માટે ભૌતિક તેમજ રસાયણશાસ્ત્રની પદ્ધતિઓ તેમજ સંકલ્પનાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ યુનિટના પ્રકરણ 9માં જૈવઅણુઓનું સંક્ષિપ્ત વર્ણન કરવામાં આવેલ છે.

જી. એન. રામાચંદ્રન
(G. N. Ramachandran)
(1922 – 2001)

જી. એન. રામાચંદ્રન પ્રોટીન સંરચનાના ક્ષેત્રમાં એક ઉત્કૃષ્ઠ વ્યક્તિત્વ હતા તથા મદ્રાસ સ્કૂલ ઑફ કન્ફોરમેશનલ એનાલીસીસ ઑફ બાયોપોલીમરના સ્થાપક હતા. ઈ. સ. 1954માં નેચરમાં પ્રકાશિત થયેલ કૉલાજનના ત્રેખડ કુંતલ સંરચનાની શોધ તથા ''રામચંદ્રન પ્લોટ''ના ઉપયોગથી પ્રોટીન બહુલકના વિશ્લેષણથી સંરચનાત્મક જીવવિજ્ઞાન ક્ષેત્રમાં તેઓનું સર્વોત્કૃષ્ટ પ્રદાન રહેલ છે. તેઓનો જન્મ 8 ઑક્ટોબર 1922માં દક્ષિણ ભારતના સમુદ્રતટીય ક્ષેત્ર કોચીનની નજીક એક ગામમાં થયો હતો. તેઓના પિતા એક સ્થાનિક કૉલેજમાં ગણિતના પ્રોફેસર હતા એટલે રામચંદ્રનને ગણિત પ્રત્યે અભિરૂચિ ઉત્પન્ન કરવામાં તેઓ પર્યાપ્ત પ્રભાવ પાડતા હતા. સ્કૂલનો અભ્યાસ પૂર્ણ કર્યા બાદ રામચંદ્રન 1942માં ગ્રેજ્યુએટ થયા જેઓ મદ્રાસ વિશ્વવિદ્યાલયનાં બી.એસ.સી. (ઓનર્સ) ભૌતિકશાસ્ત્ર વિષયનાં સર્વોચ્ચ વિદ્યાર્થી હતા. ત્યારબાદ 1949માં કેમ્બ્રિજ યુનિવર્સિટીમાંથી પી.એચ.ડી.ની પદવી પ્રાપ્ત કરી. જ્યારે તેઓ કેમ્બ્રિજ યુનિવર્સિટીમાં હતા ત્યારે તેઓની મુલાકાત લાઈનસ પોલિંગ સાથે થઈ તથા તેઓના α -હેલિક્સ તથા β -શીટ સંરચના મૉડલ પર કરેલ કાર્યથી પ્રભાવિત થયા જેનાથી કૉલેજનની સંરચનાને હલ કરવામાં તેઓનું ધ્યાન ખેંચાયું તેઓ 78 વર્ષની ઉંમરે 7 એપ્રિલ 2001માં મૃત્યુ પામ્યા.

પ્રકરણ 8

કોષ : જીવનનો એકમ (Cell : The Unit of Life)

8.1 કોષ એટલે શું ?

8.2 કોષવાદ

8.3 કોષનું વિહંગાવલોકન

8.4 આદિકોષકેન્દ્રીય કોષ

8.5 સુકોષકેન્દ્રીય કોષ

જ્યારે તમે તમારી આજુ બાજુએ જુઓ છો ત્યારે તમને સજીવ અને નિર્જીવ બંને દેખાય છે. ત્યારે તમે ચોક્કસ આશ્ચર્ય પામતા હશો અને પોતાને પૂછતા હશો કે એવું તો શું છે જેથી સજીવ જીવંત કહેવાય છે અને નિર્જીવ જીવંત નથી હોઈ શકતા ? આ જિજ્ઞાસાનો જવાબ તો માત્ર એ જ હોઈ શકે કે બધા જ જીવંત સજીવોમાં જીવનના આધારભૂત એકમ કોષની હાજરી.

બધા જ સજીવો કોષોથી બનેલા હોય છે. જેમાં કેટલાક એક કોષમાંથી બનેલા હોય છે. તેઓને એકકોષી સજીવ કહેવાય છે. જ્યારે બીજા આપણા જેવા સજીવો ઘણા બધા કોષોના બનેલા હોય છે. જેને બહુકોષી સજીવ કહેવાય છે.

8.1 કોષ એટલે શું ? (What is a cell ?)

એકકોષી સજીવો (i) સ્વતંત્ર અસ્તિત્વ ધરાવે અને (ii) જીવનના બધા જ આવશ્યક કાર્યો કરવા માટે સક્ષમ હોય છે. કોષની સંપૂર્ણ રચના વગર કોઈનું પણ સ્વતંત્ર જીવન અસ્તિત્વ ધરાવી શકતું નથી. આ કારણસર બધા સજીવ માટે કોષ જ મૂળભૂત રીતે 'રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક' એકમ હોય છે.

એન્ટોનવાન લ્યૂવૉન હૉક સૌપ્રથમ જીવંત કોષને જોયો અને તેનું વર્ણન કર્યું ત્યારબાદ રોબર્ટ બ્રાઉને કોષકેન્દ્રની શોધ કરી. સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રની શોધ અને તેમાં સુધારો થયો અને ઈલેક્ટ્રૉન માઈક્રોસ્કોપ દ્વારા કોષની વિસ્તૃત સંરચનાનો અભ્યાસ શક્ય બન્યો.

8.2 કોષવાદ (Cell Theory)

1838માં જર્મનીના વનસ્પતિશાસ્ત્રી મેથીયસ સ્લિડને ઘણીબધી વનસ્પતિઓના અભ્યાસ પછી જોયું કે બધી જ વનસ્પતિઓ વિવિધ કોષોની બનેલી હોય છે જે વનસ્પતિઓમાં પેશીઓનું સર્જન કરે છે. લગભગ આ જ સમયમાં બ્રિટિશ પ્રાણીશાસ્ત્રી થિયોડોર શ્વાને (1839) જુદા જુદા પ્રાણીઓના કોષોના અભ્યાસ પરથી નોંધ્યુ કે કોષની બહારની બાજુએ પાતળું બાહ્ય પડ આવેલું હોય છે જેને

આજે ''કોષરસ પટલ'' તરીકે ઓળખીયે છીએ, તદ્ઉપરાંત થિયોડોર શ્વાને વનસ્પતિ પેશીઓના અભ્યાસ પરથી વર્ણવ્યું કે કોષદીવાલ એ વનસ્પતિ કોષોનું આગવું લક્ષણ છે. આના આધારે શ્વાને પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓની શરીરરચના કોષ અને કોષની નીપજોની બનેલી છે, તેવી પરિસંકલ્પના રજૂ કરી.

સ્લિડન અને શ્વાને સંયુક્ત રીતે કોષવાદ રજૂ કર્યો. પરંતુ આ સિદ્ધાંત નવા કોષોનું સર્જન કેવી રીતે થાય છે તે સમજાવવા માટે અસમર્થ રહ્યો. રુડોલ્ફ વિશોએ 1855માં સૌપ્રથમ પૂરવાર કર્યું કે કોષવિભાજન પામીને પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા કોષોમાંથી નવા કોષોનું સર્જન થાય છે. (ઓમનિસ સેલ્યુલા-ઈ-સેલ્યુલા) તેઓએ સ્લિડન અને શ્વાને આપેલ કોષવાદની પરિસંકલ્પનામાં સુધારો કરીને કોષવાદનું અંતિમ સ્વરૂપ રજૂ કર્યું. આજના સમયમાં કોષવાદ એટલે.....

(i) બધા જ જીવંત સજીવો કોષ અને કોષની નીપજોના બનેલા હોય છે.

(ii) બધા જ કોષોનું સર્જન પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા કોષોમાંથી જ થાય છે.

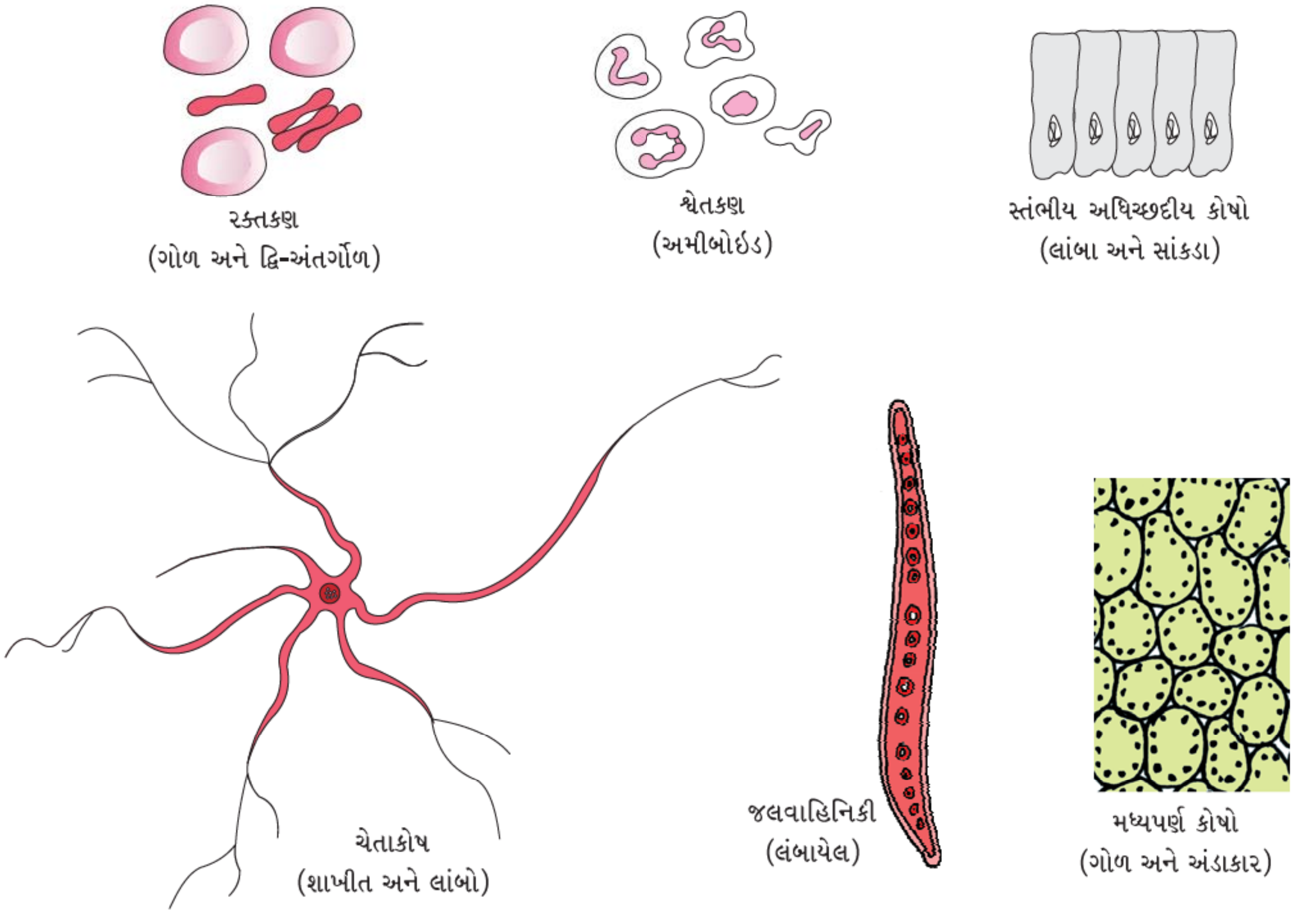
8.3 કોષનું વિહંગાવલોકન (An Overview of Cell)

તમે ડુંગળીની છાલ અને / અથવા મનુષ્યના ગાલના કોષોને સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં જોયા હશે. ચાલો તેની સંરચનાનું સ્મરણ કરીયે, ડુંગળીનો કોષ એ લાક્ષણિક વનસ્પતિ કોષ છે કે જેની સૌથી બહારની તરફ એક સ્પષ્ટ કોષદીવાલ અને બરાબર તેની નીચે કોષરસપટલ આવેલ હોય છે. મનુષ્યના ગાલના કોષની બહારની બાજુએ ફક્ત એક બાહ્ય પટલ જોવા મળે છે. પ્રત્યેક કોષની અંદર સઘન પટલયુક્ત સંરચના જોવા મળે છે. જેને કોષકેન્દ્ર કહેવાય છે. આ કોષકેન્દ્રમાં રંગસૂત્ર જોવા મળે છે. જેના બંધારણમાં આનુવંશિક દ્રવ્ય DNA આવેલું હોય છે. જે કોષમાં પટલયુક્ત કોષકેન્દ્ર આવેલું હોય તેને યુકેરિયોટિક (સુકોષકેન્દ્રીય) કોષ તેમજ જે કોષમાં પટલવિહીન કોષકેન્દ્ર આવેલું હોય તેને પ્રોકેરિયોટિક (આદિકોષકેન્દ્રીય) કોષ કહેવાય છે. બંને આદિકોષકેન્દ્રી તેમજ સુકોષકેન્દ્રીય કોષોમાં અર્ધતરલ આધારક જોવા મળે છે જેને કોષરસ કહેવાય છે. જે કોષનું કદ રોકે છે. બંને વનસ્પતિ અને પ્રાણી કોષોમાં કોષીય પ્રક્રિયાઓ કરવા માટેનું મુખ્ય સ્થાન કોષરસ હોય છે. કોષને તેની જીવંત સ્થિતિમાં રાખવા જરૂરી વિવિધ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ પણ તેમાં જ થાય છે.

સુકોષકેન્દ્રીય કોષમાં કોષકેન્દ્ર ઉપરાંત પટલમય સંરચનાઓ જોવા મળે છે જે **અંગિકાઓ** કહેવાય છે જેવી કે અંતઃ કોષરસજાળ, ગોલ્ગીકાય, લાયસોઝોમ્સ, કણાભસૂત્ર, સૂક્ષ્મકાય અને રસધાનીઓ. આદિકોષકેન્દ્રીય કોષમાં આવી પટલમય અંગિકાઓનો અભાવ હોય છે.

રિબોઝોમ્સ પટલવિહીન અંગિકા છે કે જે સુકોષકેન્દ્રી તેમજ આદિકોષકેન્દ્રીય બંને પ્રકારના કોષોમાં જોવા મળે છે. કોષમાં એવુ નથી કે રિબોઝોમ્સ માત્ર કોષરસમાં જ જોવા મળે છે, પરંતુ તે સિવાય બે અંગિકાઓ જેવી કે હરિતકણ (વનસ્પતિમાં) અને કણાભસૂત્રમાં તેમજ કણિકામય અંતઃ કોષરસજાળ પર જોવા મળે છે.

પ્રાણીકોષમાં પટલવિહીન અંગિકા જોવા મળે છે. જેને તારાકેન્દ્ર કહે છે. જે કોષવિભાજનમાં મદદરૂપ થાય છે.



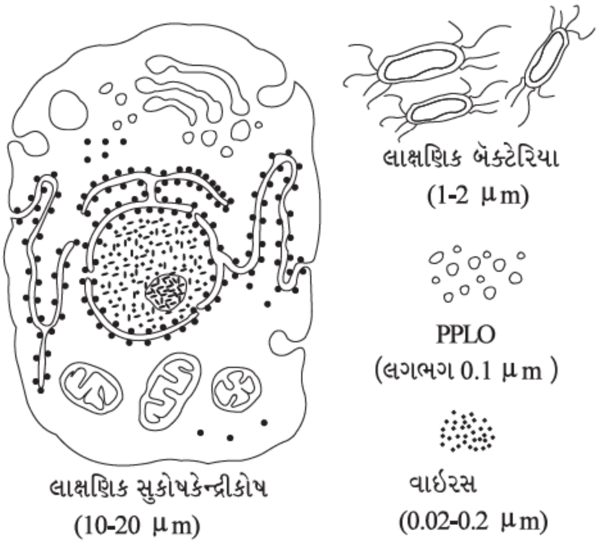
આકૃતિ 8.1 : વિવિધ આકારો ધરાવતા કોષોનું ચિત્ર

કોષો કદ, આકાર અને કાર્યની દૃષ્ટિએ જુદા પડે છે. (આકૃતિ 8.1) ઉ. દા., તરીકે સૌથી નાનો કોષ માયકોપ્લાઝમા છે. જે ફક્ત 0.3 μm લંબાઈ ધરાવે છે. જ્યારે બૅક્ટેરિયા 3થી 5 μm લંબાઈ સુધી જોવા મળે છે. સૌથી મોટો અલગીકૃત એક કોષ શાહમૃગનો અંડકોષ છે. બહુકોષી સજીવોમાં મનુષ્યના રક્તકણ 7.0 μm વ્યાસ ધરાવે છે. ચેતાકોષ તે સૌથી લાંબા કોષો પૈકીનો એક છે. કોષોના આકારમાં પણ ખૂબ વિવિધતા જોવા મળે છે. જેવા કે બિંબાકાર, બહુકોણીય, સ્તંભાકાર, ઘનાકાર, તંતુમય કે અનિયમિત આકાર. કોષોનો આકાર તેઓનાં કાર્યો અનુસાર જુદો જુદો હોઈ શકે છે.

8.4 આદિકોષકેન્દ્રીય કોષો (Prokaryotic Cells)

બૅક્ટેરિયા, નીલહરિત લીલ, માયકોપ્લાઝમા તેમજ PPLO [પ્લુરો ન્યુમોનિયા લાઇક ઓર્ગેનિઝમ] આદિકોષકેન્દ્રીય કોષોનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. તેઓ મુખ્યત્વે નાનાં હોય છે, અને સુકોષકેન્દ્રીય કોષ કરતા ઝડપી વિભાજન પામે છે. (આકૃતિ 8.2) તે કદ અને આકારમાં ઘણી બધી વિભિન્નતા ધરાવે છે. બૅક્ટેરિયાના ચાર મુખ્ય આકાર જેવા કે બેસિલસ (દંડાણુ), કોક્સ (ગોલાણું), વિબ્રિઓ (કોમા-આકાર) અને સ્પાઇરિલીયમ (સર્પાકાર) ધરાવે છે.

આદિકોષકેન્દ્રીય કોષનું મૂળભૂત સંગઠન તેઓના કાર્ય અને આકાર વિભિન્ન હોવા છતાં એક



આકૃતિ 8.2 : સુકોષકેન્દ્રીય કોષની અન્ય સજીવો સાથે તુલના દર્શાવતી આકૃતિ

સમાન હોય છે. બધા જ આદિકોષકેન્દ્રીય કોષમાં કોષરસપટલની ફરતે કોષદીવાલ આવેલી હોય છે. કોષમાં રહેલું તરલ આધાર દ્રવ્ય એ કોષરસ છે. તેઓમાં સ્પષ્ટ કોષકેન્દ્રનો અભાવ હોય છે. આનુવંશિક દ્રવ્ય મુખ્યત્વે અનાવૃત્ત એટલે કે કોષકેન્દ્ર પટલથી આવૃત્ત હોતું નથી. ઘણા બધાં બૅક્ટેરિયામાં આનુવંશિક DNA ઉપરાંત (એકલ રંગસૂત્ર / વલયાકાર DNA) વધારાનું નાનું વલાયાકાર DNA જોવા મળે છે. જેને પ્લાઝમિડ કહેવાય છે. આ પ્લાઝમિડ DNA બૅક્ટેરિયામાં કેટલાક વિશિષ્ટ બાહ્ય સ્વરૂપીય લક્ષણોનું નિદર્શન કરે છે. આવું એક લક્ષણ એટલે પ્રતિજૈવિક સામે પ્રતિરોધ હોવો તે છે. તમે આગળના ઉચ્ચ વર્ગોમાં અભ્યાસ કરશો કે આ પ્લાઝમિડ DNA બૅક્ટેરિયામાં બાહ્ય (પરજાત) DNA સાથેના રૂપાંતરણને સંચાલિત કરે છે. કોષકેન્દ્રપટલ માત્ર સુકોષકેન્દ્રીય કોષમાં જોવા મળે છે. રિબોઝોમ્સ સિવાય આદિકોષકેન્દ્રીય કોષમાં સુકોષકેન્દ્રીય કોષ જેવી અંગિકાઓ જોવા મળતી નથી. આદિકોષકેન્દ્રીય કોષમાં આગવી સમાવિષ્ટ રચનાઓ જોવા મળે છે. કોષરસપટલમાંથી વિભાજિત થયેલ વિશિષ્ટ રચના મેસોઝોમ્સ એ આદિકોષકેન્દ્રીય કોષની લાક્ષણિકતા છે. મેસોઝોમ્સ એ કોષરસપટલનું આવશ્યક અંતર્વલન છે.

8.4.1 કોષીય આવરણ અને તેનું રૂપાંતરણ (Cell Envelope and Its Modifications)

મોટા ભાગના આદિકોષકેન્દ્રીય કોષો વિશેષરૂપે બૅક્ટેરિયાના કોષોમાં એક જટિલ રાસાયણિક કોષીય આવરણ જોવા મળે છે. આ કોષીય આવરણ મજબૂત રીતે બંધિત એવી ત્રણ સ્તરીય સંરચનાઓનું બનેલ હોય છે. જેમ કે સૌથી બહારનું ગ્લાયકોકેલિક્સ, જેના પછી ક્રમશઃ કોષદીવાલ અને કોષરસપટલ આ આવરણનાં દરેક સ્તર જોકે ચોક્કસ કાર્ય કરે છે. પરંતુ આ ત્રણેય સ્તરો સંયુક્ત રીતે રક્ષણાત્મક આવરણ બનાવે છે. કોષીય આવરણમાં જોવા મળતી વિભિન્નતા અને ગ્રામ દ્વારા બનાવવામાં આવેલ અભિરંજકની અભિરંજન ક્ષમતાના આધારે બૅક્ટેરિયાને બે જૂથમાં વહેંચી શકાય છે. જે ગ્રામ અભિરંજકને શોષી લે તેને **ગ્રામ પોઝિટિવ** અને જે ગ્રામ અભિરંજક શોષી ન શકે તેને **ગ્રામ નેગેટિવ** બૅક્ટેરિયા કહેવાય છે.

ગ્લાયકોકેલિક્સ જુદા જુદા બૅક્ટેરિયામાં બંધારણ અને જાડાઈની બાબતે જુદુ જુદુ હોય છે. કેટલાક બૅક્ટેરિયામાં આ **શિથિલ આવરણ** સ્વરૂપે જોવા મળે છે જેને **શ્લેષ્મ સ્તર** કહે છે, જ્યારે કેટલાક બૅક્ટેરિયામાં આ સ્તર જાડુ અને મજબૂત હોય છે જેને **કેપ્સ્યુલ** કહે છે. **કોષદીવાલ** કોષનો આકાર નક્કી કરે છે અને મજબૂત બંધારણીય રચના પ્રદાન કરે છે. જે બૅક્ટેરિયાને તૂટવા તેમજ પતન થવાથી અટકાવે છે.

કોષરસપટલ અર્ધ પ્રવેશશીલ પ્રકૃતિ ધરાવે છે અને બાહ્ય પર્યાવરણ સાથે સંપર્કમાં રહે છે. બંધારણની દૃષ્ટિએ આ પટલ સુકોષકેન્દ્રીઓમાં જોવા મળતા પટલ જેવું જ હોય છે.

એક વિશિષ્ટ પટલમય રચના **મેસોઝોમ્સ** કે જે કોષમાં કોષરસપટલના વિસ્તૃતીકરણથી નિર્માણ પામે છે. આ રચના **પુટિકાઓ, નલિકાઓ** અને **પટલિકાઓ** સ્વરૂપે હોય છે. તે કોષદીવાલના નિર્માણ, DNA સ્વયંજનન અને બાળકોષોમાં તેના વિતરણમાં મદદરૂપ થાય છે. તદ્ઉપરાંત શ્વસન, સ્રાવી પ્રક્રિયાઓ, કોષરસપટલના સપાટી વિસ્તાર અને ઉત્સેચક માત્રાને વધારવામાં મદદરૂપ થાય છે. કેટલાક આદિકોષકેન્દ્રી

કોષ જેવા કે સાયનો બૅક્ટેરિયાનાં કોષરસમાં પટલથી વિસ્તૃતીકરણ પામેલ રચના જોવા મળે છે જેને ક્રોમેટોફોર કહેવાય છે જે રંજકદ્રવ્યો ધરાવે છે.

બૅક્ટેરિયલ કોષો ચલિત કે અચલિત હોય છે. જો ચલિત હોય તો તેઓની કોષદીવાલ પરથી ઉદ્ભવેલ પાતળી તંતુમય રચના જોવા મળે છે. જેને કશા કહેવાય છે. જુદા જુદા બૅક્ટેરિયામાં કશાની ગોઠવણી અને સંખ્યા જુદી જુદી હોય છે. બૅક્ટેરિયાની કશા ત્રણ ભાગોથી બનેલ હોય છે જેવી કે **તંતુ, અંકુશ** અને **તલકાય** તંતુ એ કશાની સૌથી મોટી રચના છે કે જે કોષસપાટીથી બહારની તરફ લંબાયેલ હોય છે.

કશા સિવાય પિલિ અને ફિમ્બ્રિ પણે બૅક્ટેરિયાની સપાટીય રચનાઓ છે. પરંતુ તે ચલિતતામાં કોઈ ભાગ ભજવતી નથી. **પિલિ** લંબાયેલ નલિકાકાર સંરચના હોય છે. જે વિશિષ્ટ પ્રોટીનથી બનેલ હોય છે, **ફિમ્બ્રિ** કોષ પરથી ઉદ્ભવેલ નાની-નાની તંતુમય રચનાઓ છે. કેટલાક બૅક્ટેરિયામાં તે પાણીના વહેણમાં જોવા મળતા પથ્થરો તથા યજમાન પેશીઓ સાથે ચોંટવામાં મદદરૂપ થાય છે.

8.4.2 રિબોઝોમ્સ અને સમાવિષ્ટ રચનાઓ (Ribosomes and Inclusion Bodies)

આદિકોષકેન્દ્રી કોષમાં રિબોઝોમ્સ કોષરસપટલ સાથે સંકળાયેલ હોય છે. જે 15 nmથી 20 nm સુધીનું કદ ધરાવે છે અને 50 s અને 30 s એમ બે પેટા એકમનાં બનેલા હોય છે. બંને પેટા એકમો એકબીજા સાથે જોડાઈને 70 s આદિકોષકેન્દ્રી રિબોઝોમ્સ બનાવે છે. રિબોઝોમ્સ એ પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટેનું સ્થાન છે. કોઈ એક m-RNA સાથે એક કરતા વધુ રિબોઝોમ્સ જોડાય તો તેને **પોલીરિબોઝોમ્સ** અથવા **પોલીઝોમ્સ** કહે છે. ભાષાંતર દ્વારા mRNAની મદદથી પ્રોટીનનું નિર્માણ કરે છે.

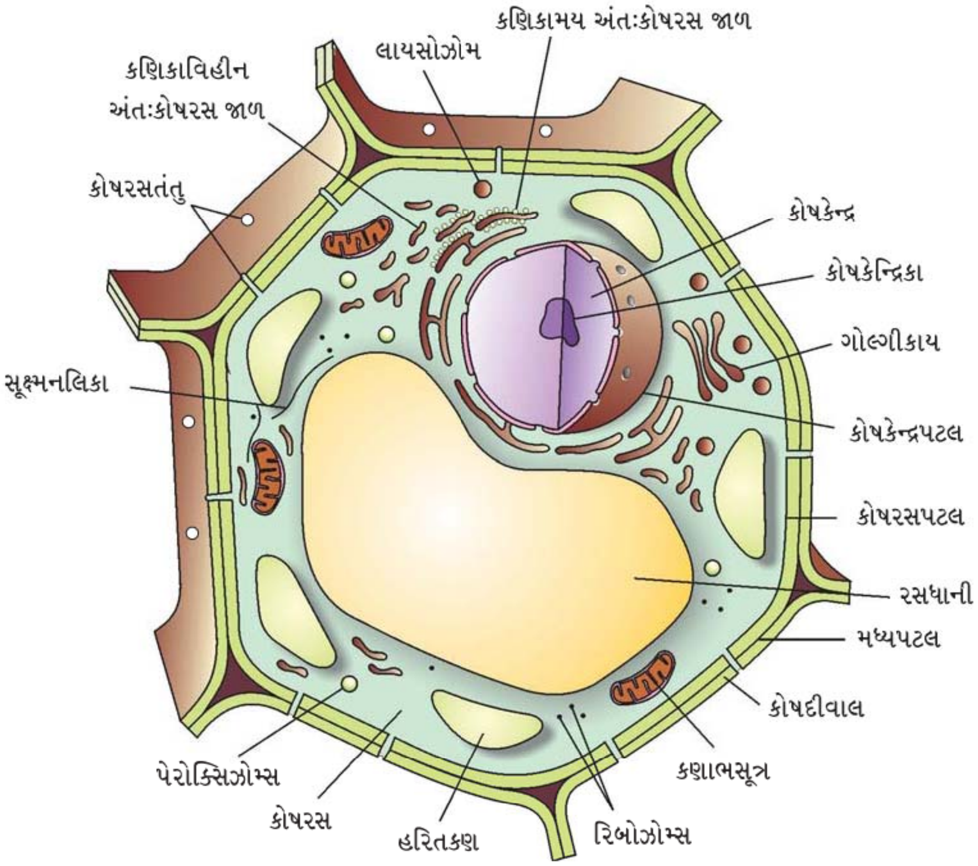
સૂક્ષ્મકાય રચનાઓ : આદિકોષકેન્દ્રી કોષના કોષરસમાં આરક્ષિત દ્રવ્યો સૂક્ષ્મકાય રચનાઓ સ્વરૂપે સંચય પામે છે. આવી રચનાઓ કોઈ પણ પટલ વડે ઘેરાયેલ હોતી નથી અને કોષરસમાં મુક્ત સ્વરૂપે વિતરણ પામેલ હોય છે. ઉ.દા., ફૉસ્ફેટ કણિકાઓ, સિયાનોફાયસિયન કણિકાઓ અને ગ્લાયકોજન કણિકાઓ. નીલહરિત લીલ, જાંબલી અને હરિત પ્રકાશસંશ્લેષી બૅક્ટેરિયામાં વાયુયુક્ત રસધાનીઓ પણ જોવા મળે છે.

8.5 સુકોષકેન્દ્રીય કોષો (Eukaryotic Cells)

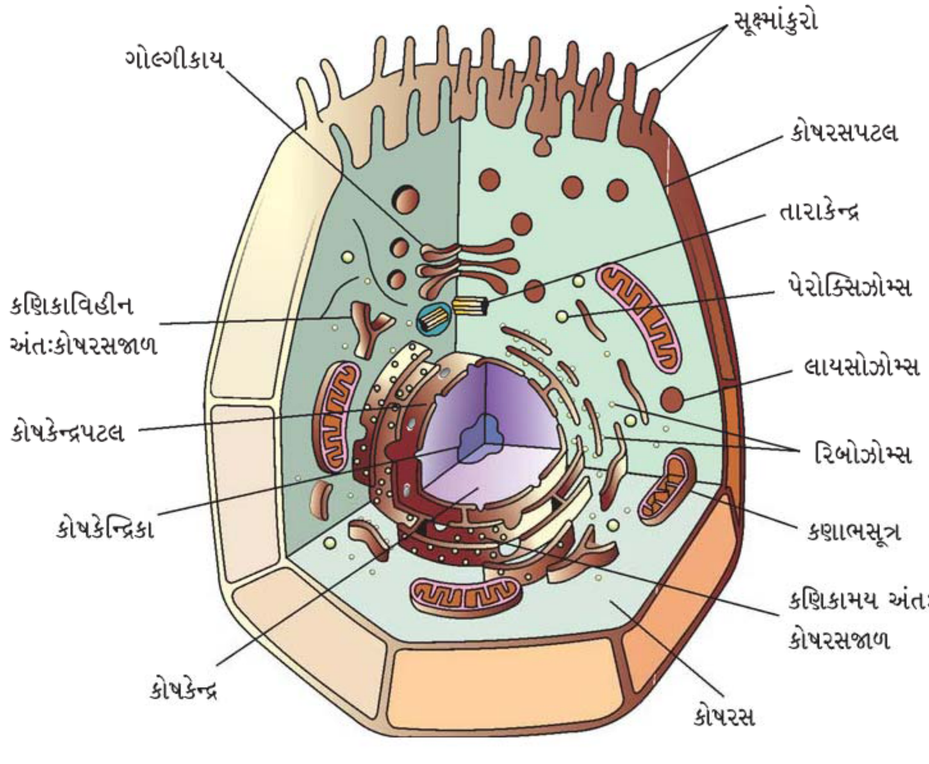
સુકોષકેન્દ્રીયમાં બધા જ પ્રોટીસ્ટા, વનસ્પતિઓ, પ્રાણીઓ અને ફૂગનો સમાવેશ થાય છે. સુકોષકેન્દ્રીય કોષોમાં પટલમય અંગિકાઓની હાજરીના કારણે કોષરસ વિવિધ ભાગોમાં વહેંચાય છે. સુકોષકેન્દ્રીય કોષોમાં કોષકેન્દ્રપટલથી આવૃત્ત સુવિકસિત કોષકેન્દ્ર હોય છે. તદ્ઉપરાંત વિવિધ પ્રકારનાં પ્રચલન સંકુલ અને કોષરસકંકાલ જેવી રચના જોવા મળે છે. આવા કોષોમાં આનુવંશિક દ્રવ્ય રંગસૂત્ર સ્વરૂપે ગોઠવાયેલ હોય છે.

બધા જ સુકોષકેન્દ્રીય કોષો એક સરખા હોતા નથી. વનસ્પતિ અને પ્રાણીકોષો એક બીજાથી જુદા હોય છે. વનસ્પતિ કોષો કોષદીવાલ, રંજક દ્રવ્ય અને મોટી કેન્દ્રસ્થ રસધાની

(A)



(B)



આકૃતિ 8.3 : (A) વનસ્પતિ કોષ (B) પ્રાણી કોષ

ધરાવે છે કે જેનો પ્રાણી કોષોમાં અભાવ હોય છે. બીજી બાજુ પ્રાણી કોષોમાં તારાકેન્દ્ર જોવા મળે છે જેનો લગભગ મોટા ભાગની વનસ્પતિ કોષોમાં તેનો અભાવ હોય છે. (આકૃતિ 8.3).

ચાલો, હવે વ્યક્તિગત કોષીય અંગિકાઓની રચના અને કાર્યોને સમજીએ.

8.5.1 કોષરસપટલ (Cell Membrane)

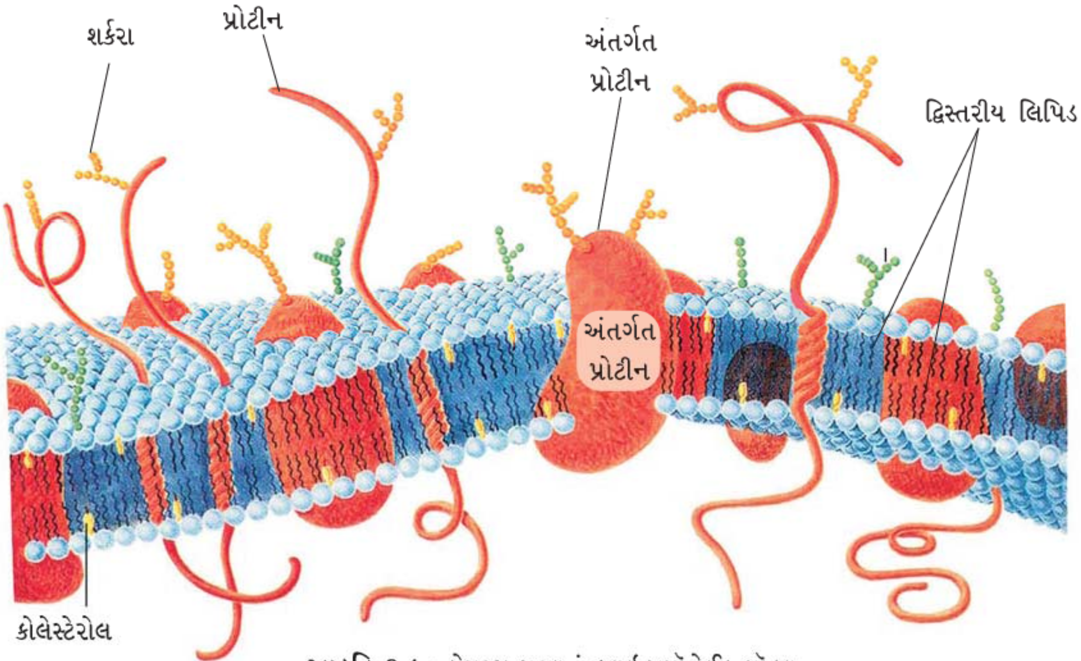
વર્ષ 1950માં ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કોપની શોધ થયા પછી કોષરસપટલની વિસ્તૃત સંરચનાનો અભ્યાસ શક્ય બન્યો. આ દરમિયાન મનુષ્યના રક્તકણના કોષરસપટલના રાસાયણિક અભ્યાસ પછી વૈજ્ઞાનિકોને કોષરસપટલની સંભવિત સંરચના વિશે જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ શકી.

આ અભ્યાસ દર્શાવે છે કે કોષરસપટલ મુખ્યત્વે લિપિડ અને પ્રોટીનનું બનેલું હોય છે. મુખ્ય લિપિડ્સ ફોસ્ફોલિપિડ હોય છે જે બે સ્તરોમાં ગોઠવાયેલ હોય છે. પટલમાં લિપિડ્સ એવી રીતે ગોઠવાયેલ હોય છે, જેનાં ધ્રુવીય શીર્ષ બહારની તરફ જ્યારે જલવિતરાગી પૂછડી અંદરની તરફ આવેલ હોય છે. આનાથી સ્પષ્ટ થાય છે કે સંતૃપ્ત હાઇડ્રોકાર્બનની બનેલ અધ્રુવીય પૂંછડી જલકૃત પર્યાવરણથી રક્ષિત રહે છે (આકૃતિ 8.4). તદુપરાંત ફોસ્ફોલિપિડ પટલ કોલેસ્ટેરોલ પણ ધરાવે છે.

ત્યાર પછીના જૈવ રાસાયણિક સંશોધનોથી સ્પષ્ટ થયુ કે કોષરસપટલ પ્રોટીન તેમજ કાર્બોદિત પણ ધરાવે છે. જુદા જુદા કોષોમાં લિપિડ અને પ્રોટીનનું પ્રમાણ જુદુ-જુદુ હોય છે. મનુષ્યના રક્તકણ પટલમાં લગભગ 52 % પ્રોટીન અને 40 % લિપિડ આવેલ હોય છે.

પટલમાં આવેલા પ્રોટીનને અલગીકૃત કરવાની ક્ષમતાના આધારે તેને અંતર્ગત અને પરિધીય પ્રોટીન જેવા ભાગોમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે. પરિધીય પ્રોટીન પટલની બાહ્ય સપાટી પર આવેલા હોય છે. જ્યારે અંતર્ગત પ્રોટીન પટલમાં અંશતઃ કે સંપૂર્ણ રીતે ખૂંપેલા હોય છે.

રસસ્તર અંગેનું સુધારેલું મૉડલ સિંગર અને નિકોલ્સને 1972માં સૂચવ્યું હતું. તે **ફ્લુઇડ-મોઝેઇક-મૉડલ** તરીકે સર્વ સ્વીકૃત પામેલ છે. (આકૃતિ 8.4). આ અનુસંધાનમાં લિપિડની અર્ધતરલ પ્રકૃતિના કારણે તેની દ્વિ-સ્તરીય ગોઠવણીમાં અંદર પ્રોટીન પાર્શ્વીય ગતિ કરે છે. પટલમાં તેની ગતિ કરવાની આ ક્ષમતાને તરલતાને આધાર નક્કી કરી શકાય છે.



આકૃતિ 8.4 : કોષરસ પટલનું ફ્લુઇડ-મૉઝેઇક મૉડલ

પટલની તરલ પ્રકૃતિ તેનાં કાર્યો જેવા કે કોષવૃદ્ધિ, આંતરકોષીય જોડાણ નિર્માણ, સ્રાવ, અંતઃ ભક્ષણ કોષવિભાજન વગેરેની દૃષ્ટિએ મહત્ત્વપૂર્ણ છે.

કોષરસ પટલનું સૌથી મહત્ત્વનું કાર્ય અણુઓનું તેની આરપાર વહનનું છે. આ પટલ તેની બંને બાજુએ રહેલાં અણુઓ માટે પસંદગીમાન પટલ તરીકે વર્તે છે. ઘણા અણુઓ શક્તિની આવશ્યકતા વગર પટલની આરપાર વહન પામે છે. જેને **નિષ્ક્રિય (મંદ) વહન** કહે છે. તટસ્થ દ્રવ્યો સામાન્ય પ્રસરણના સિદ્ધાંત અનુસાર પ્રસરણ ઢોળાંશ મુજબ વધુ સાંદ્રતા તરફથી ઓછી સાંદ્રતા તરફ પટલની આરપાર વહન પામે છે. પાણી પણ આ પટલમાંથી પોતાની વધુ સાંદ્રતાથી ઓછી સાંદ્રતા તરફ ગતિ કરે છે. પાણીની પ્રસરણ દ્વારા થતી આ ગતિને **આસૃતિ** કહે છે. ધ્રુવીય અણુઓ અધ્રુવીય લિપિડના દ્વિ-સ્તરમાંથી પસાર થઈ શકતા નથી આવા અણુઓને પટલમાંથી પસાર થવા માટે વાહક પ્રોટીન કે જે પટલમાં ખૂંપેલા હોય છે તેની પટલમાંથી સાનુકૂલિત વહન માટે જરૂર પડે છે. કેટલાક આયનો કે અણુઓનું વહન પટલની આરપાર સંકેન્દ્રતા ઢોળાંશની વિરુદ્ધ દિશામાં થાય છે, એટલે કે ઓછી સાંદ્રતાથી વધુ સાંદ્રતા તરફનું આ વહન ક્રિયાશક્તિ આધારિત છે. જેમાં ATPનો ઉપયોગ થાય છે. તેને **સક્રિયવહન** કહેવાય છે. ઉ. દા., Na^+/K^+ પંપ.

8.5.2 કોષદીવાલ (Cell Wall)

તમને યાદ જ હશે કે ફૂગ અને વનસ્પતિના રસપટલની બહાર આવેલ નિર્જીવ દૃઢ રચનાને કોષદીવાલ કહે છે. કોષદીવાલ કોષને ફક્ત આકાર આપવા ઉપરાંત કોષને યાંત્રિક નુકસાન અને ચેપથી જ રક્ષણ આપતી નથી પરંતુ કોષો વચ્ચે સંપર્ક બનાવી રાખવા તથા અનિચ્છનીય મહાઅણુઓથી કોષને અવરોધ પ્રદાન કરે છે. લીલની કોષદીવાલ સેલ્યુલોઝ, ગેલેક્ટન્સ, મેનોઝ અને કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ જેવા ખનીજની બનેલ હોય છે. જ્યારે અન્ય વનસ્પતિમાં તે સેલ્યુલોઝ, હેમી સેલ્યુલોઝ, પેક્ટિન અને પ્રોટીનની બનેલી હોય છે. વનસ્પતિના તરૂણ કોષમાં **પ્રાથમિક કોષદીવાલ** જોવા મળે છે. જેમાં વૃદ્ધિની ક્ષમતા હોય છે જે પરિપક્વતાની સાથે ક્ષય પામતી જાય છે અને તેની સાથે કોષની અંદર (રસસ્તર તરફ) દ્વિતીયક કોષદીવાલનું નિર્માણ થવા લાગે છે.

મધ્યપટલ મુખ્યત્વે કેલ્શિયમ પેક્ટેટનું બનેલ સ્તર છે, જે આજુ-બાજુના કોષોને એકબીજા સાથે સંપર્કમાં રાખે છે. તેમજ જકડી રાખે છે. કોષદીવાલ તેમજ મધ્યપટલની આરપાર રહેલાં કોષરસતંતુ આજુ-બાજુના કોષોના કોષરસને સંપર્કમાં રાખે છે.

8.5.3 અંતઃપટલમયતંત્ર (Endomembrane System)

કોષમાંની બધી જ અંગિકાઓ તેઓની રચના અને કાર્યોની દૃષ્ટિએ અલગ હોય છે, આમ છતાં તેમાંની ઘણી ભેગી મળીને અંતઃપટલમયતંત્રની રચના કરે છે. કારણ કે તેઓનાં કાર્યો

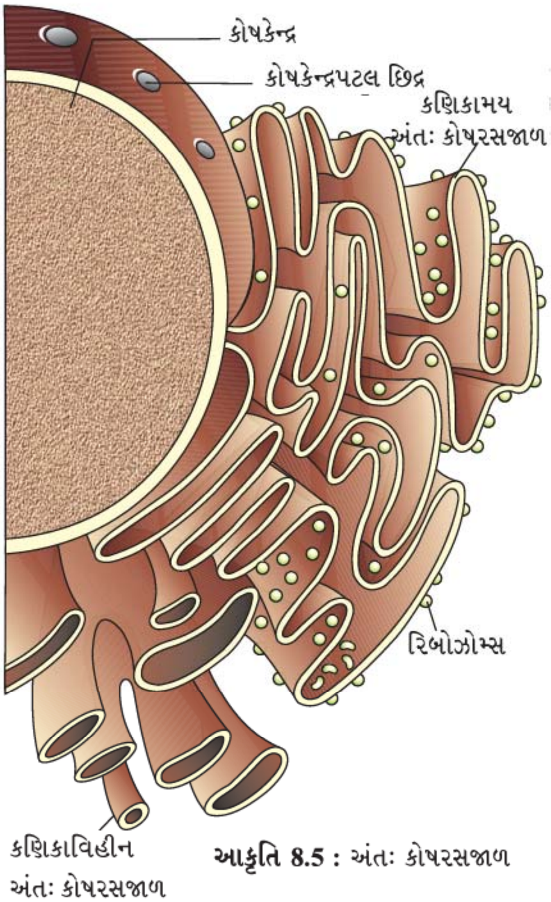
એકબીજાના સંકલનથી થતાં હોય છે. અંતઃકોષરસજાળ (ER), ગોલ્ગીકાય, લાયસોઝોમ્સ અને રસધાનીઓને અંતઃપટલમયતંત્રનો ભાગ માનવામાં આવે છે. કણાભસૂત્ર, હરિતકણ અને પેરોક્સિઝોમ્સનું સંકલન ઉપરના પટલમય તંત્ર સાથે ન હોય તેઓને અંતઃપટલમય તંત્રનો ભાગ ગણવામાં આવતો નથી.

8.5.3.1 અંતઃકોષરસજાળ [Endoplasmic Reticulum (ER)]

ઇલેક્ટ્રૉન માઈક્રોસ્કોપિક અભ્યાસ પરથી ખ્યાલ આવ્યો કે સુકોષકેન્દ્રી કોષોનાં સમગ્ર કોષરસમાં પથરાયેલ નાની નલિકામય રચનાઓના જાળાને અંતઃકોષરસજાળ (ER) કહે છે. (આકૃતિ 8.5). આથી ER આંતરકોષીય અવકાશને બે ભાગમાં વિભાજિત કરે છે. એટલે કે પટલમય (ERની અંદર) અને બાહ્યપટલમય(કોષરસ)માં મુખ્યત્વે રિબોઝોમ્સ ERની બાહ્ય સપાટી પર ચોંટેલા રહે છે. જે અંતઃકોષરસજાળની બાહ્ય સપાટી પર રિબોઝોમ્સ ગોઠવાયેલા હોય છે તેને ખરબચડી (કણિકામય) અંતઃકોષરસજાળ (RER) કહે છે. રિબોઝોમ્સની ગેરહાજરીના કારણે અંતઃકોષરસજાળ લીસી લાગે છે. તેને લીસી (કણિકાવિહીન) અંતઃકોષરસજાળ (SER) કહે છે.

જે કોષો પ્રોટીન સંશ્લેષણ અને સ્રાવમાં સક્રિય રીતે ભાગ લે છે તે કણિકામય અંતઃકોષરસજાળ સાથે સંકળાયેલા હોય છે. RER ખૂબ જ વિસ્તરેલ હોય છે અને તે બાહ્ય કોષકેન્દ્રપટલથી શરૂ થાય છે.

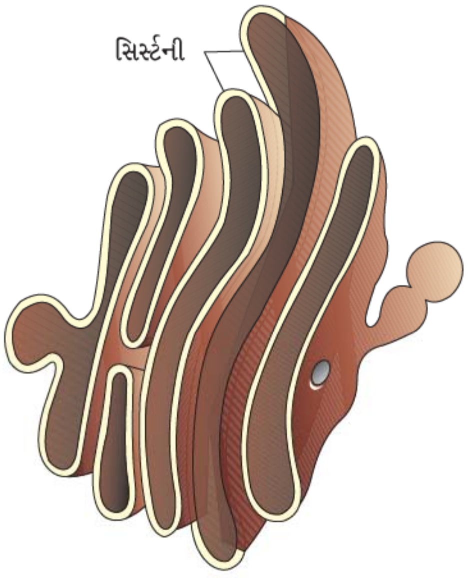
લીસી અંતઃકોષરસજાળ (SER) લિપિડ સંશ્લેષણનું મુખ્ય સ્થાન છે. પ્રાણીકોષોમાં સ્ટિરોઇડલ અંતઃસ્રાવો જેવા લિપિડનું સંશ્લેષણ લીસી અંતઃકોષરસજાળ(SER)માં થાય છે.



આકૃતિ 8.5 : અંતઃ કોષરસજાળ

8.5.3.2 ગોલ્ગીપ્રસાધન (Golgi Apparatus)

કેમિલો ગોલ્ગીએ 1898માં સૌપ્રથમ કોષકેન્દ્રની નજીક ઘટ્ટ અભિરંજીત જાલિકામય સંરચના જોઈ જેને પછી તેઓના નામ પરથી ગોલ્ગીકાય તરીકે ઓળખવામાં આવી. આ ઘણી બધી ચપટી બિંબ આકારની કોથળી કે સિસ્ટર્નીઓની બનેલ હોય છે, જેનો વ્યાસ 0.5 μm થી 1.0 μm સુધીનો હોય છે. (આકૃતિ 8.6). આ બધી નલિકાઓ એકબીજા સાથે સમાંતર થપ્પી સ્વરૂપે ગોઠવાઈને ગોલ્ગીસંકુલની રચના કરે છે. ગોલ્ગીકાયમાં સિસ્ટર્નીની સંખ્યા જુદી જુદી હોય છે. ગોલ્ગી સિસ્ટર્ની કોષકેન્દ્રની નજીક સંકેન્દ્રિત હોય છે, જેમાં નિર્માણકારી સપાટી (બહિર્ગોળ સીસ) અને પરિપક્વ સપાટી (અંતર્ગોળ-ટ્રાન્સ) હોય છે. અંગિકાનો સીસ અને ટ્રાન્સ છેડાઓ એકબીજાથી તદ્દન અલગ હોય છે, પરંતુ એકબીજા સાથે જોડાયેલા હોય છે.



આકૃતિ 8.6 : ગોલ્ગી પ્રસાધન

ગોલ્ગી પ્રસાધનનું મુખ્ય કાર્ય કોષની બહારની તરફ સ્રાવ પામતાં કે કોષાંતરીય લક્ષ્ય સુધી પહોંચાડવાના ઘટકોના પેકેજીંગનું દ્રવ્ય ERમાંથી પુટિકા સ્વરૂપે ગોલ્ગીકાયના સીસ છેડાથી સંગઠિત થઈને પરિપક્વ છેડાની તરફ ગતિ કરે છે. આ સમજાવે છે કે શા માટે ગોલ્ગી પ્રસાધન અંતઃ કોષરસજાળના ગાઢ સંપર્કમાં રહે છે. કેટલાય પ્રોટીનનું સંશ્લેષણ રિબોઝોમ્સ દ્વારા અંતઃ કોષરસજાળની સપાટી ઉપર થાય છે અને ગોલ્ગી પ્રસાધનની ટ્રાન્સ છેડા પરથી મુક્ત થતાં પહેલા તેમાં ફેરફારો થાય છે. ગોલ્ગીકાય એ ગ્લાયકોલિપિડ અને ગ્લાયકો પ્રોટીન્સનું મુખ્ય નિર્માણ સ્થાન છે.

8.5.3.3 લાયસોઝોમ્સ (Lysosomes)

આ પટલમય પુટિકીય સંરચના હોય છે જે પેકેજીંગ ક્રિયા દ્વારા ગોલ્ગી પ્રસાધનમાંથી નિર્માણ પામે છે. મુક્ત થયેલ લાયસોઝોમ્સ પુટિકાઓમાં બધા જ પ્રકારના હાઇડ્રોલાયટીક ઉત્સેચકો જેવા કે (હાઇડ્રોલેઝ્સ-લાઇપેઝ્સ, પ્રોટીએઝ્સ અને કાર્બોહાઇડ્રેઝ્સ, ન્યુક્લિએઝ્સ) જોવા મળે છે, જે ઇષ્ટતમ pHમાં સાર્વત્રિક રીતે સક્રિય હોય છે. આ ઉત્સેચકો અનુક્રમે લિપિડ્સ, પ્રોટીન્સ, કાર્બોદિતો અને ન્યુક્લિઇક ઍસિડના પાચન માટે સક્ષમ હોય છે.

8.5.3.4 રસધાની (Vacuoles)

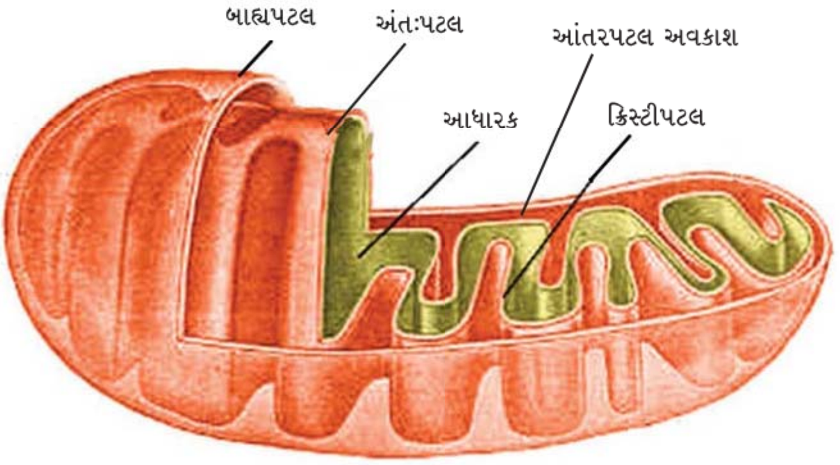
કોષરસમાં પટલ દ્વારા ઘેરાયેલ જગ્યાને રસધાની કહે છે. તેમાં પાણી, રસ, ઉત્સર્ગ પદાર્થ અને અન્ય દ્રવ્યો કે જે કોષ માટે ઉપયોગી નથી તેવા દ્રવ્યો જોવા મળે છે. રસધાની એક પટલથી ઘેરાયેલ રચના છે. જેને ટોનોપ્લાસ્ટ (રસધાની પટલ) કહે છે. વનસ્પતિ કોષોમાં કુલ કોષના 90 % જગ્યા રસધાનીથી રોકાયેલ હોય છે.

વનસ્પતિમાં ઘણા બધા આયનો તેમજ અન્ય પદાર્થો સંકેન્દ્રણ ઢોળાંશની વિરુદ્ધ રસધાની પટલ દ્વારા રસધાનીમાં સાનુકૂલિત વહન પામે છે, આ કારણસર તેઓની સાંદ્રતા રસધાનીમાં કોષરસની સાપેક્ષે ઘણી વધારે હોય છે.

અમીબામાં **આંકુચક રસધાની** આસૃતિ નિયમન અને ઉત્સર્જન માટે મહત્ત્વપૂર્ણ હોય છે. ઘણાં બધાં કોષો જેવા કે પ્રોટીસ્ટામાં **અન્નધાની**નું નિર્માણ ખાદ્ય પદાર્થોના ગ્રહણ કરવા માટે થાય છે.

8.5.4 કણાભસૂત્ર (Mitochondria)

કણાભસૂત્રને જ્યાં સુધી વિશિષ્ટ રીતે અભિરંજિત કરવામાં નથી આવતું ત્યાં સુધી માઇક્રોસ્કોપ દ્વારા તેને નિહાળી શકાતું નથી. પ્રત્યેક કોષોમાં કણાભસૂત્રની સંખ્યા જુદી જુદી હોય છે. જેનો આધાર કોષની દેહધાર્મિક ક્રિયાશિલતા પર છે. તેના આકાર અને કદમાં પણ નોંધનીય વિવિધતા જોવા મળે છે. તે રકાબી આકાર કે નળાકાર હોય છે જે 0.2થી 1.0 μm (સરેરાશ 0.5 μm) વ્યાસ અને 1.0થી 4.1 μm લંબાઈ



આકૃતિ 8.7 : કણાભસૂત્રની સંરચના (ઊભો છેદ)

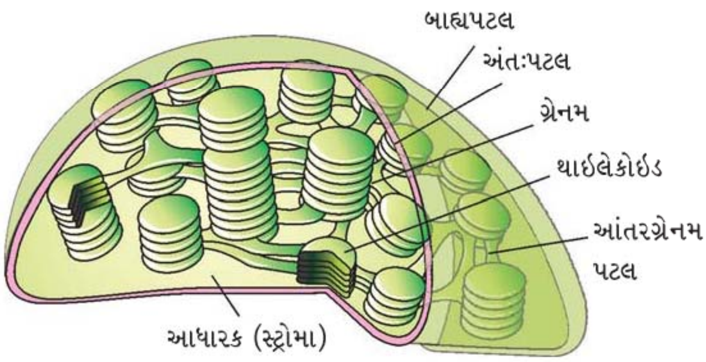
ધરાવે છે. દરેક કણાભસૂત્ર બેવડી પટલમય રચના ધરાવે છે. જેવા કે બાહ્યપટલ અને અંતઃ પટલ કે જે તેના અવકાશને બે સ્પષ્ટ જલકૃત વિસ્તારોમાં જેવા કે બાહ્ય કક્ષ અને અંતઃ કક્ષમાં વિભાજિત કરે છે. અતઃ કક્ષને **આધારક (matrix)** કહે છે. બાહ્યપટલ સળંગ અને કણાભસૂત્રની બાહ્ય સીમા રચે છે. તેનું અંતઃ પડ આધારક બાજુ અંતર્વલનથી અનેક પ્રવર્ધો રચે છે. આ પ્રવર્ધોને ક્રિસ્ટી કહે છે. (આકૃતિ 8.7). ક્રિસ્ટી તેનાં સપાટીય ક્ષેત્રફળમાં વધારો કરે છે. કણાભસૂત્રના બંને પટલોમાં તેના કાર્યો સંબંધિત વિશિષ્ટ ઉત્સેચકો જોવા મળે છે. જે કણાભસૂત્રના કાર્ય સંબંધિત હોય છે. કણાભસૂત્ર જારક શ્વસન માટેનું સ્થાન છે. તે ATP સ્વરૂપે કોષીય શક્તિ ઉત્પન્ન કરે છે. આ કારણોસર કણાભસૂત્રને કોષનું શક્તિ ઘર કહે છે. કણાભસૂત્રના આધારકમાં એક વલયાકાર DNA, થોડા ઘણા RNAના અણુ, રિબોઝોમ્સ (70 s) અને પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટેનાં આવશ્યક ઘટકો આવેલા હોય છે. કણાભસૂત્ર દ્વિભાજન દ્વારા વિભાજન પામે છે.

8.5.5 રંજકકણ (Plastids)

રંજકકણ બધા જ વનસ્પતિ કોષો તેમજ કેટલાક પ્રજીવ જેવા કે યુગ્લીનોઇડ્સમાં જોવા મળે છે. તે આકારમાં મોટા હોવાને કારણે સૂક્ષ્મદર્શક યંત્રમાં સરળતાથી જોઈ શકાય છે. તેમાં ચોક્કસ પ્રકારનાં રંજકદ્રવ્યો જોવા મળતાં હોવાથી વનસ્પતિને જુદા જુદા રંગો આપે છે. અલગ-અલગ પ્રકારના રંજકદ્રવ્યોના આધારે રંજકકણને **હરિતકણ, રંગકણ** અને **રંગહીનકણ**માં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

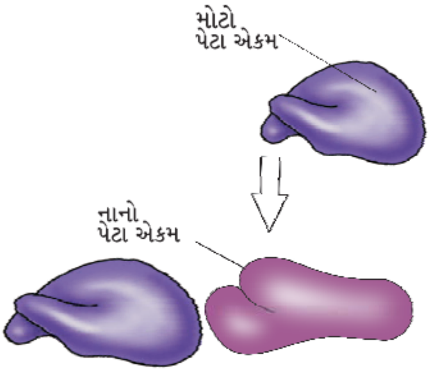
હરિતકણમાં **ક્લોરોફિલ** અને કેરોટિનોઇડ રંજકદ્રવ્ય આવેલા હોય છે. જે પ્રકાશસંશ્લેષણ ક્રિયા માટે આવશ્યક પ્રકાશશક્તિને ગ્રહણ કરવાનું કાર્ય કરે છે. રંગકણ(ક્રોમોપ્લાસ્ટ)માં ચરબીદ્રાવ્ય **કેરોટિનોઇડ** રંજકદ્રવ્યો જેવા કે કેરોટિન, ઝેન્થોફિલ્સ અને અન્ય રંજકદ્રવ્યો આવેલા હોય છે. આ રંજકદ્રવ્યો વનસ્પતિનાં વિવિધ ભાગોને પીળો, નારંગી અથવા લાલ રંગ આપે છે. રંગહીનકણ જુદા જુદા આકાર અને કદમાં જોવા મળે છે. જેમાં ખાદ્ય સંચિત પોષક દ્રવ્યો હોય છે. **મંડકણ- (સ્ટાર્ચકણ)**માં સ્ટાર્ચ સ્વરૂપે કાર્બોદિતનો સંગ્રહ થાય છે. ઉ. દા., બટાટા. **તૈલકણ**માં તેલ અને ચરબીનો સંગ્રહ થાય છે. જ્યારે **સમીતાયાકણ**માં પ્રોટીનનો સંગ્રહ થાય છે.

લીલી વનસ્પતિમાં મોટા ભાગે હરિતકણો પર્ણના મધ્યપર્ણ પેશીના કોષોમાં આવેલા હોય છે. હરિતકણ મુખ્યત્વે લેન્સ આકાર, અંડાકાર, ગોળાકાર, બિંબાકાર અથવા પટ્ટી આકારના હોય છે જે જુદી જુદી લંબાઈ (5થી 10 μm) અને પહોળાઈ (2થી 4 μm) ધરાવે છે. તેની સંખ્યા જુદી જુદી હોય છે. જેમ કે, ક્લેમિડોમોનાસ જેવી લીલી લીલના એક કોષમાં એક તથા મધ્યપર્ણમાં દરેક કોષમાં 20થી 40 જેટલી સંખ્યામાં હોય છે. કણાભસૂત્રની જેમ હરિતકણ પણ બેવડા પડની રચના ધરાવે છે. આ બે પડમાંથી અંદરનું પટલ સાપેક્ષ રીતે ઓછું પ્રવેશશીલ હોય છે. હરિતકણના અંદરના પટલથી ઘેરાયેલ અંતઃ અવકાશને સ્ટ્રોમા (આધારક) કહે છે. (આકૃતિ 8.8). સ્ટ્રોમામાં ચપટા પટલયુક્ત કોથળી જેવી સંરચના ગોઠવાયેલ હોય છે જેને થાઈલેકોઈડ કહે છે. થાઈલેકોઈડ સિક્કાની થપ્પીની માફક ગોઠવાયેલા જોવા મળે છે. જેને ગ્રેના (એકવચન : ગ્રેનમ) કે આંતરગ્રેનમ **થાઈલેકોઈડ** કહે છે. તદ્ઉપરાંત કેટલીક ચપટી પટલમય નલિકાઓ કે જે જુદા જુદા ગ્રેનાનાં થાઈલેકોઈડ્સને જોડે છે તેને આંતરગ્રેનમ પટલ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. થાઈલેકોઈડ પટલ એક સ્થાનથી ઘેરાયેલ હોય છે. જેને કોટર કહે છે. હરિતકણમાં આવેલ સ્ટ્રોમા કાર્બોદિત અને પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટેના ઉત્સેચકો ધરાવે છે. તેમાં નાનું બેવડી શૃંખલાયુક્ત વલયાકાર DNA અને રિબોઝોમ્સ પણ ધરાવે છે. થાઈલેકોઈડમાં ક્લોરોફિલ રંજકદ્રવ્યો આવેલા હોય છે. હરિતકણમાં આવેલ રિબોઝોમ્સ (70 s) કોષરસમાં આવેલ રિબોઝોમ્સ (80 s) કરતાં નાનાં હોય છે.



આકૃતિ 8.8 : હરિતકણનો છેદમય દેખાવ

8.5.6 રિબોઝોમ્સ (Ribosomes)

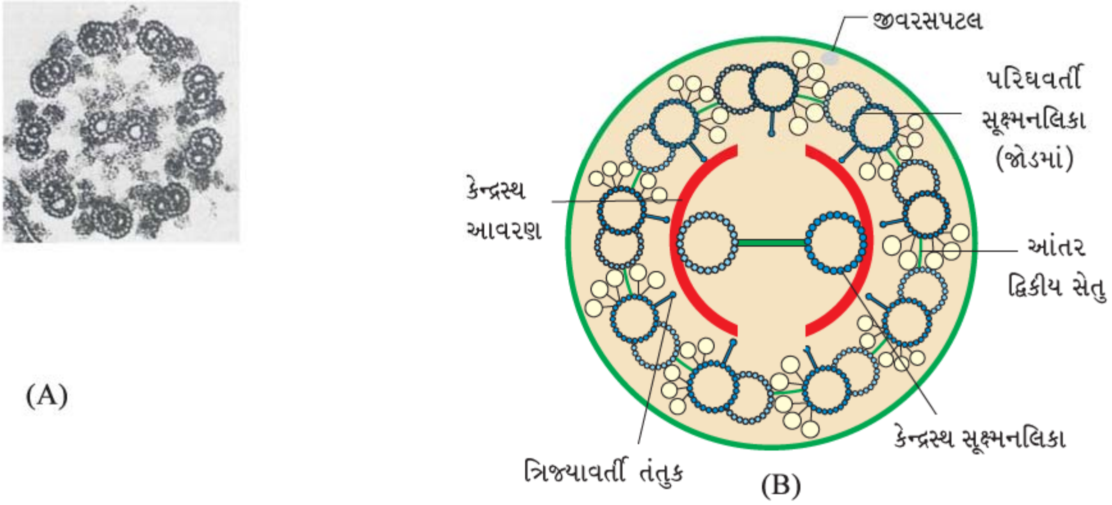


જ્યૉર્જ પેલેડે 1953માં ઇલેક્ટ્રૉન માઈક્રોસ્કોપ દ્વારા સઘન કણિકામય સંરચના રિબોઝોમ્સને સૌપ્રથમ નિહાળી. તે રિબોન્યુક્લિઇક ઍસિડ અને પ્રોટીનથી બનેલ રચના છે. જે કોઈ પણ પટલથી ઘેરાયેલ હોતી નથી.

સુકોષકેન્દ્રીય રિબોઝોમ્સ 80 s પ્રકારના જ્યારે આદિકોષકેન્દ્રીય રિબોઝોમ્સ 70 s પ્રકારના હોય છે. પ્રત્યેક રિબોઝોમ્સ બે પેટા એકમોના બનેલા હોય છે જેમ કે મોટો અને નાનો પેટા એકમ (આકૃતિ 8.9). 80 s રિબોઝોમ્સના બે પેટા એકમો 60 s અને 40 s છે જ્યારે 70 s રિબોઝોમ્સના પેટા એકમો 50 s અને 30 s છે. જ્યાં S (સ્વેડબર્ગ એકમ) અવશેષ ગુણાંક માટે છે. તે આડકતરી રીતે કદ અને ઘનતાનું માપ છે.

8.5.7 કોષરસ કંકાલ (Cytoskeleton)

કોષરસમાં રહેલી તંતુમય પ્રોટીનની ફેલાયેલી જાળીદાર રચનાને કોષરસ કંકાલ કહે છે, જે સૂક્ષ્મ નલિકાઓ, સૂક્ષ્મ તંતુકો અને આંતરમધ્યતંતુકોની બનેલ છે. કોષમાં જોવા મળતા **કોષરસ કંકાલ** કોષના વિવિધ કાર્યો જેવા કે યાંત્રિક મજબૂતાઈ, ચલિતતા, કોષનો આકાર જાળવી રાખવો વગેરે સાથે સંકળાયેલ છે.



આકૃતિ 8.10 : પક્ષ્મ અને કશાના વિવિધ ભાગોનું વર્ણન કરતી આકૃતિ : (A) ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કોપિક ચિત્ર (B) આંતરિક રચનાનું પ્રદર્શન

8.5.8 પક્ષ્મ અને કશા (Cilia and Flagella)

પક્ષ્મો (એકવચન : પક્ષ્મ) તથા કશા તે કોષરસપટલના રોમમય બર્હિરુદ્ભેદ છે. પક્ષ્મ એ સૂક્ષ્મ નાની સંરચના છે જે હલેસા જેવું કાર્ય કરે છે જે કોષ કે તેની આજુ બાજુ જોવા મળતા પ્રવાહીની ગતિમાં સહાય કરે છે. કશા એ તુલનાત્મક રીતે લાંબી અને કોષીય ગતિ માટે જવાબદાર છે. આદિકોષકેન્દ્રી બૅક્ટેરિયામાં જોવા મળતી કશા રચનાત્મક સ્વરૂપે સુકોષકેન્દ્રી કશા કરતા અલગ હોય છે.

ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કોપિક અભ્યાસ પરથી ખ્યાલ આવ્યો કે પક્ષ્મ તથા કશા જીવરસપટલથી ઘેરાયેલ રચના છે. તેના અક્ષને **અક્ષસૂત્ર** કહેવાય છે જે ઘણી બધી સૂક્ષ્મ નલિકાઓની બનેલ હોય છે. જે લાંબા અક્ષને સમાંતર હોય છે. અક્ષસૂત્રના કેન્દ્રમાં બે કેન્દ્રસ્થ સૂક્ષ્મ નલિકા આવેલ હોય છે અને પરિઘ તરફ નવ જોડ સૂક્ષ્મ નલિકાઓ આવેલ હોય છે. અક્ષસૂત્રની સૂક્ષ્મ નલિકાઓની આવી ગોઠવણી (9+2) કહે છે. (આકૃતિ 8.10). કેન્દ્રસ્થ નલિકા સેતુ દ્વારા જોડાયેલ તેમજ કેન્દ્રસ્થ આવરણ વડે ઘેરાયેલ હોય છે. જે પરિધીય નલિકાઓની પ્રત્યેક જોડ સાથે ત્રિજ્યાવર્તી તંતુક વડે જોડાયેલ હોય છે. આ રીતે નવ ત્રિજ્યાવર્તી તંતુ બને છે.

પરિધીય જોડ પણ એકબીજા સાથે આંતર દ્વિકીય સેતુ (તંતુકો) વડે જોડાયેલ હોય છે. બંને પક્ષ્મ તથા કશા તારાકેન્દ્રના તલકાય જેવી જ રચનામાંથી ઉદ્ભવે છે.

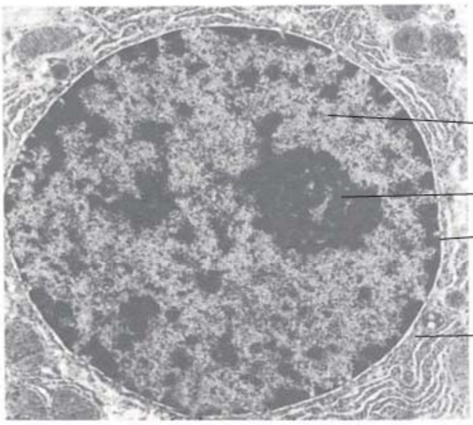
8.5.9 તારાકાય અને તારાકેન્દ્ર (Centrosome and Centrioles)

તારાકાય એ એક એવી અંગિકા છે જે બે નળાકાર રચનાઓ ધરાવે છે જેને તારાકેન્દ્ર કહે છે. તારાકેન્દ્રની આસપાસ આવેલ જીવરસ તારાવર્તુળ કહેવાય છે. બંને તારાકેન્દ્ર તારાકાયમાં એકબીજા સાથે કાટખૂણે ગોઠવાયેલ હોય છે. જેમાં દરેક તારાકેન્દ્રનું આયોજન ગાડાના પૈંડા જેવું હોય છે. તારાકેન્દ્ર પરિધીય વિસ્તારમાં સરખા અંતરે ગોઠવાયેલા 9 ટ્યુબ્યુલિન સૂક્ષ્મ નલિકાની

બનેલ સંરચના છે. પ્રત્યેક પરિધીય નલિકા ત્રેખડ સ્વરૂપે ગોઠવાયેલ હોય છે. પાસ-પાસેના ત્રેખડ એકબીજા સાથે તંતુકો વડે જોડાયેલ હોય છે. તારાકેન્દ્રનો કેન્દ્રસ્થ ભાગ પણ પ્રોટીનનો બનેલ હોય છે જેને **મધ્યદંડ** કહે છે. ત્રેખડની પ્રત્યેક સૂક્ષ્મ નલિકાઓ પ્રોટીનનાં બનેલ **ત્રિજ્યાવર્તી તંતુકો** વડે મધ્યદંડ સાથે જોડાયેલી રહે છે. તારાકેન્દ્ર પક્ષ્મ તથા કશાનો તલકાય બનાવે છે અને પ્રાણી કોષોના વિભાજન દરમિયાન દ્વિ-ધ્રુવીય ત્રાકનું સંચાલન કરે છે.

8.5.10 કોષકેન્દ્ર (Nucleus)

1831માં રોબર્ટ બ્રાઉને કોષની અંગિકા તરીકે વર્ણાવી. ત્યારબાદ ફ્લેમિંગે અલ્કલીય અભિરંજકથી અભિરંજીત થતાં કોષકેન્દ્રમાં જોવા મળતા દ્રવ્ય થાય છે તેને **ક્રોમેટિન (રંગસૂત્ર દ્રવ્ય)** નામ આપ્યું.



આકૃતિ 8.11 : કોષકેન્દ્રની સંરચના

આંતરાવસ્થાનું કોષકેન્દ્ર (કોષનું કોષકેન્દ્ર કે જેનું વિભાજન થતું ન હોય) પુષ્કળ માત્રામાં ફેલાયેલ અને રંગસૂત્ર દ્રવ્યથી ઓળખાતાં વિસ્તૃત ન્યુક્લિઓ પ્રોટીન તંતુ, કોષકેન્દ્રિય આધારક તથા **કોષકેન્દ્રિકા**થી જાણીતી એકથી વધુ ગોળાકાર રચનાઓ જોવા મળે છે.

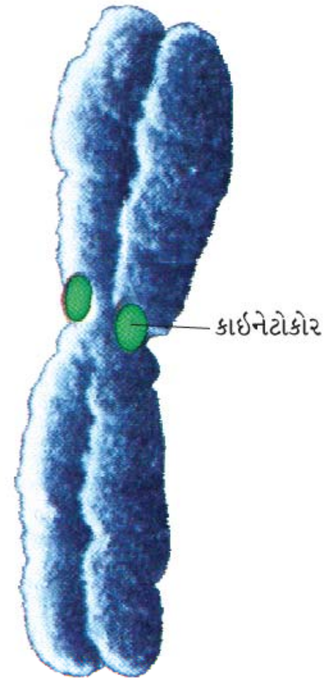
ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કોપિક અભ્યાસ પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે કોષકેન્દ્ર પટલ બે સમાંતર પટલોથી બનેલ હોય છે. જેની વચ્ચે 10થી 55 nmનો અતિ સૂક્ષ્મ અવકાશ આવેલ હોય છે જેને **પરિકોષકેન્દ્રીય અવકાશ** કહે છે. આ પટલ કોષકેન્દ્રમાં જોવા મળતા દ્રવ્યો અને કોષરસમાં જોવા મળતા દ્રવ્યો વચ્ચે અવરોધનું કામ કરે છે. બાહ્ય કોષકેન્દ્ર પટલ સામાન્ય રીતે અંતઃ કોષરસજાળથી સળંગ જોડાયેલ રહે છે. જેના પર રિબોઝોમ્સ પણ જોવા મળે છે. નિશ્ચિત સ્થાન પર ઘણાં બધા સ્થાને છિદ્રો બનવાના કારણે કોષકેન્દ્રપટલની સળંગ રચના અવરોધ રૂપ બને છે, આ છિદ્રો કોષકેન્દ્રના બંને પટલોના જોડાણથી બને છે. આ કોષકેન્દ્રપટલ છિદ્રો દ્વારા RNA અને પ્રોટીન અણુ કોષકેન્દ્રમાંથી કોષરસમાં તેમજ કોષરસમાંથી કોષકેન્દ્રમાં અવરજવર પામે છે. સામાન્ય રીતે એક કોષમાં એક જ કોષકેન્દ્ર આવેલ હોય છે. પરંતુ એવું પણ જોવા મળ્યું છે કે તેની સંખ્યા કેટલીક વાર બદલાયેલી જોવા મળી છે શું તમે એવા સજીવોના નામ જણાવી શકો છો કે જેના કોષમાં કોષકેન્દ્રની સંખ્યા એક કરતાં વધુ જોવા મળે છે ? કેટલાક પરિપક્વ કોષોમાં કોષકેન્દ્રનો અભાવ હોય છે જેમ કે સસ્તનના રક્તકણ [ઇરિથ્રોસાઇટ્સ] અને વાહકપેશીધારી વનસ્પતિની ચાલની નલિકા. શું તમે માનો છો કે આ કોષો જીવંત છે ?

કોષકેન્દ્રીય આધારક અથવા કોષકેન્દ્રરસ કોષકેન્દ્રિકા અને રંગસૂત્ર દ્રવ્ય ધરાવે છે. કોષકેન્દ્રિકા **કોષકેન્દ્રરસ**માં આવેલ ગોળાકાર રચનાઓ છે. કોષકેન્દ્રિકા પટલ રહિત રચના છે. જેનું દ્રવ્ય બાકીના કોષકેન્દ્રરસના સતત સંપર્કમાં રહે છે. તે સક્રિય r-RNAનાં સંશ્લેષણ

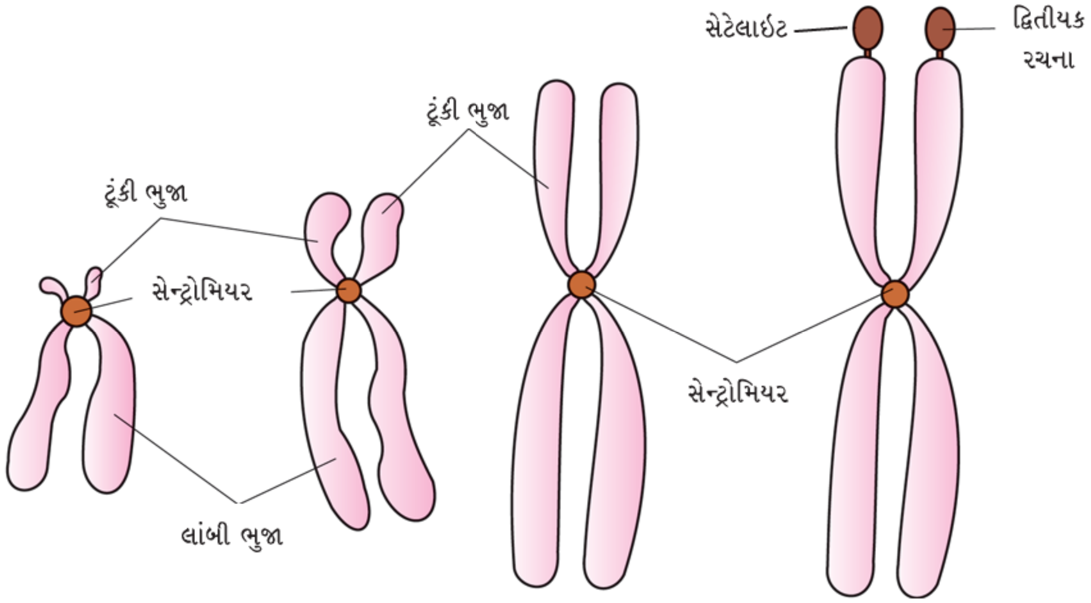
માટેનું સ્થાન છે. જે કોષો વધુ માત્રામાં સક્રિય સ્વરૂપે પ્રોટીન સંશ્લેષણ કરે છે તેમાં મોટી અને અનેક કોષકેન્દ્રિકા જોવા મળે છે.

તમે યાદ કરો કે આંતરાવસ્થા દરમિયાન કોષકેન્દ્રમાં શિથિલ અસ્પષ્ટ ન્યુક્લિઓ પ્રોટીન તંતુઓ જાળી સ્વરૂપે જોવા મળે છે જેને રંગસૂત્ર દ્રવ્ય કહે છે. પરંતુ કોષવિભાજનના વિવિધ તબક્કાઓમાં કોષોમાં કોષકેન્દ્રનાં સ્થાને રંગસૂત્રીય દ્રવ્ય **રંગસૂત્ર** સ્વરૂપે જોવા મળે છે. રંગસૂત્ર દ્રવ્ય DNA અને કેટલાક અલ્કલીય **હિસ્ટોન** પ્રોટીન તેમજ બિન હિસ્ટોન પ્રોટીન અને RNAનું બનેલ હોય છે. મનુષ્યના એક કોષમાં લગભગ 2 મીટર લાંબો DNAનો તંતુ 46 રંગસૂત્રો(23 જોડ)માં વહેંચાયેલો હોય છે. તમે રંગસૂત્રમાં DNAનું પેકેજિંગ વિશે ધોરણ-12માં સવિસ્તાર અભ્યાસ કરશો.

પ્રત્યેક રંગસૂત્રમાં આવશ્યક એક પ્રાથમિક ખાંચ અથવા **સેન્ટ્રોમિયર** ધરાવે છે. તેના ઉપર બિંબ આકારની સંરચના જોવા મળે છે જેને **કાઇનેટોકોર** કહે છે. (આકૃતિ 8.12). સેન્ટ્રોમિયરના સ્થાનના આધારે રંગસૂત્રોને ચાર પ્રકારમાં વિભાજીત કરી શકાય છે. (આકૃતિ 8.13). **મેટાસેન્ટ્રિક** રંગસૂત્રમાં સેન્ટ્રોમિયર રંગસૂત્રની મધ્યમાં આવેલ હોય છે. જેનાથી રંગસૂત્રની બંને ભુજાઓની લંબાઈ એક સરખી હોય છે. **સબમેટાસેન્ટ્રિક** રંગસૂત્રમાં સેન્ટ્રોમિયર રંગસૂત્રની મધ્યમાંથી સહેજ દૂર આવેલ હોય છે. જેનાથી રંગસૂત્રની એક ભુજા ટૂંકી અને એક ભુજા લાંબી હોય છે. **એક્રોસેન્ટ્રિક** રંગસૂત્રમાં સેન્ટ્રોમિયર રંગસૂત્રના અંત ભાગ નજીક હોય છે જેથી એક ભુજા અત્યંત ટૂંકી અને એક ભુજા અત્યંત લાંબી હોય છે. **ટિલોસેન્ટ્રિક** રંગસૂત્રમાં સેન્ટ્રોમિયર રંગસૂત્રના છેડે આવેલ હોય છે.



આકૃતિ 8.12 : રંગસૂત્રની રચના કાઇનેટોકોર સાથે



આકૃતિ 8.13 : સેન્ટ્રોમિયરના સ્થાનને આધારે રંગસૂત્રોના પ્રકાર

કેટલાક રંગસૂત્રો ચોક્કસ જગ્યાએ અરંજિત દ્વિતીયક રચનાઓ ધરાવે છે. નાનાં ટુકડા જેવી દેખાતી આ રચનાઓ **સેટેલાઇટ** કહેવાય છે.

8.5.11 સૂક્ષ્મકાય (Microbodies)

પટલ ધરાવતી ઘણી સૂક્ષ્મ પુટિકાઓને સૂક્ષ્મકાય કહે છે. જે વિવિધ પ્રકારના ઉત્સેચકો ધરાવે છે. જે વનસ્પતિ અને પ્રાણી એમ બંને પ્રકારનાં કોષોમાં જોવા મળે છે.

સારાંશ

બધા જ જીવંત સજીવો, કોષો અથવા કોષોના સમૂહથી બનેલા હોય છે. કોષો તેઓના આકાર, કદ અને કાર્યમાં વિવિધતા દર્શાવે છે. પટલયુક્ત કોષકેન્દ્રની હાજરી તેમજ ગેરહાજરીના આધારે સજીવોને આદિકોષકેન્દ્રી અને સુકોષકેન્દ્રી નામથી ઓળખવામાં આવે છે.

લાક્ષણિક સુકોષકેન્દ્રી કોષ કોષરસ પટલ, કોષકેન્દ્ર અને કોષરસનો બનેલ હોય છે. વનસ્પતિ કોષના કોષરસ પટલની બાહ્ય સપાટી પર કોષદીવાલ આવેલ હોય છે. કોષરસપટલ પસંદગીમાન પટલ છે અને ઘણા બધા અણુઓના વહનને સાનુકૂલિત બનાવે છે. અંતઃપટલમય તંત્ર ER, ગોલ્ગીકાય, લાયસોઝોમ્સ અને રસધાની ધરાવે છે. બધી જ કોષીય અંગિકાઓ જુદા જુદા પરંતુ વિશિષ્ટ કાર્યો કરે છે. તારાકાય અને તારાકેન્દ્ર પક્ષ્મ અને કશાનું તલકાય બનાવે છે. જે પક્ષ્મ અને કશા ચલનમાં સહાય કરે છે. પ્રાણીકોષોમાં તારાકેન્દ્ર કોષવિભાજન દરમિયાન દ્વિ-ધ્રુવીય ત્રાક તંતુ નિર્માણ કરે છે. કોષકેન્દ્ર કોષકેન્દ્રિકા અને રંગસૂત્ર જાળું ધરાવે છે. તે માત્ર અંગિકાઓનાં કાર્યોનું નિયંત્રણ જ નહિ પરંતુ આનુવંશિકતામાં પણ પ્રમુખ ભૂમિકા ભજવે છે.

અંતઃ કોષરસજાળ નલિકાઓ અથવા સિસ્ટર્નીઓની બનેલ હોય છે. તે બે પ્રકારની હોય છે. ખરબચડી અને લીસી, ER દ્રવ્યોના પરિવહન, પ્રોટીન સંશ્લેષણ, લાઈપોપ્રોટીન સંશ્લેષણ તથા ગ્લાયકોજનનાં સંશ્લેષણમાં મદદરૂપ થાય છે. ગોલ્ગીકાય પટલયુક્ત અંગિકા છે જે ચપટી નલિકાઓની થપ્પીઓથી બનેલ હોય છે. તેમાં કોષનો સ્રાવ સુવ્યવસ્થિત થાય છે અને પરિવહન પામે છે. લાયસોઝોમ્સ એકમ પટલયુક્ત રચના છે. જે બધા જ પ્રકારના બૃહદ્ અણુઓના પાચન સંબંધિત ઉત્સેચકો ધરાવે છે. રિબોઝોમ્સ પ્રોટીન સંશ્લેષણમાં ભાગ ભજવે છે. તે કોષરસમાં સ્વતંત્ર સ્વરૂપે અથવા અંતઃ કોષરસજાળ સાથે જોડાયેલ હોય છે. કણાભસૂત્ર ઑક્સિડેટિવ ફૉસ્ફોરાયલેશન અને એડિનોસાઇન-ટ્રાય-ફૉસ્ફેટ(ATP)ના નિર્માણમાં મદદરૂપ થાય છે. તે બેવડા પટલથી આવૃત્ત હોય છે. જેમાં બાહ્ય પટલ સળંગ અને અંતઃ પટલ અનેક ક્રિસ્ટીયુક્ત પ્રવર્ધો બનાવે છે. રંજકકણ રંજકદ્રવ્યયુક્ત અંગિકા છે કે જે માત્ર વનસ્પતિ કોષોમાં જ આવેલ હોય છે. વનસ્પતિ કોષમાં આવેલ હરિતકણ પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે આવશ્યક પ્રકાશશક્તિને સંગ્રહિત કરવાનું કાર્ય કરે છે. હરિતકણનાં ગ્રેનામાં પ્રકાશ પ્રક્રિયા અને સ્ટ્રોમા(આધારક)માં અંધકાર પ્રક્રિયા થાય છે. લીલા રંગના રંજકકણ હરિતકણ હોય છે. જેમાં ક્લોરોફિલ્સ જ્યારે અન્ય રંગીન રંજકકણ રંગકણ હોય છે. જેમાં કેરોટીન તથા ઝેન્થોફિલ જેવા રંજકદ્રવ્યો આવેલા હોય છે. કોષકેન્દ્ર બેવડા કોષકેન્દ્ર પટલથી ઘેરાયેલ હોય છે, જેમાં કોષકેન્દ્ર, પટલછિદ્રો આવેલા હોય છે. અંતઃ કોષકેન્દ્ર પટલ કોષકેન્દ્રરસ તથા રંગસૂત્ર દ્રવ્યોને ઘેરીને રાખે છે. આથી કહી શકાય કે કોષ : ''સજીવનો રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમ છે.''

સ્વાધ્યાય

1. આપેલ પૈકી કયું વિધાન સાચું નથી ?
   (a) કોષની શોધ રોબર્ટ બ્રાઉને કરી હતી.
   (b) સ્લિડન અને શ્વાને કોષવાદ રજૂ કર્યો.
   (c) વિર્શોર્વના મત અનુસાર કોષ પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા કોષોમાંથી બને છે.
   (d) એકકોષી સજીવો તેમનાં જીવનનાં કાર્યો એક જ કોષની અંદર કરે છે.
2. નવા કોષોનું નિર્માણ થાય છે.......
   (a) બૅક્ટેરિયાના ઉત્સેચનથી
   (b) જૂના કોષોના પુનઃ નિર્માણથી
   (c) પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા કોષમાંથી
   (d) અજૈવિક દ્રવ્યોમાંથી
3. યોગ્ય જોડકાં બનાવો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) ક્રિસ્ટી	(i) સ્ટ્રોમામાં આવેલ ચપટી કોથળી જેવી રચના
(b) સિસ્ટર્ની	(ii) કણાભસૂત્રમાં જોવા મળતાં પ્રવર્ધો
(c) થાઇલેકોઇડ	(iii) ગોલ્ગી પ્રસાધનમાં બિંબ આકારની કોથળી (નલિકા)

4. આપેલ પૈકી કયું વિધાન સાચું છે ?
   (a) બધા જ જીવંત કોષોમાં કોષકેન્દ્ર જોવા મળે છે.
   (b) બંને વનસ્પતિ અને પ્રાણી કોષોમાં સ્પષ્ટ કોષદીવાલ આવેલ હોય છે.
   (c) આદિકોષકેન્દ્રી કોષમાં પટલમય અંગિકાઓનો અભાવ હોય છે.
   (d) નવા કોષોનું નિર્માણ અજૈવિક પદાર્થોમાંથી થાય છે.
5. આદિકોષકેન્દ્રી કોષમાં આવેલ મેસોઝોમ્સ શું છે ? તેનાં કાર્યોનું વર્ણન કરો.
6. તટસ્થ દ્રાવ્યોનું કોષરસ પટલ દ્વારા કેવી રીતે વહન થાય છે ? શું ધ્રુવીય અણુઓ પણ આ પ્રકારે વહન પામી શકે છે ? જો ના તો તે કેવી રીતે કોષરસપટલ દ્વારા વહન પામે છે ?
7. બે કોષીય અંગિકાઓનું નામ જણાવો કે જે બેવડા પટલથી ઘેરાયેલ હોય છે. આ બે અંગિકાઓની લાક્ષણિકતા કઈ છે ? તેનાં કાર્યો જણાવી નામનિર્દેશિત આકૃતિ દોરો.
8. આદિકોષકેન્દ્રી કોષની લાક્ષણિકતા જણાવો.
9. સમજાવો : બહુકોષી સજીવોમાં શ્રમવિભાજન
10. કોષ જીવનનો મુખ્ય એકમ છે. તેની સંક્ષિપ્તમાં ચર્ચા કરો.
11. કોષકેન્દ્ર પટલ છિદ્રો એટલે શું ? તેનાં કાર્યો જણાવો.
12. લાયસોઝોમ્સ તથા રસધાની બંને અંતઃ પટલતંત્રની સંરચના છે છતાં પણ તે કાર્યોની દૃષ્ટિએ અલગ હોય છે, તેના પર ટિપ્પણી લખો.
13. નામનિર્દેશિત આકૃતિના આધારે નીચે આપેલ સંરચનાનું વર્ણન કરો :
    (i) કોષકેન્દ્ર (ii) તારાકાય
14. સેન્ટ્રોમિયર એટલે શું ? રંગસૂત્રોને સેન્ટ્રોમિયરના સ્થાનના આધારે કેવી રીતે વર્ગીકૃત કરી શકાય ? તમારા જવાબના આધાર આપવા માટે જુદા જુદા પ્રકારના રંગસૂત્રો પર સેન્ટ્રોમિયરની સ્થિતિ બતાવતી આકૃતિ દોરો.

પ્રકરણ 9

જૈવઅણુઓ (Biomolecules)

9.1 રાસાયણિક પદાર્થોનું પૃથક્કરણ કેવી રીતે કરશો ?
9.2 પ્રાથમિક તેમજ દ્વિતીયક ચયાપચયકો
9.3 બૃહદ્ જૈવ અણુઓ
9.4 પ્રોટીન્સ
9.5 પોલિસેકેરાઈડ્સ
9.6 ન્યુક્લિઈક ઍસિડ્સ
9.7 પ્રોટીનની સંરચના
9.8 પોલિમરમાં મોનોમરને જોડતા બંધોના પ્રકાર
9.9 શરીર ઘટકોની ગતિક અવસ્થા ચયાપચયની સંકલ્પના
9.10 સજીવોનો ચયાપચયિક આધાર
9.11 જીવંત અવસ્થા
9.12 ઉત્સેચકો

જીવાવરણમાં વિવિધ પ્રકારના સજીવો જોવા મળે છે. આપણા મગજમાં એ પ્રશ્ન ઉત્પન્ન થાય છે કે શું બધા સજીવો રાસાયણિક સંગઠનની દૃષ્ટિએ એક જ સમાન પ્રકારનાં તત્ત્વો કે રસાયણો ભેગા થઈને બનેલા હોય છે ? તમે રસાયણ વિજ્ઞાનમાં અભ્યાસ કરી ચૂક્યા હશો કે તત્ત્વોનું વિશ્લેષણ કેવી રીતે કરવામાં આવે છે ? જો વનસ્પતિ પેશી, પ્રાણી પેશી અથવા ઉપદ્રવી સૂક્ષ્મજીવોનું આવુ પૃથક્કરણ કરવામાં આવે તો સજીવ પેશી પ્રતિ એકમ માત્રામાં આપણને કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન અને અન્ય તત્ત્વોની સૂચિ અનુક્રમે પ્રાપ્ત થાય છે. જો ઉપરોક્ત પરીક્ષણ નિર્જીવ પદાર્થ જેવા કે ભૂ-પડના એક ટુકડાનું કરીએ તોપણ આપણને ઉપરોક્ત તત્ત્વોની સૂચિ પ્રાપ્ત થાય છે. પરંતુ ઉપરોક્ત બંને સૂચિમાં શું અંતર છે ? સુનિશ્ચિતતા પર તેઓમાં કોઈ અંતર જોવા મળતું નથી બધા તત્ત્વ જે ભૂ-પડના નમૂનાઓમાં જોવા મળે છે. તે બધા જીવંત પેશીઓના નમૂનામાં પણ જોવા મળે છે. છતા પણ સૂક્ષ્મ પરીક્ષણથી ખ્યાલ આવે છે કે કાર્બન અને હાઇડ્રોજનની માત્રા અન્ય તત્ત્વોની સાપેક્ષે કોઈ પણ સજીવમાં ભૂ-પડ કરતાં સામાન્યતઃ વધુ હોય છે. (કોષ્ટક 9.1).

9.1 રાસાયણિક પદાર્થોનું પૃથક્કરણ કેવી રીતે કરશો ? (How to analyse chemical composition)

તે જ રીતે આપણે પૂછી શકીએ કે સજીવોમાં કાર્બનિક ઘટકો કેવા સ્વરૂપે જોવા મળે છે ? ઉપરનો જવાબ મેળવવા કોઈ પણ વ્યક્તિ શું કરશે ? આનો ઉત્તર મેળવવા આપણે રાસાયણિક પૃથક્કરણ કરવું પડશે. આપણે કોઈ પણ જીવંત પેશી (જેવી કે શાકભાજી અથવા યકૃતનો નાનો ટુકડો વગેરે.) લઈને ખલ-દસ્તા કે મિક્સચરની મદદથી ટ્રાયક્લોરો ઍસિટિક ઍસિડ (Cl_3CCOOH)ની સાથે વાટવું. ત્યારબાદ આપણને એક ઘટ્ટ સ્લરી (પેસ્ટ) પ્રાપ્ત થાય છે. પછીથી તેને ચીઝ ક્લોથ કે રૂ વડે ગાળ્યા પછી આપણને બે નિષ્કર્ષણના ભાગ પ્રાપ્ત થાય છે. એક ભાગ જે ઍસિડમાં દ્રાવ્ય હોય તેને ગાળણ અથવા ટેકનીકલી રીતે ઍસિડ દ્રાવ્ય ભાગ એવું કહે છે અને બીજો ભાગ ઍસિડમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. જેને અવશેષ અથવા ઍસિડ અદ્રાવ્ય ભાગ કહે છે. વૈજ્ઞાનિકોએ ઍસિડ અદ્રાવ્ય ભાગમાં હજારો કાર્બનિક પદાર્થો મેળવ્યા છે.

તમે આગળના ધોરણમાં અભ્યાસ કરશો કે જીવંત પેશીઓના નમૂનાઓનું પૃથક્કરણ અને તેમાં જોવા મળતા ચોક્કસ કાર્બનિક દ્રવ્યોની ઓળખાણ કેવી રીતે કરી શકાય ? કોઈ પણ નિતારણમાં પ્રાપ્ત

થતાં વિશિષ્ટ રસાયણોને તેમાં જોવા મળતા અન્ય રસાયણોથી અલગ કરવા માટે જુદી જુદી પદ્ધતિઓનો ઉપયોગ થાય છે. જ્યાં સુધી તે અલગ થઈ નથી જતા બીજા શબ્દોમાં એક અલગ અને એક શુદ્ધ સંયોજન હોય છે. વિશ્લેષણાત્મક પદ્ધતિનો પ્રયોગ કરી કોઈ પણ સંયોજનોના આણ્વીય સૂત્ર અને સંભવિત રચના માટેની જાણકારી પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. જીવંત પેશીઓમાં જોવા મળતા બધા કાર્બનિક રસાયણોને જૈવઅણુ કહી શકાય છે. પરંતુ સજીવોમાં અકાર્બનિક તત્ત્વ કે રસાયણો પણ જોવા મળે છે. આપણે તે કેવી રીતે જાણી શકીએ ? એક થોડો અલગ પરંતુ ખંડનાત્મક પ્રયોગ કરવો પડશે. જીવંત પેશીઓ(પર્ણ કે યકૃત તેને ભીનું વજન કરો)ની થોડી માત્રાનું વજન કરો અને તેને સૂકવી દો. બધા પાણીનું બાષ્પીભવન થઈ જશે. બાકી રહેલ દ્રવ્યથી શુષ્ક વજન પ્રાપ્ત થાય છે. હવે જો પેશીઓને સંપૂર્ણપણે દહન કરવામાં આવે તો બધા જ કાર્બનિક પદાર્થોનું ઑક્સિડેશન થઈ વાયુરૂપ(CO_2, પાણીની વરાળ) દૂર થશે. વધેલા પદાર્થને રાખ કહેવામાં આવે છે. જેમાં અકાર્બનિક તત્ત્વ(જેવા કે કૅલ્શિયમ, મૅગ્નેશીયમ વગેરે.) જોવા મળે છે. અકાર્બનિક રસાયણો જેવા કે સલ્ફેટ, ફૉસ્ફેટ વગેરે ઍસિડ દ્રાવ્ય ભાગમાં જોવા મળે છે. આ કારણે તત્ત્વીય પૃથક્કરણથી કોઈ પણ જીવંત પેશીઓના તત્ત્વીય સંયોજનો હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, ક્લોરિન, કાર્બન વગેરેની જાણકારી પ્રાપ્ત થાય છે. રસાયણોના પરીક્ષણથી જીવંત પેશીઓમાં પ્રાપ્ત થતાં કાર્બનિક (આકૃતિ 9.1) તથા અકાર્બનિક (કોષ્ટક 9.2) સંયોજનોની જાણકારી મળે છે. રસાયણ વિજ્ઞાનના દૃષ્ટિકોણથી ક્રિયાશીલ સમૂહ જેવા કે આલ્ડિહાઇડ, કિટોન, એરોમેટિક સંયોજનો વગેરેની ઓળખાણ મેળવી શકાય છે પણ જીવવિજ્ઞાનના દૃષ્ટિકોણથી તેઓને એમિનો-ઍસિડ્સ, ન્યુક્લિઓટાઇડના બંધારણીય ઘટકો, ફેટિઍસિડ વગેરેમાં વર્ગીકૃત કરી શકાય છે.

કોષ્ટક 9.1 : સજીવ અને નિર્જીવમાં જોવા મળતાં તત્ત્વોની તુલના

તત્વ	% વજન	
	ભૂ-પડ	માનવ શરીર
હાઇડ્રોજન (H)	0.14	0.5
કાર્બન (C)	0.03	18.5
ઑક્સિજન (O)	46.6	65.0
નાઇટ્રોજન (N)	ખૂબ જ અલ્પ	3.3
સલ્ફર (S)	0.03	0.3
સોડિયમ (Na)	2.8	0.2
કૅલ્શિયમ (Ca)	3.6	1.5
મૅગ્નેશીયમ (Mg)	2.1	0.1
સિલિકોન (Si)	27.7	અવગણ્ય

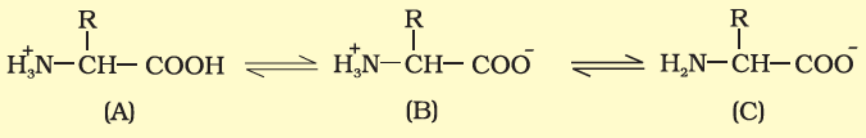
* CNR રાવ દ્વારા લખવામાં આવેલ ''અંડરસ્ટેન્ડિંગ કેમેસ્ટ્રી''માંથી લેવાયેલ. વિશ્વવિદ્યાલય પ્રકાશન હૈદરાબાદ.

કોષ્ટક 9.2 : સજીવ પેશીઓમાં જોવા મળતાં અકાર્બનિક અવયવોની સૂચિ

ઘટક	સૂત્ર
સોડિયમ	Na^+
પોટૅશિયમ	K^+
કૅલ્શિયમ	Ca^{++}
મૅગ્નેશીયમ	Mg^{++}
પાણી	H_2O
સંયોજનો	$NaCl$, $CaCO_3$
	PO_4^{-3}, SO_4^{-2}

એમિનો ઍસિડ કાર્બનિક રસાયણ હોય છે. જેમાં એક જ કાર્બન (α-કાર્બન) પર એક એમિનો સમૂહ અને એક ઍસિડીક સમૂહ આવેલા હોય છે. એટલે કે તે α-કાર્બન છે. આથી તેને આલ્ફા (α) એમિનો ઍસિડ કહે છે. તે પ્રસ્થાપિત મિથેન છે. તેમાં ચાર પ્રતિ સ્થાયી સમૂહ ચાર સંયોજકતા સ્થાને જોડાયેલા હોય છે. આ સમૂહ હાઇડ્રોજન, કાર્બોક્સિલ સમૂહ, એમિનો સમૂહ તથા વિવિધ સમૂહ જેને R-સમૂહથી ઓળખવામાં આવે છે. R-સમૂહની પ્રકૃતિના આધારે એમિનો ઍસિડ ઘણા છે. પ્રોટીનમાં 20 પ્રકારના એમિનો ઍસિડ આવેલા હોય છે. પ્રોટીનના એમિનો ઍસિડમાં R-સમૂહ હાઇડ્રોજન (એમિનો ઍસિડ - ગ્લાયસીન), મિથાઇલ સમૂહ (એલેનીન), હાઇડ્રોક્સિ મિથાઇલ સમૂહ (સેરીન) વગેરે હોઈ શકે છે. 20 એમિનો ઍસિડમાંથી 3 એમિનો ઍસિડને આકૃતિ 9.1માં દર્શાવવામાં આવેલ છે.

એમિનો, કાર્બોક્સિલ તથા R-ક્રિયાશીલ સમૂહની આવશ્યકતા એમિનો ઍસિડના ભૌતિક અને રાસાયણિક ગુણધર્મો માટે જરૂરી છે. એમિનો તથા કાર્બોક્સિલ સમૂહોની સંખ્યાના આધારે ઍસિડિક (ઉ. દા., ગ્લુટામિક ઍસિડ) બેઝિક (ઉ.દા. લાઇસિન) તથા તટસ્થ (ઉ. દા., વેલાઈન) તેવી જ રીતે એરોમેટિક એમિનો ઍસિડ્સ (ટાયરોસીન, ફિનાઇલ એલેનીન, ટ્રિપ્ટોફેન) હોય છે. એમિનો ઍસિડનો એક વિશેષ ગુણ એ છે કે તે એમિનો ($-NH_2$) તથા કાર્બોક્સિલ (COOH) સમૂહ આયનિકરણ પ્રકૃતિનાં

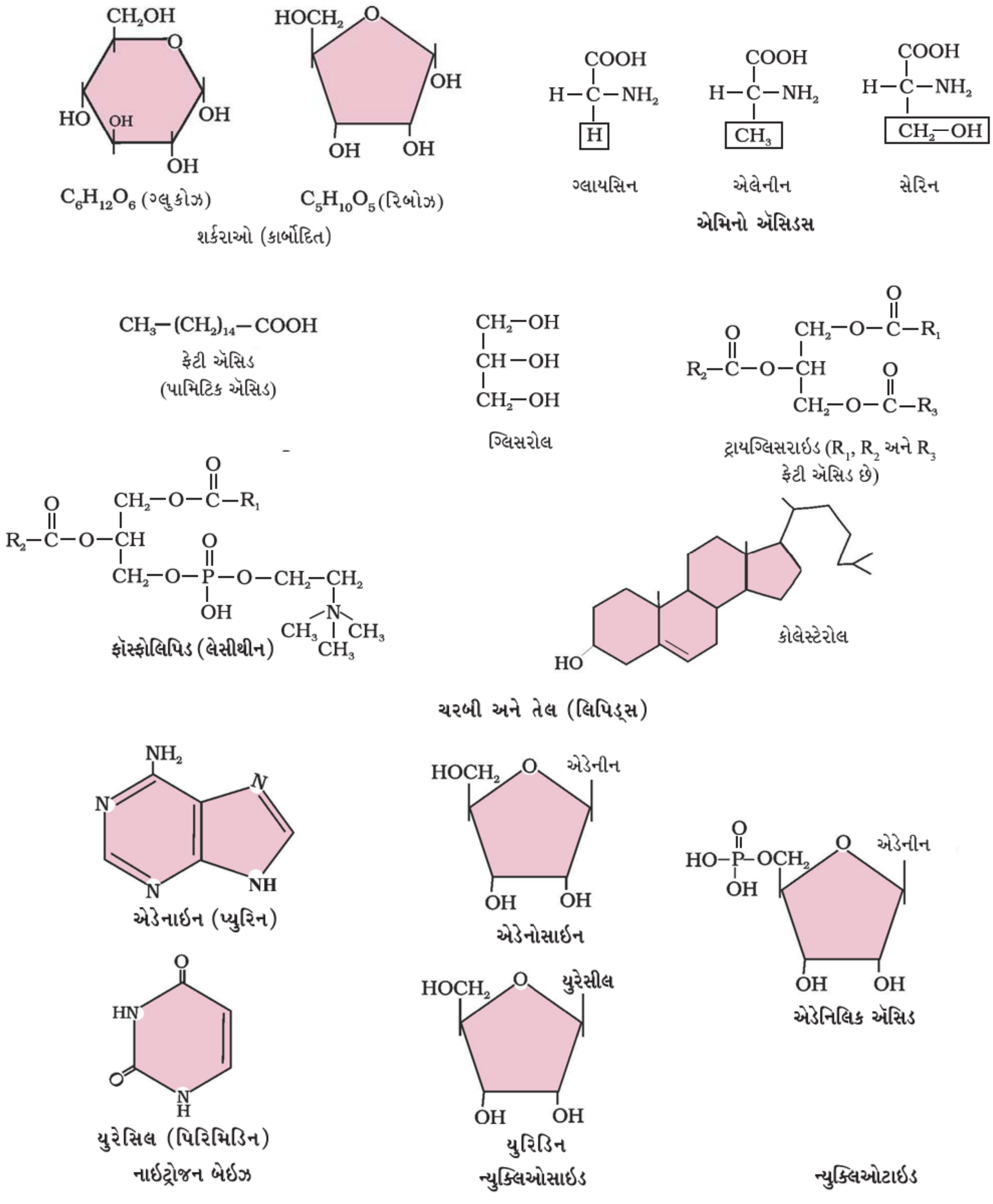


[B]ને ઝિવટર આયનિક સ્વરૂપ કહે છે.

હોય છે. તેથી જુદી જુદી pH વાળાં દ્રાવણમાં એમિનો ઍસિડની રચના બદલાતી રહે છે.

સામાન્ય રીતે લિપિડ પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. તે સામાન્ય ફેટિઍસિડ પણ હોઈ શકે છે. ફેટિઍસિડમાં એક કાર્બોક્સિલ સમૂહ હોય છે. જે R-સમૂહ સાથે જોડાયેલ હોય છે. R-સમૂહ મિથાઇલ ($-CH_3$) અથવા ઇથાઇલ ($-C_2H_5$) કે ઉચ્ચ સંખ્યાવાળા $-CH_2$ સમૂહ [1 કાર્બનથી 19 કાર્બન] ઉદાહરણ તરીકે પામિટિક ઍસિડમાં કાર્બોક્સિલ સાથે 16 કાર્બન જોવા મળે છે. એરેકીડોનીક ઍસિડમાં કાર્બોક્સિલ કાર્બન સાથે 20 કાર્બન પરમાણુ હોય છે. ફેટિઍસિડ સંતૃપ્ત (દ્વિબંધ વગર) કે અસંતૃપ્ત (એક કે તેથી વધુ C = C દ્વિબંધ) પ્રકારના હોઈ શકે છે. બીજો સાદો લિપિડ ગ્લિસરોલ છે જે ટ્રાયહાઇડ્રોક્સિ પ્રોપેન છે. ઘણા બધા લિપિડમાં ફેટિ ઍસિડ તેમજ ગ્લિસરોલ બંને જોવા મળે છે. અહીં ફેટિઍસિડ ગ્લિસરોલ સાથે એસ્ટરીકૃત હોય છે ત્યારે તે મોનોગ્લિસરાઇડ, ડાયગ્લિસરાઇડ તથા ટ્રાયગ્લિસરાઇડ હોઈ શકે છે. તેઓના ગલનબિંદુના આધારે તે મેદ કે તેલ કહેવાય છે. તેલનું ગલનબિંદુ અપેક્ષા કરતાં નીચું હોય છે. (તલનું તેલ) અને તેથી શિયાળામાં પણ તે તેલ સ્વરૂપે હોય છે. શું તમે બજારમાં મળતા ફેટની ઓળખાણ કરી શકો છો ? કેટલાક લિપિડમાં ફૉસ્ફરસ અને ફૉસ્ફરીકૃત કાર્બનિક સંયોજનો જોવા મળે છે. આ ફોસ્ફો લિપિડ છે. જે કોષરસપટલમાં જોવા મળે છે. લેસિથિન એનું દૃષ્ટાંત છે. કેટલીક પેશીઓમાં વિશિષ્ટ સ્વરૂપે ચેતાપેશીમાં વધારે જટિલ સંરચનાવાળા લિપિડ જોવા મળે છે.

જીવંત સજીવોમાં ઘણા બધા કાર્બનિક સંયોજનો વિષમ ચક્રીય રીંગ સ્વરૂપે પણ હોય છે. તેમાંથી કેટલાક નાઇટ્રોજન બેઝિસ - એડેનીન, ગ્વાનીન, સાઇટોસીન, યુરેસિલ અને થાયમિન છે. જ્યારે તે શર્કરા સાથે જોડાય છે ત્યારે તેને ન્યુક્લિઓસાઇડ કહે છે અને જો તેમાં ફૉસ્ફેટ સમૂહ પણ શર્કરા સાથે એસ્ટરબંધથી જોડાય તો તેને ન્યુક્લિઓટાઇડ કહે છે. એડિનોસાઇન, ગ્વાનોસિન, થાયમિડિન, યુરિડિન અને સાઇટિડિન ન્યુક્લિઓસાઇડ છે. એડેનિલિક ઍસિડ, થાયમેડિલિક ઍસિડ, ગ્વાનિલિક ઍસિડ, યુરિડિલિક ઍસિડ અને સાઈટિડિલિક ઍસિડ ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ છે. DNA અને RNA જેવા ન્યુક્લિઇક ઍસિડ માત્ર ન્યુક્લિઓટાઇડ ધરાવે છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ જેવા કે DNA અને RNA આનુવંશિક દ્રવ્ય તરીકે કામ કરે છે.



આકૃતિ 9.1 : જીવંત પેશીઓમાં જોવા મળતા ઓછો અણુભાર ધરાવતા કાર્બનિક સંયોજનોનું રેખાંકન

9.2 પ્રાથમિક તેમજ દ્વિતીયક ચયાપચયકો (Primary and Secondary Metabolites)

જીવંત સજીવોના અસંખ્ય નાના-મોટા સંયોજનોનું અલગીકરણ તે રસાયણ વિજ્ઞાનનો કુતૂહલ પ્રેરક દૃષ્ટિકોણ છે. સજીવોની સંરચના નિર્ધારિત કરવામાં આવે છે અને શક્ય હોય તો તેને સંશ્લેષિત પણ કરવામાં આવે છે.

જો કોઈને જૈવઅણુઓની એક યાદી બનાવવી હોય તો તેમાં હજારો કાર્બનિક રસાયણો જેવા કે એમિનો ઍસિડ, શર્કરા વગેરેનો સમાવેશ કરી શકાય. આ કારણોથી તેને કોષ્ટક 9.3માં દર્શાવવામાં આવ્યા છે. આપણે આવા જૈવઅણુઓને ચયાપચયકો કહીએ છીએ. પ્રાણી પેશીઓમાં આવેલાં આ બધા જ સંયોજનોની કક્ષાઓને આકૃતિ 9.1માં દર્શાવેલ છે. તેને પ્રાથમિક ચયાપચયકો કહેવાય છે. જ્યારે કોઈ વનસ્પતિ, ફૂગ કે સૂક્ષ્મજીવોનો કોષ વગેરેનું વિશ્લેષણ કરીએ તો તેમાં આ પ્રાથમિક ચયાપચયકો સિવાયના હજારો રસાયણો જેવા કે, આલ્કલોઇડ, ફ્લેવોનોઇડ્સ, રબર, આવશ્યક તેલ, પ્રતિ જૈવિક દ્રવ્ય, રંગીન રંજકદ્રવ્ય, પરફ્યુમ, ગુંદર, મસાલા જોવા મળે છે. તેને આપણે **દ્વિતીયક ચયાપચયકો** કહીએ છીએ (કોષ્ટક 9.3) પ્રાથમિક ચયાપચયકો જ્ઞાત કાર્ય કરે છે અને દેહધાર્મિક ક્રિયાઓમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. પરંતુ આપણે આ સમયે બધા દ્વિતીયક ચયાપચયકોની ભૂમિકા કે કાર્યો નથી જાણતા પણ એમાંથી ઘણાં બધાં (જેવા કે રબર, ઔષધ, મસાલા, પરફ્યુમ અને રંજકદ્રવ્ય) મનુષ્યના કલ્યાણ માટે ઉપયોગી છે. કેટલાક દ્વિતીયક ચયાપચયકો આર્થિક અગત્યતા ધરાવે છે. આગળના પ્રકરણો તેમજ વર્ષોમાં તમે આનો વિસ્તૃત અભ્યાસ કરશો.

કોષ્ટક 9.3 કેટલાક દ્વિતીયક ચયાપચયકો

રંજકદ્રવ્યો	કેરોટિનોઇડ્સ, એન્થોસાઇનીન વગેરે.
આલ્કલોઇડ	મોર્ફિન, કોડિન વગેરે.
ટર્પેનોઇડ્સ	મોનોટર્પિન્સ, ડાયટર્પિન્સ વગેરે.
આવશ્યક તેલ	લેમન ગ્રાસ તેલ વગેરે.
ટોક્સિન	એબ્રિન, રિસીન.
લેક્ટિન્સ	કોનકેનેવેલીન-A
ડ્રગ્સ	વીન બ્લાસ્ટિન, કુરકુમીન વગેરે.
પોલિમર પદાર્થ	રબર, ગુંદર, સેલ્યુલોઝ વગેરે.

9.3 બૃહદ્ જૈવઅણુઓ (Biomacro Molecules)

ઍસિડ દ્રાવ્ય ભાગમાં સમાવિષ્ટ થતા બધા જ રસાયણોની એક સામાન્ય વિશિષ્ટતા એ છે કે તેઓનો અણુભાર 18થી લગભગ 800 ડાલ્ટન (Da)ની આસપાસ હોય છે.

ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં માત્ર ચાર પ્રકારના કાર્બનિક સંયોજનો જેવા કે પ્રોટીન, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ, પોલિસેકેરાઇડ્સ તેમજ લિપિડ જોવા મળે છે. લિપિડના અપવાદને બાદ કરતા આ શ્રેણીના સંયોજનોનો અણુભાર 10 હજાર ડાલ્ટન કે તેનાંથી વધુ હોય છે. આ કારણથી જૈવઅણુઓ એટલે કે સજીવોમાં જોવા મળતા રસાયણિક સંયોજનો બે પ્રકારનાં હોય છે. એક કે જેઓનો અણુભાર એક હજાર ડાલ્ટનથી ઓછો હોય છે તેને સામાન્ય રીતે સૂક્ષ્મઅણુ કે સૂક્ષ્મ જૈવઅણુ કહેવાય છે. જ્યારે જે ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં જોવા મળે છે તેઓને બૃહદ્ અણુ અથવા **બૃહદ્ જૈવઅણુ** કહેવામાં આવે છે.

લિપિડના અપવાદ સાથે અદ્રાવ્ય જૂથમાં જોવા મળતા અણુઓ પોલીમર પદાર્થો છે. તો શા માટે લિપિડ કે જેનો અણુભાર 800 Da પણ નથી તો પણ ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં અર્થાત્ બૃહદ્ (ઋણ) અણુઓ તરીકે સમાવેશ થાય છે ? વાસ્તવમાં લિપિડ્સ ઓછો અણુભાર ધરાવતાં સંયોજનો હોય છે તે એ જ સ્વરૂપમાં જોવા મળતા નથી પરંતુ કોષરસપટલ અને બીજા પટલોમાં તે જોવા મળે છે. જ્યારે આપણે પેશીઓને વાટીએ છીએ ત્યારે કોષીય સંરચના વિઘટન પામે છે. કોષરસપટલ અને અન્ય બીજા પટલોનાં ટુકડાં થઈ જાય છે તથા

પુટિકા બને છે જે પાણીમાં અદ્રાવ્ય હોય છે. આ કારણસર આ પટલો પુટિકા સ્વરૂપે ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં અલગ થઈ જાય છે, જે બૃહદ્ આણ્વીય અંશનો ભાગ હોય છે. સાચા અર્થમાં લિપિડ બૃહદ્ અણુ નથી.

ઍસિડ દ્રાવ્ય જૂથ લગભગ કોષરસીય દ્રવ્ય સંગઠનનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. કોષરસીય દ્રવ્ય અને અંગિકાઓના બૃહદ્ અણુ ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથ હોય છે. આ બંને એકબીજા સાથે મળીને જીવંત પેશી અથવા સજીવોનું રાસાયણિક સંગઠન બનાવે છે.

સંક્ષિપ્તમાં જો જીવંત પેશીઓમાં પ્રાપ્ત થતા રાસાયણિક સંગઠનને વિપુલ માત્રાની દૃષ્ટિએ શ્રેણીબદ્ધ કરવામાં આવે તો આપણને જોવા મળે કે સજીવોમાં પાણી સૌથી વધારે માત્રામાં પ્રાપ્ત થતું રસાયણ છે. (કોષ્ટક 9.4).

9.4 પ્રોટીન્સ (Proteins)

પ્રોટીન એ પોલિપેપ્ટાઇડ્સ હોય છે. તે એમિનો ઍસિડની રેખીય શૃંખલાઓ છે જે પેપ્ટાઇડ બંધ વડે જોડાયેલ હોય છે. (આકૃતિ 9.3માં બતાવ્યા મુજબ).

પ્રત્યેક પ્રોટીન એમિનો ઍસિડનો પોલિમર છે. એમિનો ઍસિડ 20 પ્રકારના જેવા કે (ઉ. દા., એલેનીન, સીસ્ટિન, પ્રોલીન, ટ્રિપ્ટોફેન, લાઇસીન વગેરે) હોય છે. પ્રોટીન સમપોલિમર નહીં પરંતુ વિષમ પોલિમર હોય છે. સમપોલિમરમાં એક જ મોનોમરનું ઘણી બધી વાર 'n'ના ગુણાંકમાં પુનરાવર્તન થયેલું હોય છે. એમિનો ઍસિડ્સ વિશે આ જાણકારી ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ છે જેમ કે પછીથી પોષણના પ્રકરણમાં તમે અભ્યાસ કરશો કે કેટલાક એમિનો ઍસિડ્સ સ્વાસ્થ્ય માટે આવશ્યક હોય છે જેની પૂર્તતા ખોરાક દ્વારા થાય છે. આ રીતે આહારી પ્રોટીન આ આવશ્યક એમિનો ઍસિડ્સ માટેનો મુખ્ય સ્રોત છે. આ પ્રકારે એમિનો ઍસિડ આવશ્યક કે બિનઆવશ્યક હોઈ શકે છે. બિનઆવશ્યક એ હોય છે કે જે આપણા શરીરમાં બને છે. જ્યારે આપણે આવશ્યક એમિનો ઍસિડ્સની પૂર્તતા આપણા ખાદ્ય પદાર્થોથી કરીએ છીએ. સજીવોમાં પ્રોટીન ઘણાં બધાં કાર્યો કરે છે, જેવા કે કોષરસપટલમાંથી પોષક દ્રવ્યોની અવરજવર કરાવવી, કેટલાક સંક્રમિત સૂક્ષ્મજીવોથી રક્ષણ આપે છે, કેટલાક અંતઃસ્રાવ સ્વરૂપે હોય છે અને કેટલાક ઉત્સેચક સ્વરૂપે હોય છે. (કોષ્ટક 9.5). પ્રાણી સૃષ્ટિમાં કૉલેજન એ મુખ્ય પ્રભાવી

કોષ્ટક 9.4 : કોષોનું સરેરાશ બંધારણ

ઘટક	કુલ કોષીયભારના પ્રતિશત પ્રમાણ (%)
પાણી	70-90
પ્રોટીન્સ	10-15
કાર્બોદિત	3
લિપિડ્સ	2
ન્યુક્લિઇક ઍસિડ્સ	5-7
આયનો	1

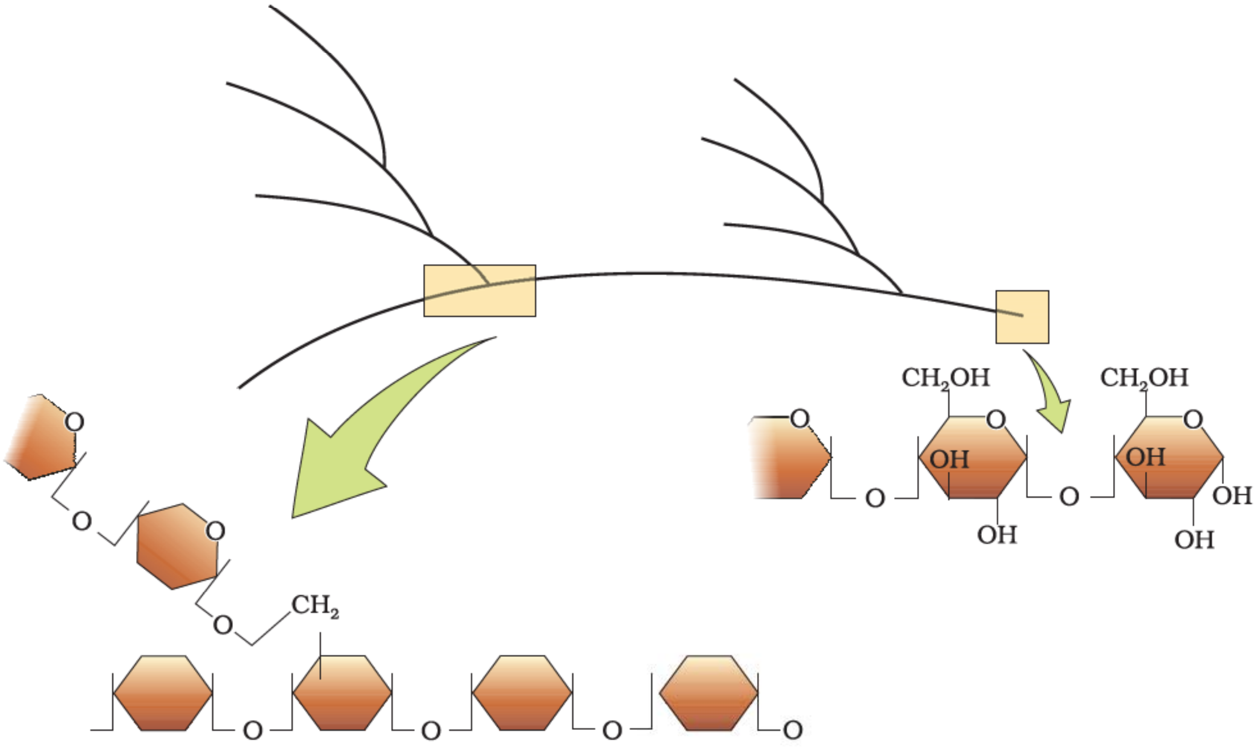
કોષ્ટક 9.5 : કેટલાક પ્રોટીન્સ અને તેનાં કાર્યો

પ્રોટીન	કાર્યો
કૉલેજન	આંતરકોષીય આધારક પદાર્થ
ટ્રિપ્સીન	ઉત્સેચક
ઈન્સ્યુલિન	અંતઃસ્રાવ
એન્ટિબૉડી	રોગકારકો સામે લડત
રિસેપ્ટર (ગ્રાહી)	સંવેદનાગ્રાહી (ઘ્રાણ, સ્વાદ, અંતઃસ્રાવ વગેરે.)
GLUT-4	ગ્લુકોઝનું કોષોમાં વહન

પ્રોટીન છે અને સમગ્ર જીવાવરણમાં રિબ્યુલોઝ બાયફૉસ્ફેટ કાર્બોક્ઝાયલેઝ ઑક્સિજીનેઝ (RuBisCo) એ મુખ્ય પ્રભાવી પ્રોટીન છે.

9.5 પોલિસેકેરાઈડ્સ (Polysaccharides)

ઍસિડ અદ્રાવ્ય જૂથમાં બૃહદ્ અણુઓની જેમ પોલિસેકેરાઇડ્સ (કાર્બોદિત) પણ અન્ય જૂથ સ્વરૂપે જોવા મળે છે. આ પોલિસેકેરાઇડ્સ શર્કરાની લાંબી શૃંખલા હોય છે. તેઓ પાયાના ઘટક તરીકે આવેલા વિવિધ મોનોસેકેરાઇડ્સ ધરાવતી રેસામય રચના (કપાસના રેસા) છે. ઉદાહરણ તરીકે સેલ્યુલોઝ એક બહુલક પોલિસેકેરાઈડ છે જે એક જ પ્રકારના મોનોસેકેરાઇડ્સ જેવા કે ગ્લુકોઝમાંથી બને છે. સેલ્યુલોઝ એક સમપોલિમર છે. એક રૂપાંતરિત સ્વરૂપ સ્ટાર્ચ (મંડકણ) સેલ્યુલોઝથી જુદુ હોય છે. પરંતુ એ વનસ્પતિ પેશીઓમાં ઊર્જા ભંડાર સ્વરૂપે સંગ્રહિત હોય છે. પ્રાણીઓમાં એક અન્ય રૂપાંતરિત સ્વરૂપ હોય છે જેને ગ્લાયકોજન કહેવાય છે. ઇન્યુલીન ફ્રુક્ટોઝનો પોલિમર છે. એક પોલિસેકેરાઇડ શૃંખલા(જેમ કે ગ્લાયકોજન)ના જમણા છેડાને રિડ્યુસીંગ જ્યારે ડાબા છેડાને નોન રિડ્યુસીંગ કહેવાય છે. જે શાખાયુક્ત હોય છે અને કાર્ટુન જેવી રચના દેખાય છે. (આકૃતિ 9.2). સ્ટાર્ચ કુંતલાકાર દ્વિતીયક સંરચના બનાવે છે. વાસ્તવમાં સ્ટાર્ચ આયોડિન (I_2) અણુને કુંતલીય ભાગથી જોડાયેલા રાખી શકે છે. સ્ટાર્ચ-આયોડિન સાથે જોડાવાથી ભૂરો રંગ આપે છે. સેલ્યુલોઝમાં ઉપરોક્ત જટિલ કુંતલો જોવા મળતા નથી. જેના કારણે તે આયોડિન સાથે જોડાઈ શકતો નથી.



(ગ્લાયકોજનની રચના)

આકૃતિ 9.2 : ગ્લાયકોજનના ભાગનું આકૃતિમય નિરૂપણ

વનસ્પતિ કોષદીવાલ સેલ્યુલોઝની બનેલ હોય છે. વનસ્પતિની લૂગદીથી બનેલ કાગળ તેમજ રૂના રેશા સેલ્યુલોઝ છે. કુદરતમાં ઘણા બધા જટિલ પોલિસેકેરાઇડ્સ જોવા મળે છે. તે એમિનો શર્કરા તેમજ રાસાયણિક સ્વરૂપથી પરિવર્તિત શર્કરા(જેવી કે ગ્લુકોઝએમાઇન, N-એસિટાઇલ ગેલેક્ટોઝએમાઇન વગેરે)થી જોડાઈને બને છે. સંધિપાદીઓના બાહ્ય-કંકાલ જટિલ પોલિસેકેરાઇડના બનેલા હોય છે. જેને કાઇટીન કહે છે. આ જટિલ પોલિસેકેરાઇડ્સ મુખ્યત્વે સમપોલિમર હોય છે.

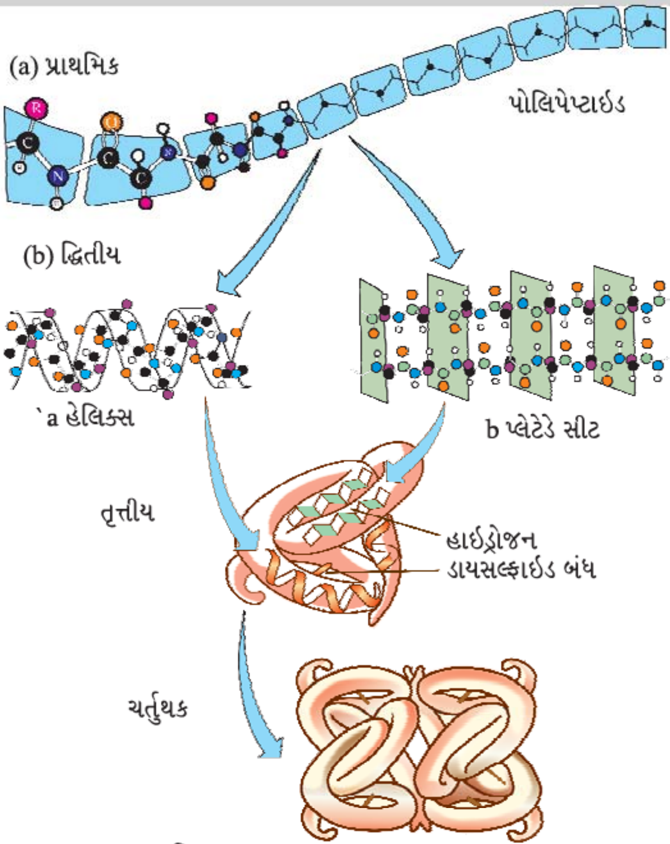
9.6 ન્યુક્લિઈક ઍસિડ્સ (Nucleic Acids)

કોઈ પણ જીવંત પેશીના ઍસિડ અદ્રાવ્ય ભાગમાં જોવા મળતો અન્ય પ્રકારનો બૃહદ્ અણુ ન્યુક્લિઇક ઍસિડ છે. આ પોલિન્યુક્લિઓટાઈડ છે. જે પોલિસેકેરાઇડ્સ અને પોલિપેપ્ટાઇડ્સ સાથે જોડાઈને કોઈ પણ જીવંત પેશી કે કોષના વાસ્તવિક બૃહદ્ અણુનો ભાગ બનાવે છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ ન્યુક્લિઓટાઇડના જોડાવાથી બને છે. એક ન્યુક્લિઓટાઇડ ત્રણ ભિન્ન પ્રકારના રાસાયણિક ઘટકોના જોડાવાથી બને છે. જેમાં પ્રથમ ઘટક વિષમચક્રીય સંયોજન, બીજો ઘટક મોનોસેકેરાઇડ અને ત્રીજો ઘટક ફૉસ્ફોરિક ઍસિડ અથવા ફૉસ્ફેટ હોય છે.

જો તમે આકૃતિ 9.1ને ધ્યાનથી જુઓ તો જોવા મળશે કે ન્યુક્લિઇક ઍસિડમાં આવેલ વિષમચક્રીય સંયોજન નાઇટ્રોજન બેઇઝ જેવા કે એડેનીન, ગ્વાનીન, યુરેસિલ, સાઇટોસીન તેમજ થાયમીન હોય છે. એડેનીન અને ગ્વાનીન વિસ્થાપિત પ્યુરીન છે. જ્યારે બાકીના પ્રતિસ્થાપિત પિરિમિડીન છે. વિષમચક્રીય રીંગને પ્યુરીન અને પિરિમિડીન કહે છે. પોલિન્યુક્લિઓટાઇડ્સમાં જોવા મળતી શર્કરા રિબોઝ (મોનોસેકેરાઇડ પેન્ટોઝ) અથવા 2-ડિઑક્સિરિબોઝ હોય છે. જે ન્યુક્લિઇક ઍસિડમાં ડિઑક્સિરિબોઝ જોવા મળે છે તેને ડિઑક્સિરિબો-ન્યુક્લિઇક ઍસિડ (DNA) જ્યારે જેમાં રિબોઝ જોવા મળે છે. તેને રિબોન્યુક્લિઇક ઍસિડ (RNA) કહેવાય છે.

9.7 પ્રોટીનની સંરચના (Structure of Proteins)

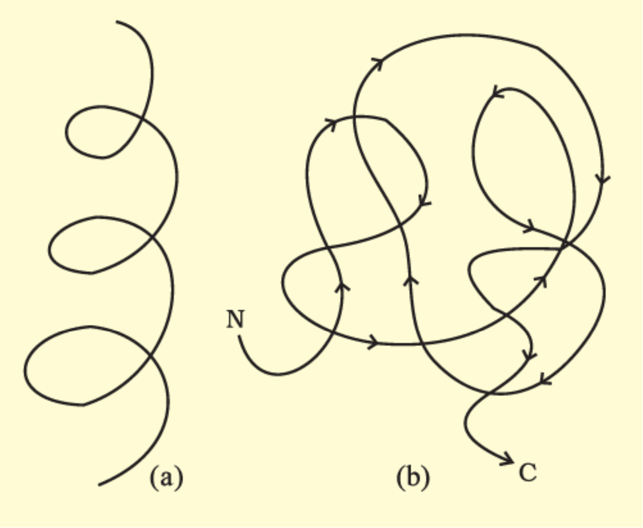
જેમ કે આગળ બતાવ્યા મુજબ પ્રોટીન વિષમ પોલિમર હોય છે જે એમિનો ઍસિડની શૃંખલાઓથી બનેલ હોય છે. અણુઓની સંરચનાનો અર્થ જુદા જુદા સંદર્ભમાં જુદો જુદો હોય છે. અકાર્બનિક રસાયણશાસ્ત્રમાં સંરચનાનો સંબંધ આણ્વિક સૂત્ર સાથે હોય છે. (જેમ કે NaCl, $MgCl_2$ વગેરે.) કાર્બનિક રસાયણો અણુઓની દ્વિપારિમાણિક સંરચના (જેમ કે બેન્ઝિન, નેપ્થેલીન વગેરે.)ને હંમેશાં રજૂ કરે છે. ભૌતિક વૈજ્ઞાનિક આણ્વિક સંરચનાને ત્રિ-પારિમાણિક દૃશ્યને જ્યારે જીવવિજ્ઞાનીક પ્રોટીનની સંરચના ચાર સ્તરીય વ્યક્ત કરે છે. એમિનો ઍસિડનો ક્રમ એટલે કે, પ્રોટીનમાં તેના સ્થાન વિશેની માહિતી – કયો પ્રથમ એમિનો ઍસિડ છે, કયો દ્વિતીય એમિનો ઍસિડ છે, વગેરે તે પ્રોટીનની **પ્રાથમિક રચના** કહે છે. (આકૃતિ 9.3). કલ્પના કરો કે પ્રોટીન એક રેખા સ્વરૂપે છે તો તેના ડાબા છેડા પર પ્રથમ એમિનો ઍસિડ અને જમણા છેડા પર અંતિમ એમિનો ઍસિડ જોવા મળે છે. પ્રથમ એમિનો ઍસિડના છેડાને N-ટર્મિનલ એમિનો ઍસિડ જ્યારે અંતિમ એમિનો ઍસિડના છેડાને



આકૃતિ 9.3 : પ્રોટીન સંરચનાના વિવિધ સ્તરો

C-ટર્મિનલ એમિનો ઍસિડ કહે છે. પ્રોટીન તંતુ ફેલાયેલ દઢ દંડ જેવી રચના નથી હોતી પરંતુ તેનો તંતુ કુંતલની જેમ વળેલો હોય છે. (ફરતી રહેતી નિસરણીની માફક) વાસ્તવમાં પ્રોટીન તંતુ કેટલાકમાં કુંતલ સ્વરૂપમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. પ્રોટીનમાં માત્ર જમણુંભ્રમણ કુંતલો જોવા મળે છે. અન્ય જગ્યાઓ પર પ્રોટીનનો તંતુ અન્ય સ્વરૂપમાં વીંટળાયેલી હોય છે તેને **દ્વિતીયક સંરચના** કહે છે. તે ઉપરાંત પ્રોટીનની લાંબી શૃંખલા તેના ઉપર જ પોલા ઊનના પોલા દડાની માફક વીંટળાયેલી હોય તો તેને **તૃતીયક સંરચના** કહે છે. (આકૃતિ 9.4 (a), (b)). તે પ્રોટીનના ત્રિ-પરિમાણ સ્વરૂપને પ્રદર્શિત કરે છે. તૃતીય સંરચના પ્રોટીનની જૈવિક પ્રક્રિયાઓ માટે ચોક્કસ સ્વરૂપે આવશ્યક હોય છે.

કેટલાક પ્રોટીન એક કે તેથી વધુ પોલિપેપ્ટાઇડ્સ કે તેમના પેટા એકમોનો સમૂહ હોય છે. જે પ્રકારે પ્રત્યેક પોલિપેપ્ટાઇડ્સ કે પેટા એકમો એકબીજાની સાપેક્ષ ગોઠવાયેલ હોય છે. (ઉદા., ગોળાની બનેલ સીધી રેખા, ગોળ- (દડા)ઓ એકબીજા પર ગોઠવાઈને સમઘન કે પટ્ટિકા જેવી સંરચના વગેરે.) તે પ્રોટીનના સ્થાપત્યને પ્રદર્શિત કરે છે. જેને પ્રોટીનની



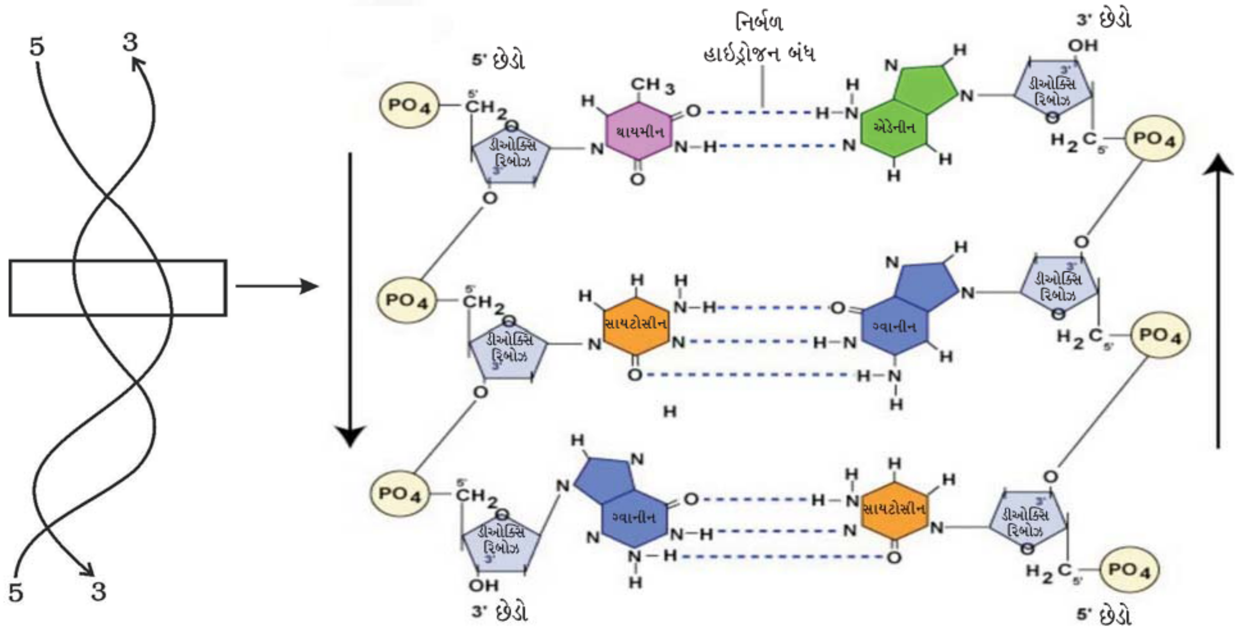
આકૃતિ 9.4 : આકૃતિ (a) પ્રોટીનની દ્વિતીયક સંરચના અને (b) પ્રોટીનની તૃતીયક સંરચના

ચતુર્થક સંરચના કહે છે. પુખ્ત મનુષ્યમાં હિમોગ્લોબીન ચાર પેટા ખંડોનો બનેલ હોય છે. તેમાંથી બે એકબીજાને સમાન હોય છે. આથી બે પેટા એકમ α અને બે પેટા એકમ β પ્રકારના હોય છે. જે એકબીજા સાથે જોડાઈને મનુષ્યનું હિમોગ્લોબીન (Hb) બનાવે છે.

9.8 પોલિમરમાં મોનોમરને જોડતા બંધોનાં પ્રકાર (Nature of bond linking monomers in a polymer)

કોઈ પણ પોલિપેપ્ટાઇડ કે પ્રોટીનમાં એમિનો ઍસિડ્સ **પેપ્ટાઇડ બંધ** વડે જોડાયેલા હોય છે જે એક એમિનો ઍસિડના કાર્બોક્સિલ (–COOH) સમૂહ અને તેના પછીના બીજા એમિનો ઍસિડના એમિનો ($-NH_2$) સમૂહ વચ્ચે પાણીના અણુના નીકળવાથી જોડાય છે. (આ પ્રક્રિયાને નિર્જલીકરણ કહે છે). એક પોલિસેકેરાઇડમાં મોનોસેકેરાઇડ્સ **ગ્લાયકોસિડિક બંધ**થી જોડાયેલા હોય છે. આ બંધ પણ નિર્જલીકરણ ક્રિયા વડે રચાય છે. આ બંધ પાસ પાસેના બે મોનોસેકેરાઇડ્સના કાર્બન પરમાણુઓ વચ્ચે રચાય છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડમાં એક ન્યુક્લિઓટાઇડના એક શર્કરાના $3'$-કાર્બન અને તેના પછીની ન્યુક્લિઓટાઇડના શર્કરાના $5'$-કાર્બનના ફૉસ્ફેટ સમૂહ વચ્ચે રચાય છે. ફૉસ્ફેટ તેમજ શર્કરાના હાઇડ્રોક્સિલ સમૂહની વચ્ચેનો આ બંધ એસ્ટર બંધ હોય છે. એસ્ટર બંધ બન્ને બાજુ રચાતો હોવાથી તેને ફૉસ્ફોડાયએસ્ટર બંધ કહે છે. (આકૃતિ 9.5).

ન્યુક્લિઇક ઍસિડ જુદા જુદા પ્રકારની દ્વિતીયક સંરચના વડે પ્રદર્શિત થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે વોટ્સન ક્રિકનું પ્રખ્યાત મૉડલ DNAની દ્વિતીયક સંરચનાને પ્રદર્શિત કરે છે. આ મૉડલથી સ્પષ્ટ થાય છે કે DNA એક બેવડી કુંતલમય રચના સ્વરૂપ જોવા મળે છે. પોલિન્યુક્લિઓટાઇડની બંને શૃંખલાઓ એકબીજાને પ્રતિસમાંતર હોય છે. એટલે કે એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશાઓમાં હોય છે. તેની મુખ્ય ધરી શર્કરા-ફૉસ્ફેટ-શર્કરા શૃંખલાથી બનેલ હોય છે. નાઇટ્રોજન બેઇઝ ઓછેવત્તા અંશે મુખ્ય ભાગને લંબ અક્ષે પણ અંદરની



આકૃતિ 9.5 : DNAનું દ્વિતિય બંધારણ પ્રદર્શિત કરતું ચિત્ર

તરફ એક શૃંખલાના A અને G બેઇઝ બીજી શૃંખલાના T અને C બેઇઝ સાથે પૂરક જોડીઓ બનાવે છે. A અને T વચ્ચે બે હાઇડ્રોજન બંધ જ્યારે G અને C વચ્ચે ત્રણ હાઇડ્રોજન બંધ રચાયેલા હોય છે. પ્રત્યેક શૃંખલા એક કુંતલીય નિસરણી જેવી દેખાય છે. કુંતલના પ્રત્યેક પગથિયાં બેઇઝ જોડીના બનેલા હોય છે. કુંતલના પ્રત્યેક પગથિયાં બીજા પગથિયાંથી 36°ના ખૂણા પર વળેલા હોય છે. કુંતલ શૃંખલાના એક પૂર્ણ કુંતલમાં દસ પગથિયાં એટલે કે દસ નાઇટ્રોજન બેઇઝ જોડ આવેલ છે. આ રીતે તમે DNAનું રેખાચિત્ર બનાવવાનો પ્રયત્ન કરી શકો છો એક પૂર્ણ કુંતલની લંબાઈ 34 A° હોય છે, જ્યારે બે પાસ-પાસેના બેઇઝ જોડીની વચ્ચેનું અંતર 3.4 A° હોય છે. ઉપરોક્ત વર્ણવેલ વિશિષ્ટ DNAને B-DNA કહેવાય છે. ઉપલા ધોરણમાં તમને બતાવવામાં આવશે કે એક ડઝનથી પણ વધારે DNAના સ્વરૂપો હોય છે, જેનું નામકરણ સંરચનાત્મક વિશેષતાના આધારે અંગ્રેજી આલ્ફાબેટ અક્ષરો આધારે કરવામાં આવેલ છે.

9.9 શરીર ઘટકોની ગતિક અવસ્થા ચયાપચયની સંકલ્પના (Dynamic state of body constituents – concept of metabolism)

આપણે અત્યાર સુધી જે અભ્યાસ કર્યો છે તેના અનુસંધાનમાં સજીવ પછી તે સાધારણ બૅક્ટેરિયલ કોષ હોય, પ્રજીવ, વનસ્પતિ કે પ્રાણી હોય આ બધા હજારો કાર્બનિક રસાયણોથી બનેલા હોય છે. આ રસાયણો કે જૈવઅણુઓ એક નિશ્ચિત સાંદ્રતામાં જોવા મળે છે. (તેને મોલ્સ/કોષ અથવા મોલ્સ/લિટર સ્વરૂપે રજૂ થાય છે). સંશોધન દ્વારા એક મુખ્ય જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ તે અનુસાર જૈવઅણુઓમાં **અદલા-બદલી** થતી રહે છે. એનો અર્થ એ થાય છે કે તે સતત બીજા નવા જૈવઅણુઓમાં પરિવર્તિત થતા રહે છે અને બીજા જૈવઅણુઓના જોડાવાથી બનતા રહે છે. સજીવોમાં આ નિર્માણ અને વિખંડન રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા સતત થયા કરે છે. આ બધી જ રાસાયણિક ક્રિયાઓને **ચયાપચય** કહે છે. બધી ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા જૈવઅણુઓનું રૂપાંતરણ થતું રહે છે. કેટલાક ચયાપચયિક રૂપાંતરણના ઉદાહરણ જેમ કે એમિનો ઍસિડમાંથી CO_2ના દૂર થયા બાદ એમિનો ઍસિડનું એમાઇનમાં રૂપાંતર થવું; ન્યુક્લિઓટાઇડના બંધારણીય ઘટકોમાંથી એમિનો સમૂહનું દૂર થવું, ડાયસેકેરાઇડ્સમાંથી ગ્લાયકોસિડિક બંધનું હાઇડ્રોલિસીસ થવું વગેરે. આ પ્રકારે હજારો ઉદાહરણનું લિસ્ટ બનાવી શકાય. મુખ્યત્વે આ ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓ એકલી થતી નથી પરંતુ હંમેશાં અન્ય બીજી પ્રક્રિયાઓથી તે જોડાયેલ હોય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ચયાપચયકોનું એકબીજામાં પરિવર્તન એકબીજા સાથે જોડાયેલ પ્રક્રિયાઓની શૃંખલાઓ દ્વારા થાય છે. જેને ચયાપચય પથ કહે છે. આ ચયાપચય પથ શહેરના વાહનવ્યવહારના ટ્રાફિક વ્યવસ્થા જેવો હોય છે. આ પથ કાં તો રેખીય અથવા વર્તુળાકાર હોય છે. આ પથ એકબીજાથી આડા-અવળા વાહનવ્યવહારના સંગમ જેવો દેખાય છે. ચયાપચયકો વાહનવ્યવહારના ટ્રાફિક જેવા એક નિશ્ચિત વેગે અને દિશામાં ચયાપચય પથ પર ગતિ કરે છે. આ ચયાપચયકોનાં વહનને શરીર ઘટકોની ગતિક અવસ્થા કહે છે. સૌથી મહત્ત્વનું એ છે કે એકબીજાથી જોડાયેલ આ ચયાપચયિક ટ્રાફિક અત્યંત સરળ ગતિ દ્વારા કોઈ પણ દુર્ઘટના વગર સ્વસ્થ અવસ્થા બનાવી રાખવા માટે હોય છે. આ ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓની બીજી વિશિષ્ટતા એ છે કે તેઓની પ્રત્યેક રાસાયણિક ક્રિયા **ઉત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓ** છે. જીવનતંત્રમાં કોઈ પણ ચયાપચયિક રૂપાંતરણ ઉત્પ્રેરક વગર પૂર્ણ થતું નથી. CO_2નું પાણીમાં ઓગળવું એ એક ભૌતિક પ્રક્રિયા છે. ઉત્પ્રેરક કે જે કોઈ પણ ચયાપચયિક રૂપાંતરણની ગતિ વધારે છે તે પણ એક પ્રોટીન હોય છે. એવા પ્રોટીન કે જેમાં ઉત્પ્રેરણ(ઉદ્દીપન)ની ક્ષમતા હોય છે તેને **ઉત્સેચક** કહેવાય છે.

9.10 જીવનનો ચયાપચયિક આધાર (Metabolic basis for living)

ચયાપચય પથ દ્વારા સામાન્ય ઘટકોમાંથી જટિલ ઘટકો (જેવા કે ઍસિટિક ઍસિડમાંથી કોલેસ્ટેરોલનું બનવું). તેમજ જટિલ પદાર્થોમાંથી સરળ પદાર્થો(જેવા કે કંકાલ સ્નાયુમાં ગ્લુકોઝમાંથી લેક્ટિક ઍસિડ)નું નિર્માણ થતું રહે છે. પ્રથમ પ્રકારની પ્રક્રિયાને જૈવ સંશ્લેષણ પથ કે **ચય પથ** કહે છે. બીજી પ્રક્રિયામાં વિખંડન થતુ હોવાથી તેને **અપચય પથ** કહે છે. ચય પથમાં શક્તિ વપરાય છે. એમિનો ઍસિડમાંથી પ્રોટીનના નિર્માણમાં શક્તિની આવશ્યકતા રહે છે. જ્યારે બીજી તરફ અપચય પથ દ્વારા શક્તિ મુક્ત થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે જ્યારે કંકાલ સ્નાયુમાં જ્યારે ગ્લુકોઝ લેક્ટિક ઍસિડમાં વિઘટિત થાય છે ત્યારે શક્તિ મુક્ત થાય છે. આ ચયાપચય પથ જેના દ્વારા ગ્લુકોઝમાંથી લેક્ટિક ઍસિડનું નિર્માણ થાય છે, તે 10 ચયાપચયિક ચરણોમાં પૂર્ણ થાય છે, જેને ગ્લાયકોલિસીસ કહે છે. સજીવોમાં પોષક દ્રવ્યોના અવનત થવાથી મુક્ત થતી આ શક્તિ રાસાયણિક બંધના સ્વરૂપે સંચિત થયેલી હોય છે. આ બંધ શક્તિ જ્યારે અને જ્યાં આવશ્યક સજીવતંત્રોમાં શક્તિ (ઊર્જા) ચલણનું મહત્ત્વપૂર્ણ સ્વરૂપ રાસાયણિક બંધના સ્વરૂપે રહેલી શક્તિ છે. જેને **એડિનોસાઇન ટ્રાય ફૉસ્ફેટ (ATP)** કહે છે.

સજીવો તેમની શક્તિ કેવી રીતે પ્રાપ્ત કરે છે ? તેમાં કયા પ્રકારની યોજના વિકાસ પામી તેઓ કયા સ્વરૂપે અને કેવી રીતે આ શક્તિનો સંચય કરે છે ? તેઓ શક્તિને કાર્યમાં કેવી રીતે ફેરવે છે ? તમે આ બધી જ બાબતોને ઉપલા ધોરણમાં એક નવી શાખામાં અભ્યાસ કરશો જેને ''જૈવ શક્તિ વિજ્ઞાન'' કહે છે.

9.11 જીવંત અવસ્થા (The Living State)

આ સ્તરે તમે સમજી ગયા હશો કે સજીવોમાં તેમની જરૂરિયાત અનુસાર એક નિશ્ચિત સાંદ્રતામાં હજારો રાસાયણિક સંયોજનો જોવા મળે છે. જેને ચયાપચયકો કે જૈવઅણુઓ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે સામાન્ય સ્વસ્થ વ્યક્તિના રૂધિરમાં શર્કરાની માત્રા 4.2થી 6.1 મિલિમોલ (mMo1)જ્યારે અંતઃસ્રાવની માત્રા નેનોગ્રામ પ્રતિ મિલિલિટર હોય છે. સૌથી મહત્ત્વનું તથ્ય એ છે કે જૈવિક તંત્રમાં બધા સજીવ એક સ્થિર અવસ્થામાં જોવા મળે છે, જેમાં બધા જૈવઅણુઓની એક નિશ્ચિત માત્રા હોય છે. તે જૈવઅણુ એક ચયાપચયિક પ્રવાહમાં હોય છે. કોઈ પણ રાસાયણિક કે ભૌતિક પ્રક્રિયા સ્વતઃ સંતુલન પ્રાપ્ત કરે છે. સ્થિર અવસ્થા એ અસંતુલિત હોય છે. ભૌતિક સિદ્ધાંતના અનુસાર કોઈ પણ તંત્ર સંતુલનમાં કાર્ય કરી શકતું નથી, જેમ કે સજીવ હંમેશાં કાર્ય કરે છે. તેમનામાં ક્યારે પણ સંતુલનની સ્થિતિ હોઈ શકતી નથી. **અર્થાત્ જીવંત અવસ્થા એક અસંતુલિત સ્થાયી અવસ્થા હોય છે. જેનાથી કાર્ય કરી શકે છે.** જૈવિક પ્રક્રિયા સતત એવો પ્રયત્ન છે જેમાં સંતુલનથી બચી શકાય તે માટે હંમેશાં શક્તિની આવશ્યકતા રહે છે. ચયાપચય એ એવી પ્રક્રિયા છે જેમાં શક્તિ પ્રાપ્ત થાય છે. એટલે કે જીવંત અવસ્થા કે ચયાપચય એક બીજાના પર્યાયવાચી હોય છે. ચયાપચય વગર જીવંત અવસ્થા પ્રાપ્ત ન થઈ શકે.

9.12 ઉત્સેચકો (Enzymes)

લગભગ તમામ ઉત્સેચકો પ્રોટીન હોય છે. કેટલાક ન્યુક્લિઇક ઍસિડ ઉત્સેચકની જેમ વર્તે છે તેને રિબોઝાઈમ્સ કહે છે. કોઈ પણ ઉત્સેચકને રેખીય ચિત્ર દ્વારા રજૂ કરી શકાય છે. ઉત્સેચકમાં પણ પ્રોટીન જેવી પ્રાથમિક સંરચના જોવા મળે છે. જે એમિનો ઍસિડની શૃંખલાથી બનેલ હોય છે. પ્રોટીનની જેમ ઉત્સેચકમાં પણ દ્વિતીયક અને તૃતીયક સંરચના જોવા મળે છે. જ્યારે તમે તૃતીય સંરચના(આકૃતિ 9.4 b)ને જોશો તો ખ્યાલ આવશે કે પ્રોટીન શૃંખલાનો મુખ્ય (આધાર) ભાગ તેની ઉપર સ્વયં કુંતલિત થયેલો હોય છે અને શૃંખલા સ્વયં આડી-અવળી ગોઠવાયેલ હોય છે, જેથી ઘણા બધા ખાંચા કે ગુહા બની શકે છે આવી વિશિષ્ટ ગુહાને સક્રિય સ્થાન કહે છે. ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાન કે જે ખાંચા કે ગુહા સ્વરૂપે છે તેમાં પ્રક્રિયક આવીને ગોઠવાય છે. આ પ્રકારે ઉત્સેચક સક્રિય સ્થાન દ્વારા પ્રક્રિયાઓને ઊંચા દરે ઉત્પ્રેરિત કરે છે. ઉત્સેચક ઉત્પ્રેરક અકાર્બનિક ઉત્પ્રેરક કરતાં ઘણા બધા પ્રકારે જુદાં પડે છે. પરંતુ એક મહત્ત્વનો ભેદ રજૂ કરવો જરૂરી છે. અકાર્બનિક ઉત્પ્રેરક ઊંચા તાપમાન અને દબાણ પર કુશળતાપૂર્વક કામ કરે છે. જ્યારે ઉત્સેચકો ઊંચા તાપમાન (40° થી વધારે) પર ક્ષતિગ્રસ્ત થઈ જાય છે. સામાન્ય રીતે ઊંચા તાપમાને (જેમ કે ગરમ કુંડ કે સલ્ફરનાં ઝરણામાં) જોવા મળતા સજીવોમાંથી મેળવવામાં આવતા ઉત્સેચકો સ્થિર હોય છે અને તેમની ઉત્પ્રેરક શક્તિ ઊંચા તાપમાને (80^oC થી 90^oC સુધી) પણ સ્થિર રહે છે. ઉપરના ઉત્સેચકો જે થર્મોફિલિક (ઉષ્માનુરાગી) સજીવોમાંથી અલગ તારવવામાં આવ્યા છે તે ઊષ્મા સ્થાયી હોય છે તે તેની વિશિષ્ટતા છે.

9.12.1 રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ (Chemical Reactions)

ઉત્સેચક શું છે ? તેના પહેલા એ સમજી લેવું જરૂરી છે કે રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ શું છે ? રાસાયણિક સંયોજનોમાં બે પ્રકારના પરિવર્તન હોય છે. એક ભૌતિક પરિવર્તન જેમાં બંધના તૂટ્યા વગર સંયોજનના આકારમાં રૂપાંતરણ થાય છે. અન્ય ભૌતિક પ્રક્રિયામાં દ્રવ્યની અવસ્થામાં પરિવર્તન થાય છે. જેમ કે બરફનું ઓગળીને પાણીમાં પરિવર્તન પામવું અથવા તો પાણીનું વરાળમાં ફેરવાવું. આ પણ ભૌતિક પ્રક્રિયાઓ છે. રૂપાંતરણ સમયે બંધોનું તૂટવું કે નવા બંધોનું નિર્માણ થવું એ જ રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે. ઉદાહરણ તરીકે :

$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 + 2H_2O$$

આ એક અકાર્બનિક રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે. તેવી જ રીતે સ્ટાર્ચના જળવિભાજનથી ગ્લુકોઝનું નિર્માણ થવું. આ એક કાર્બનિક રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે. ભૌતિક કે રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓના દરનો સીધો સંબંધ એકમ સમયમાં બનતી નીપજો સાથે હોય છે તેને આ રીતે રજૂ કરી શકાય.

$$\text{દર} = \frac{\delta p}{\delta t}$$

જો દિશા નક્કી હોય તો આ દરને વેગ પણ કહે છે. ભૌતિક તેમજ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓનો દર અન્ય કારકો સાથે તાપમાન દ્વારા પણ પ્રભાવિત હોય છે. એક સર્વસ્વીકૃત નિયમ અનુસાર પ્રત્યેક 10^oC તાપમાનના વધવાથી કે ઘટવાથી પ્રક્રિયાઓનો દર ક્રમશઃ બમણો કે અડધો થઈ જાય છે. ઉત્પ્રેરિત (ઉદ્દીપ્ત) પ્રક્રિયાઓ અનુત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓની સરખામણીમાં ઊંચા દરથી પૂર્ણ થાય છે. જ્યારે કોઈ ઉત્સેચક દ્વારા થતી ઉત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓનો દર અનુત્પ્રેરિત પ્રક્રિયા દ્વારા પૂર્ણ થનારી પ્રક્રિયાઓથી ઘણો વધારે હોય છે.

ઉદાહરણ તરીકે,

$$CO_2 + H_2O \xrightleftharpoons{\text{કાર્બોનિક એનહાઈડ્રેઝ}} H_2CO_3$$

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ   પાણી   કાર્બોનિક ઍસિડ

આ પ્રક્રિયા ઉત્યેચકની ગેરહાજરીમાં ખૂબ જ મંદગતિથી થાય છે, જેમાં એક કલાકમાં કાર્બનિક ઍસિડના 200 અણુઓનું નિર્માણ થાય છે. પરંતુ ઉપરની પ્રક્રિયા કોષરસમાં હાજર ઉત્સેચક, કાર્બોનિક એનહાઈડ્રેઝની હાજરીમાં તીવ્ર ગતિથી પૂર્ણ થાય છે જેમાં કાર્બોનિક ઍસિડનાં 600,000 અણુ પ્રતિ સેકન્ડમાં બને છે. ઉત્સેચકે આ પ્રક્રિયાનો વેગ 10 મિલિયન ગણો વધારે કરી દીધો. ઉત્સેચકની આ શક્તિ હકીકતમાં અકલ્પનીય લાગે છે.

હજારો પ્રકારના ઉત્સેચકો હોય છે જે વિશેષ પ્રકારની રાસાયણિક કે ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. બહુચરણીય રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓમાં જ્યાં પ્રત્યેક ચરણ એક જ જટિલ ઉત્સેચક સંકુલ કે જુદા જુદા પ્રકારના ઉત્સેચકોથી ઉત્પ્રેરિત થાય છે તો તેને ચયાપચયિક પથ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે :

ગ્લુકોઝ $\rightarrow$ 2 પાયરૂવિક ઍસિડ

$$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2O$$

ગ્લુકોઝમાંથી પાયરૂવિક ઍસિડનું નિર્માણ થવું તે એક રાસાયણિક પથ દ્વારા થાય છે. જેમાં 10 જુદા જુદા પ્રકારના ઉત્સેચક ચયાપચયિક પ્રક્રિયાઓને ઉત્પ્રેરિત કરે છે. જ્યારે તમે પ્રકરણ-14માં શ્વસનનો અભ્યાસ કરશો ત્યારે ઉપરોક્ત પ્રક્રિયાઓના વિશે જાણવા મળશે. આ તબક્કે તમારે જાણી લેવું જોઈએ કે એક જ ચયાપચયિક પથ એક કે બે કે તેથી વધુ પ્રક્રિયાઓ દ્વારા જુદા પ્રકારના ચયાપચયિક અંત્ય ઉત્પાદનો બનાવે છે. આપણા કંકાલ સ્નાયુમાં અજારક સ્થિતિમાં લેક્ટિક ઍસિડનું નિર્માણ થાય છે. જ્યારે સામાન્ય જારક સ્થિતિમાં પાયરૂવિક ઍસિડનું નિર્માણ થાય છે. યીસ્ટમાં આથવણ પ્રક્રિયા દરમિયાન ઉપરના પથ દ્વારા ઇથેનોલ(આલ્કોહોલ)નું નિર્માણ થાય છે. જુદી જુદી દિશાઓમાં જુદા જુદા પ્રકારના ઉત્પાદનોનું નિર્માણ શક્ય છે.

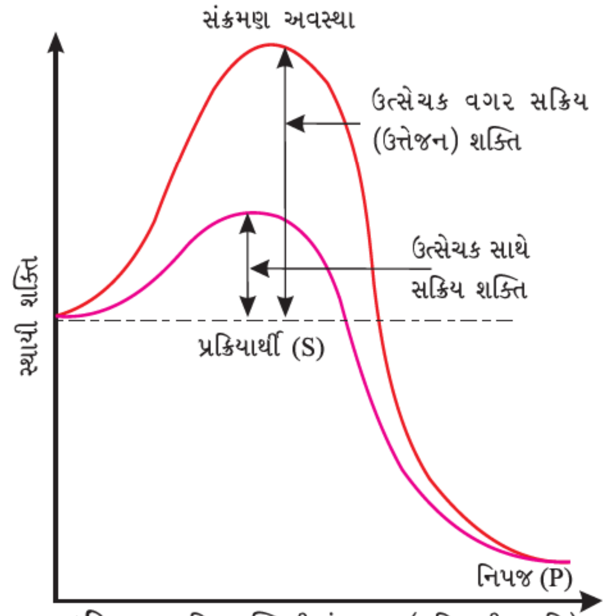
9.12.2 ઉત્સેચકો દ્વારા ઊંચા દરથી રાસાયણિક રૂપાંતરણ કેવી રીતે થાય છે ?
(How do enzymes bring about such high rates of chemical conversions ?)

આને સમજવા માટે ઉત્સેચક વિશે વિસ્તૃત અભ્યાસ કરવો પડશે. સક્રિય સ્થાનના વિશે આપણે પહેલા અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ. રાસાયણિક કે ચયાપચયિક રૂપાંતરણો એક પ્રક્રિયા હોય છે જેમાં રસાયણનું નીપજમાં રૂપાંતરણ થાય છે. તેને પ્રક્રિયક (S) કહે છે. જ્યારે ઉત્સેચક એક સક્રિય સ્થાન સાથે એક ત્રિ-પરિમાણ સંરચના ધરાવતું પ્રોટીન છે, જે એક પ્રક્રિયક (S)ને નીપજ (P)માં ફેરવે છે. સાંકેતિક સ્વરૂપે તેને નીચે મુજબ વર્ણવી શકાય.

$$S \rightarrow P$$

પ્રક્રિયક $\rightarrow$ નીપજ

પ્રક્રિયાર્થી (S) ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાન જે તિરાડ કે ખાંચા (ગુહા) સ્વરૂપે હોય છે તેની સાથે જોડાય છે. પ્રક્રિયાર્થી સક્રિય સ્થાન તરફ પ્રસરણ પામે છે. આ પ્રકારે આવશ્યક ઉત્સેચક પ્રક્રિયાર્થી સંકુલ(ES Complex)નું નિર્માણ થાય છે. E (એન્ઝાઇમ) ઉત્સેચકને રજૂ કરે છે. આ સંકુલનું નિર્માણ



આકૃતિ 9.6 : સક્રિય શક્તિની સંકલ્પના (પ્રક્રિયાની પ્રગતિ)

એ એક ક્ષણિક સમયની ઘટના છે. પ્રક્રિયાર્થી ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાન સાથે જોડાય તે દરમિયાન પ્રક્રિયાર્થીની નવી સંરચનાનું નિર્માણ થાય છે. જેને સંક્રમણ અવસ્થા - સંરચના કહેવાય છે. તેના પછી તરત જ સ્વીકૃત બંધનું તૂટવું કે નિર્માણ પૂર્ણ થાય છે. પછી સક્રિય સ્થાન પરથી નીપજ મુક્ત થાય છે. બીજા શબ્દોમાં પ્રક્રિયાર્થીની સંરચના નીપજની સંરચનામાં ફેરવાય છે. રૂપાંતરણોનો આ પથ કથિત સંક્રમણ અવસ્થા દ્વારા થાય છે. સ્થાયી પ્રક્રિયક અને નીપજની વચ્ચે ઘણી બધી રૂપાંતરિત સંરચનાત્મક અવસ્થાઓ થઈ શકે છે. આ વાક્યનો અર્થ એ છે કે બનતી બધી જ મધ્યવર્તી સંરચનાત્મક અવસ્થા અસ્થાયી હોય છે. સ્થાયીત્વનો સંબંધ અણુની ઊર્જા (શક્તિ) અવસ્થા કે સંરચના સાથે જોડાયેલો હોય છે. જો આને ચિત્રાત્મક આલેખ દ્વારા પ્રદર્શિત કરીએ તો તે આકૃતિ 9.6 અનુસાર હોઈ શકે.

Y-અક્ષ સ્થાયી શક્તિ રજૂ કરે છે. X-અક્ષ વચગાળાની અવસ્થા દ્વારા બંધારણીય રૂપાંતરણમાં ફેરફાર સૂચવે છે. બે વસ્તુ ધ્યાનમાં રાખવા જેવી છે. પ્રક્રિયક (S) અને નીપજ (P)ના વચ્ચે શક્તિ સ્તરમાં ભિન્નતા છે. જો નીપજ પ્રક્રિયાર્થી કરતાં નીચલા સ્તરનો હોય તો પ્રક્રિયા બાહ્ય ઉષ્મીય હોય છે. આ અવસ્થામાં નીપજ નિર્માણ કાર્ય માટે શક્તિ- (ગરમી દ્વારા)ની આવશ્યક નથી. આમ છતાં, બાહ્ય ઉષ્મીય પ્રક્રિયા કે સ્વયં પ્રવર્તિત પ્રક્રિયા અથવા અંતઃ ઉષ્મીય કે શક્તિ આવશ્યક પ્રક્રિયાઓમાં પ્રક્રિયાર્થીને ઉચ્ચ શક્તિ અવસ્થા કે વચગાળાની અવસ્થામાંથી પસાર થવું પડે છે. પ્રક્રિયાર્થી અને વચગાળાની અવસ્થા વચ્ચે સરેરાશ શક્તિના તફાવતને સક્રિય (ઉત્તેજન) શક્તિ કહે છે.

ઉત્સેચક શક્તિ અવરોધને ઘટાડીને પ્રક્રિયાર્થીમાંથી નીપજના સરળ રૂપાંતરણમાં મદદ કરે છે.

9.12.3 ઉત્સેચકની કાર્યપદ્ધતિ (Nature of Enzyme Action)

પ્રત્યેક ઉત્સેચક (E)ના અણુમાં પ્રક્રિયક-જોડાણ-સ્થાન જોવા મળે છે. જેની સાથે પ્રક્રિયક (S) જોડાઈને ઉત્સેચક-પ્રક્રિયાર્થી-સંકુલ (E.S-Complex)નું નિર્માણ કરે છે. આ સંકુલ અત્યંત ઓછા સમય સુધી યથાવત રહે છે જે નીપજ (P) અને અપરિવર્તિત ઉત્સેચકમાં વિયોજિત થાય છે. તેની પહેલાં મધ્યવર્તી રચના ઉત્સેચક-નીપજ-સંકુલ (EP-Complex)નું નિર્માણ થાય છે.

ઉત્સેચક-પ્રક્રિયાર્થી-સંકુલ નિર્માણ થવું તે ઉત્પ્રેરણ (ઉદ્દીપન) માટે અત્યંત આવશ્યક છે.

$$E + S \rightleftharpoons \underset{\text{સંકુલ}}{ES} \longrightarrow \underset{\text{સંકુલ}}{EP} \longrightarrow E + P$$

ઉત્સેચક ક્રિયાના ઉત્પ્રેરક ચક્રને નીચેનાં ચરણોમાં વર્ણવી શકાય :

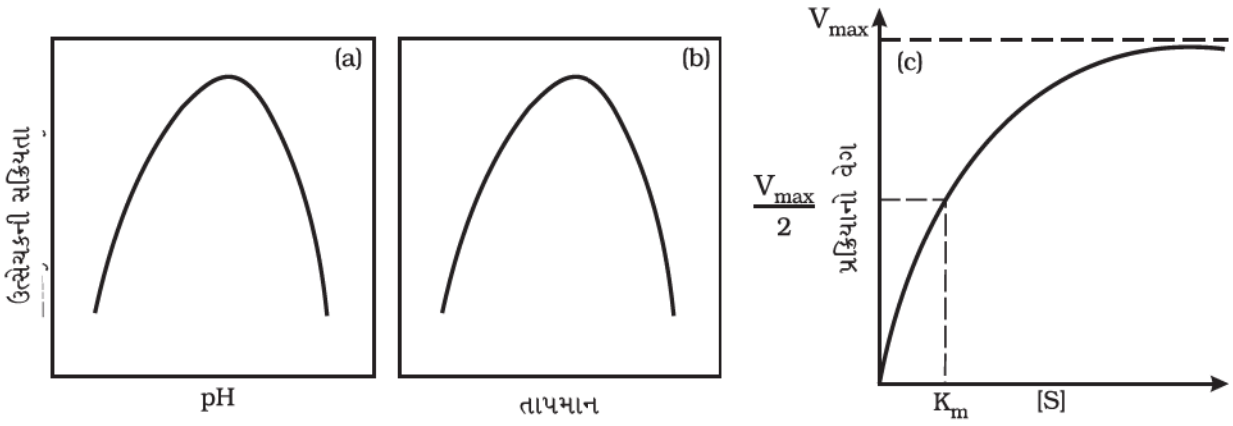
1. સૌપ્રથમ પ્રક્રિયક ઉત્સેચકના સક્રિય સ્થાને જોડાય છે.
2. ઉત્સેચક સાથે જોડાયેલ પ્રક્રિયક ઉત્સેચકના આકારમાં (સ્વરૂપમાં) બદલાવ લાવે છે. જેથી પ્રક્રિયક ઉત્સેચક સાથે મજબૂતીથી જોડાઈ જાય છે.
3. ઉત્સેચકનું સક્રિય સ્થાન હવે પ્રક્રિયકના ગાઢ સંપર્કમાં હોય છે જેના પરિણામ સ્વરૂપે પ્રક્રિયકના રાસાયણિક બંધ તૂટે છે અને નવા ઉત્સેચક-નીપજ સંકુલનું નિર્માણ થાય છે.
4. ઉત્સેચક નવનિર્મિત નીપજને મુક્ત કરે છે. મુક્ત થયેલ ઉત્સેચક અન્ય પ્રક્રિયક સાથે જોડાવા માટે તૈયાર થઈ જાય છે. આ પ્રકારે પુનઃ ઉત્સેચક ચક્રની શરૂઆત થાય છે.

9.12.4 ઉત્સેચકની ક્રિયાવિધિ પર અસર કરતાં પરિબળો (Factors affecting enzyme activity)

જે પરિબળો પ્રોટીનની તૃતીયક સંરચનામાં ફેરફાર પ્રેરે છે, તે ઉત્સેચકની સક્રિયતાને પણ અસર કરે છે. જેમ કે તાપમાન, pH, પ્રક્રિયકની સાંદ્રતામાં ફેરફાર અથવા કોઈ વિશિષ્ટ રસાયણનું ઉત્સેચક સાથેનું જોડાણ કે જે તેની ક્રિયાશીલતાનું નિયમન કરતું હોય.

તાપમાન અને pH

ઉત્સેચક સામાન્ય રીતે તાપમાન અને pHની મર્યાદિત ક્ષેત્ર વિસ્તારમાં કાર્ય કરે છે. (આકૃતિ 9.7) દરેક ઉત્સેચકની મહત્તમ ક્રિયાશીલતા એક ચોક્કસ તાપમાન અને pHના આધારે થાય છે. જેને ક્રમશઃ ઈષ્ટતમ તાપમાન અને ઈષ્ટતમ pH કહે છે. આ ઈષ્ટતમ માપથી ઉપર કે નીચે ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતામાં ઘટાડો થાય છે. નીચુ તાપમાન ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતાને નિષ્ક્રિય કરી દે છે. જ્યારે ઊંચું તાપમાન ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતા નષ્ટ કરી દે છે કારણ કે ગરમીથી પ્રોટીન વિનૈસર્ગીકરણ પામે છે.



આકૃતિ 9.7 : (a) pH (b) તાપમાન તથા (c) પ્રક્રિયાર્થીની સાંદ્રતાના ફેરફારનો ઉત્સેચકની સક્રિયતા પર પ્રભાવ

પ્રક્રિયકની સાંદ્રતા

પ્રક્રિયકની સાંદ્રતામાં વધારો થવાની સાથે-સાથે સૌપ્રથમ ઉત્સેચકનો પ્રક્રિયા વેગ (V) વધે છે. પ્રક્રિયા તેના મહત્તમ પ્રક્રિયા વેગને (V_{max}) પ્રાપ્ત કર્યા પછી પ્રક્રિયકની સાંદ્રતા વધવા છતા પણ તેમાં વધારો થતો નથી. એવું એટલા માટે થાય છે કે ઉત્સેચકના અણુઓની સંખ્યા પ્રક્રિયકના અણુઓથી ઓછી હોય છે અને પ્રક્રિયકના અણુઓ દ્વારા ઉત્સેચક સંતૃપ્ત થયા પછી ઉત્સેચકનો કોઈ પણ અણુ પ્રક્રિયકના વધારાના અણુઓ સાથે જોડાવવા માટે મુક્ત રહેતો નથી. (આકૃતિ 9.7).

કોઈ પણ ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતા વિશિષ્ટ રસાયણોની કે જે ઉત્સેચક સાથે જોડાય છે તેની હાજરીમાં સંવેદનશીલ હોય છે. જ્યારે કોઈ રસાયણ ઉત્સેચક સાથે જોડાય અને તેની પ્રક્રિયાને અટકાવી દે તો તેને **અવરોધન** અને તે રસાયણને **અવરોધક** કહે છે.

જ્યારે અવરોધક તેની આણ્વિક સંરચનામાં પ્રક્રિયાર્થી સાથે સમાનતા ધરાવે છે અને ઉત્સેચકની ક્રિયાશીલતાને અવરોધે છે તો તેને **'પ્રતિસ્પર્ધી (હરીફ) અવરોધક'** કહે છે.

અવરોધકની પ્રક્રિયાર્થી સાથે ગાઢ સંરચનાત્મક સમાનતાના ફળ સ્વરૂપે આ પ્રક્રિયાર્થી દ્વારા ઉત્સેચકના પ્રક્રિયાર્થી-જોડાણ-સ્થાન સાથે જોડાઈને પ્રતિસ્પર્ધા (હરિફાઈ) કરે છે. પરિણામ સ્વરૂપે પ્રક્રિયાર્થી પ્રક્રિયાર્થી-જોડાણ-સ્થાન સાથે જોડાઈ શકતાં નથી જેના ફળ સ્વરૂપે ઉત્સેચક પ્રક્રિયા મંદ (ધીમી) પડી જાય છે. ઉદાહરણ તરીકે સક્સિનિક ડિહાઇડ્રોજિનેઝનું મેલોનેટ દ્વારા અવરોધન કે જે સંરચનામાં પ્રક્રિયાર્થી સક્સિનેટ સાથે વધુ સમાનતા ધરાવે છે આવાં પ્રતિસ્પર્ધી અવરોધકોનો ઉપયોગ બૅક્ટેરિયલ રોગકારકોને નિયંત્રિત કરવા માટે થાય છે.

9.12.5 ઉત્સેચકોનું નામકરણ અને વર્ગીકરણ (Classification and Nomeclature of Enzymes)

હજારો ઉત્સેચકની શોધ, અલગીકરણ અને અભ્યાસ થઈ ચૂક્યો છે. ઉત્સેચકો દ્વારા જુદી જુદી પ્રક્રિયાઓના ઉત્પ્રેરકના આધારે તેને જુદા જુદા સમૂહોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે. ઉત્સેચકોને 6 વર્ગોમાં તથા પ્રત્યેક વર્ગને 4થી 13 ઉપવર્ગોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યા છે, જેનું નામકરણ ચાર અક્ષરીય સંખ્યા પર આધારિત છે.

ઑક્સિડોરિડક્ટેઝિસ / ડિહાઇડ્રોજીનેઝિસ ઉત્સેચક કે જે બે પ્રક્રિયકો S અને S' વચ્ચે ઑક્સિડો-રિડક્શનને ઉત્પ્રેરિત કરે છે જેમ કે....

S (રિડ્યુસ) + S' (ઑક્સિડાઈઝ) ⟶ S ઑક્સિડાઈઝ + S' રિડ્યુસ.

ટ્રાન્સફરેઝિસ : ઉત્સેચકો પ્રક્રિયકોની એક જોડ S અને S' વચ્ચે એક સમૂહ G (હાઇડ્રોજન સિવાય)ના સ્થળાંતરણને ઉત્પ્રેરિત કરે છે જેમ કે....

$$S - G + S' \longrightarrow S + S' - G$$

હાઈડ્રોલેઝિસ : ઉત્સેચક એસ્ટર, ઈથર, પેપ્ટાઇડ, ગ્લાયકોસિડિક, કાર્બન-કાર્બન, કાર્બન-હેલાઇડ અથવા P–N બંધ (ફૉસ્ફરસ-નાઇટ્રોજન બંધ)નું જલવિભાજન પ્રેરે છે.

લાયેઝિસ : જલવિભાજન સિવાય પ્રક્રિયકોમાંથી સમૂહને દૂર કરવા માટે સંકળાયેલા ઉત્સેચકો છે. પ્રક્રિયાના ફળ સ્વરૂપે દ્વિબંધોનું નિર્માણ થાય છે.

$$\begin{array}{ccc} X & & Y \\ | & & | \\ C & - & C \end{array} \longrightarrow X - Y + C = C.$$

આઈસોમરેઝિસ : એવા બધા જ ઉત્સેચકો કે જે પ્રકાશીય, ભૌમિતિક અથવા બંધારણીય સમઘટકોના આંતર રૂપાંતરણને ઉત્પ્રેરિત કરે છે.

લિગેઝિસ : ઉત્સેચક કે જે બે રસાયણોને પરસ્પર જોડાણ માટે ઉત્પ્રેરિત કરે છે, જેમ કે C–O, C–S, C–N, P–O વગેરે બંધોનું નિર્માણ સાથે સંકળાયેલા ઉત્સેચકો.

9.12.6 સહકારકો (Co-Factors)

ઉત્સેચક એક કે અનેક પોલિપેપ્ટાઇડ શૃંખલાઓના જોડાવાથી બને છે. છતાં પણ કેટલીક સ્થિતિમાં બિનપ્રોટીન ઘટક જેને સહકારક કહે છે તે ઉત્સેચક સાથે જોડાઈને તેને સક્રિય બનાવે છે. આ ઉદાહરણમાં ઉત્સેચકના માત્ર પ્રોટીનવાળા ભાગને એપોએન્જાઇમ કહે છે. સહકારક ત્રણ પ્રકારના હોય છે. પ્રોસ્થેટિક જૂથ, સહઉત્સેચક તથા ધાતુ આયન.

પ્રોસ્થેટિક સમૂહ કાર્બનિક રસાયણો હોય છે અને તે અન્ય સહકારકોથી સ્વરૂપમાં જુદા હોય છે કે તે એપોએન્ઝાઇમ સાથે પ્રબળ બંધથી જોડાય છે. ઉદાહરણ સ્વરૂપે ઉત્સેચક પેરોક્સાઇડેઝ અને કેટાલેઝ જે હાઇડ્રોજન પેરોક્સાઈડને ઑક્સિજન અને પાણીમાં વિખંડન કરે છે. તેમાં હીમ પ્રોસ્થેટિક સમૂહ હોય છે જે ઉત્સેચકનો સક્રિયતા માટેનો એક ભાગ હોય છે.

સહ-ઉત્સેચક પણ કાર્બનિક રસાયણો હોય છે પરંતુ તેનું એપોએન્ઝાઇમ સાથેનું જોડાણ ક્ષણિક હોય છે જે સામાન્ય ઉત્પ્રેરણ દરમિયાન બને છે. સહ-ઉત્સેચક વિવિધ ઉત્સેચકીય ઉત્પ્રેરિત પ્રક્રિયાઓમાં સહકારક તરીકે કાર્ય કરે છે. અનેક સહ-ઉત્સેચકનું મુખ્ય રાસાયણિક ઘટક વિટામિન્સ હોય છે. ઉ. દા., સહઉત્સેચક નિકોટીનેમાઇડ એડેનાઇન ડાયન્યુક્લિઓટાઇડ (NAD) અને NADP વિટામિન નિએસીન ધરાવે છે.

ઘણા બધા ઉત્સેચકોની સક્રિયતા માટે ધાતુ-આયનની આવશ્યકતા રહેલી હોય છે. જે સક્રિય સ્થાન પર પાર્શ્વીય શૃંખલા સાથે સમન્વય બંધ (સહસંયોજક બંધ = Co-ordination bond) બનાવે છે. એ જ સમયે એક કે તેથી વધુ સમન્વય બંધ વડે પ્રક્રિયક સાથે જોડાયેલ હોય છે. ઉ. દા., પ્રોટિયોલાઇટીક ઉત્સેચક કાર્બોક્સિપેપ્ટિડેઝ સાથે ઝિંક એક સહકારક સ્વરૂપે જોડાયેલ હોય છે.

ઉત્સેચક પરથી જો સહકારકને અલગ કરવામાં આવે તો તેની ઉત્પ્રેરક ક્રિયાશીલતા સમાપ્ત થઈ જાય છે. તેનાથી સ્પષ્ટ થાય છે કે ઉત્સેચકની ઉત્પ્રેરક ક્રિયાશીલતા માટે સહકારક નિર્ણાયક ભૂમિકા ભજવે છે.

સારાંશ

સજીવોમાં આશ્ચર્યજનક વિભિન્નતા જોવા મળે છે. તેઓનાં રાસાયણિક સંગઠન અને ચયાપચય પ્રક્રિયાઓમાં અસાધારણ સમાનતા જોવા મળે છે. સજીવ પેશીમાં તથા નિર્જીવ દ્રવ્યોમાં જોવા મળતાં તત્ત્વોના સંગઠનનું જો ગુણાત્મક પરીક્ષણ કરવામાં આવે તો તે ઘણુ સમાન હોય છે. છતાં પણ સૂક્ષ્મ પરીક્ષણ પછી એ સ્પષ્ટ છે કે જો સજીવતંત્ર અને નિર્જીવ દ્રવ્યોની તુલના કરવામાં આવે તો સજીવતંત્રમાં કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનની સાપેક્ષ માત્રા વધારે હોય છે. સજીવોમાં સૌથી વધુ પ્રચુર

રસાયણ પાણી જોવા મળે છે. ઓછો અણુભાર (1000 ડાલ્ટનથી ઓછો) વાળા હજારો જૈવઅણુઓ હોય છે. સજીવોમાં એમિનો ઍસિડ, મોનોસેકેરાઇડ્સ, ડાયસેકેરાઇડ્સ શર્કરા, ફેટી ઍસિડ, ગ્લિસરોલ, ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ, ન્યુક્લિઓસાઇડ્સ અને નાઇટ્રોજન બેઇઝ્સ જેવા કાર્બનિક રસાયણો જોવા મળે છે. તેમાં 20 પ્રકારના એમિનો ઍસિડ્સ 5 પ્રકારના ન્યુક્લિઓટાઈડ્સ જોવા મળે છે. ચરબી અને તેલ ગ્લિસરાઇડ્સ હોય છે. જેમાં ફેટી ઍસિડ, ગ્લિસરોલથી એસ્ટરીકૃત થાય છે. ફૉફોલિપિડમાં ફૉસ્ફરીકૃત નાઇટ્રોજનયુક્ત સંયોજનો જોવા મળે છે.

સજીવતંત્રમાં માત્ર ત્રણ પ્રકારના મહાઅણુઓ જેવા કે પ્રોટીન, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ અને પોલિસેકેરાઇડ્સ જોવા મળે છે. લિપિડ પટલ સાથે જોડાયેલ હોવાના કારણે બૃહદ્ આણ્વિક ભાગમાં રહે છે. જૈવ મહાઅણુ પોલિમર હોય છે. જે જુદા જુદા ઘટકોથી બને છે. પ્રોટીન એ વિષમ પોલિમર છે જે એમિનો ઍસિડ્સના જોડાણથી બને છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ (DNA અને RNA) ન્યુક્લિઓટાઇડ્સના જોડાણથી બને છે. જૈવ મહાઅણુઓમાં સંરચનાના પદાનુક્રમ જેવા કે પ્રાથમિક, દ્વિતીયક, તૃતીયક અને ચતુર્થક સંરચનાઓ જોવા મળે છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ જનીનદ્રવ્ય તરીકે વર્તે છે. પોલિસેકેરાઇડ્સ એ વનસ્પતિ, ફૂગમાં કોષદીવાલનો બંધારણીય ઘટક અને સંધિપાદીઓનાં બાહ્યકંકાલનો ઘટક છે. તે ઊર્જાના સંચય સ્વરૂપે પણ હોય છે જેવા કે (સ્ટાર્ચ, ગ્લાયકોજન). પ્રોટીન વિભિન્ન કોષીય કાર્યોમાં સહાય કરે છે. જેમાં કેટલાક ઉત્સેચક, એન્ટિબોડી, ગ્રાહીઅણુ, અંતઃસ્રાવ અને બીજા કેટલાક બંધારણીય પ્રોટીન હોય છે. પ્રાણી સૃષ્ટિમાં સૌથી વધુ માત્રામાં જોવા મળતું પ્રોટીન કૉલેજન અને સમગ્ર જીવાવરણમાં સૌથી વધુ માત્રામાં જોવા મળતું પ્રોટીન રૂબિસ્કો (RuBisCo) છે.

ઉત્સેચક પ્રોટીન હોય છે જે કોષમાં જૈવ રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ માટે ઉત્પ્રેરક શક્તિ હોય છે. રિબોઝાઇમ ઉત્પ્રેરિત શક્તિ ધરાવતું ન્યુક્લિઇક ઍસિડ છે. પ્રોટીનમય ઉત્સેચકની મહત્તમ ક્રિયાશીલતા માટે ઈષ્ટતમ તાપમાન, p^H, વગેરેની આવશ્યકતા હોય છે. ઉત્સેચક ઊંચા તાપમાને વિનૈસર્ગીકૃત થાય છે. ઉત્સેચકો સક્રિય શક્તિ સ્તરને નીચો કરે છે અને પ્રક્રિયાના દરને વધારે છે. ન્યુક્લિઇક ઍસિડ આનુવંશિક માહિતીનું વાહક હોય છે, જે માહિતીને પિતૃ પેઢીમાંથી સંતતિમાં આગળ વધારે છે.

સ્વાધ્યાય

1. મહાઅણુઓ શું છે ? દૃષ્ટાંત આપો.
2. ગ્લાયકોસિડિક, પેપ્ટાઇડ તથા ફૉસ્ફોડાયએસ્ટર બંધોનું વર્ણન કરો.
3. પ્રોટીનની તૃતીય સંરચનાનું તાત્પર્ય શું છે ?
4. 10 એવા સૂક્ષ્મ જૈવ અણુઓને શોધો કે જે ઓછો અણુભાર ધરાવતા હોય. એવા ઉદ્યોગને શોધો કે જે આ રસાયણોનું નિર્માણ અલગીકરણ દ્વારા કરતા હોય, તેને ખરીદનાર કોણ છે ? તેની તપાસ કરો.
5. પ્રોટીનમાં પ્રાથમિક સંરચના હોય છે, જો તમારી જાણકારી માટે એવી પદ્ધતિ આપવામાં આવી હોય કે, જેમાં પ્રોટીનના બંને છેડા પર કયા એમિનો ઍસિડ છે તે જાણી શકાય તો શું તમે આ માહિતીને પ્રોટીનની શુદ્ધતા અથવા સમાંગતા સાથે જોડી શકો છો ?
6. રોગનિવારક એજન્ટ તરીકે પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લેવાતાં પ્રોટીનની માહિતી મેળવો અને તેની યાદી બનાવો તથા પ્રોટીનનું અન્ય પ્રયોજન જણાવો. (જેમ કે સૌંદર્ય-પ્રસાધન વગેરે.)

7. ટ્રાયગ્લિસરાઇડના બંધારણનું વર્ણન કરો.
8. શું તમે પ્રોટીનની સમજના આધારે વર્ણન કરી શકો છો કે દૂધનું દહીંમાં (કે યોગર્ટમાં) રૂપાંતરણ કેવી રીતે થાય છે ?
9. શું તમે વ્યાપારિક દૃષ્ટિથી ઉપલબ્ધ અણુમૉડલ(દડો અને લાકડી નમૂના)નો ઉપયોગ કરી જૈવ-અણુઓના મૉડલને બનાવી શકો છો ?
10. એમિનો ઍસિડને નિર્બળ બેઇઝથી અનુમાપન કરી એમિનો ઍસિડમાં (આયોનાઇઝેબલ) ક્રિયાશીલ સમૂહોની ઓળખ મેળવવાનો પ્રયત્ન કરો.
11. એલેનાઇન એમિનો ઍસિડની રચનાનું રેખાંકન દોરો.
12. ગુંદર શેનો બનેલો છે ? શું ફેવિકોલ તેનાથી અલગ છે ?
13. પ્રોટીન, ચરબી, તેલ અને એમિનો ઍસિડનું ગુણાત્મક પૃથક્કરણ / પરીક્ષણ બતાવો તથા કોઈ પણ ફળનો રસ, લાળ, પરસેવો તથા મૂત્રમાં તેઓનું પરીક્ષણ કરો.
14. તપાસ કરો કે જીવાવરણમાં બધી જ વનસ્પતિઓ દ્વારા કેટલા સેલ્યુલોઝનું નિર્માણ થાય છે ? તેની તુલના મનુષ્ય દ્વારા કુલ ઉત્પાદિત કાગળ સાથે કરો, મનુષ્ય પ્રતિવર્ષ વનસ્પતિ પદાર્થોનો વપરાશ કેટલો કરે છે ? તેમાં વનસ્પતિઓ કેટલા પ્રમાણમાં નાશ પામે છે ?
15. ઉત્સેચકોના મહત્ત્વપૂર્ણ ગુણધર્મોનું વર્ણન કરો.

પ્રકરણ 10

કોષચક્ર અને કોષવિભાજન (Cell cycle and Cell division)

10.1 કોષચક્ર

10.2 M-તબક્કો

10.3 સમભાજનનું મહત્ત્વ

10.4 અર્ધીકરણ

10.5 અર્ધીકરણનું મહત્ત્વ

શું તમે જાણો છો કે બધા સજીવો પછી સૌથી મોટા કેમ ન હોય, તેઓના જીવનની શરૂઆત એક જ કોષથી થાય છે ? તમને આશ્ચર્ય થશે કે એક કોષમાંથી આટલા મોટા સજીવનું નિર્માણ કેવી રીતે થાય છે. વૃદ્ધિ અને પ્રજનન બધા કોષોની લાક્ષણિકતા છે. તથા બધા જ સજીવોની જરૂરિયાત છે. બધા જ કોષો બે કોષોમાં વિભાજન પામીને પ્રજનન કરે છે, દરેક માતૃકોષ પ્રત્યેક વિભાજન દરમિયાન બે બાળકોષોનું નિર્માણ કરે છે. આ નવા નિર્માણ પામેલ બાળકોષો આપમેળે વૃદ્ધિ અને વિભાજન પામે છે. એક જ માતૃકોષ તથા તેની સંતતિની વૃદ્ધિ તથા વિભાજનથી નિર્માણ પામતા નવનિર્મિત કોષોની સંખ્યા વધે છે. બીજા અર્થમાં વૃદ્ધિ અને વિભાજનના આવા ચક્રો પૂર્ણ થયા બાદ એક જ કોષ લાખો કોષો ધરાવતી બંધારણીય સંરચના બનાવે છે.

10.1 કોષચક્ર (Cell Cycle)

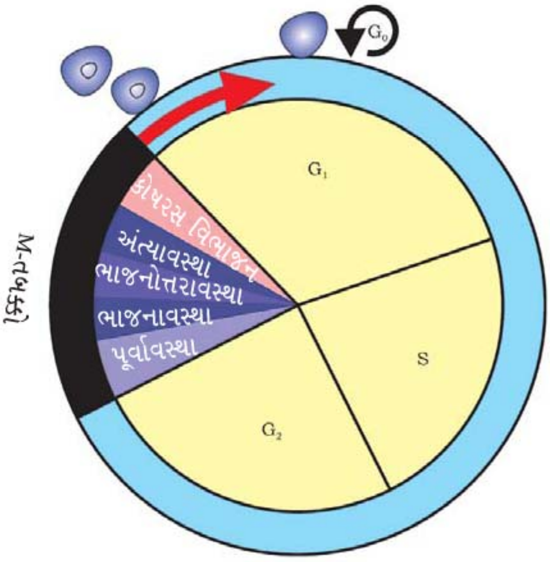
કોષવિભાજન બધા જ સજીવોમાં એક ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ પ્રક્રિયા છે. કોષવિભાજન દરમિયાન DNAનું સ્વયંજનન અને કોષવૃદ્ધિ થાય છે. આ બધી પ્રક્રિયાઓ જેમ કે કોષવિભાજન, DNA સ્વયંજનન અને કોષવૃદ્ધિ એક બીજા સાથે સંકલિત રીતે યોગ્ય કોષવિભાજન અને બાળકોષોનું માતૃકોષ જેવું જનીનસંકુલ ધરાવતા સંતતિ કોષોના નિર્માણને સૂચવે છે, કોષ તેના દ્વારા જનીનદ્રવ્યનું દ્વિગુણન, અન્ય ઘટકોનું સંશ્લેષણ અને ત્યાર પછી બે બાળકોષમાં તેનું વિભાજન પામવાના ઘટના ક્રમને **કોષચક્ર** કહે છે. છતાં પણ કોષવૃદ્ધિ (કોષરસના જથ્થામાં થતા વધારાના સંદર્ભે) એક સળંગ પ્રક્રિયા છે જેમાં DNAનું સંશ્લેષણ કોષચક્રના કોઈ એક વિશિષ્ટ તબક્કે થાય છે. કોષવિભાજન દરમિયાન દ્વિગુણિત રંગસૂત્રો (DNA) જટિલ ઘટનાક્રમ દ્વારા બાળ કોષકેન્દ્રોમાં વિતરણ પામે છે. આ બધી જ ઘટનાઓ જનીનિક નિયંત્રણ હેઠળ થાય છે.

10.1.1 કોષચક્રના તબક્કાઓ (Phases of Cell cycle)

લાક્ષણિક સુકોષકેન્દ્રી કોષચક્ર મનુષ્યના કોષને સંવર્ધન કરી સમજાવી શકાય. આ કોષો લગભગ પ્રત્યેક 24 કલાકમાં એક વાર વિભાજન પામે છે. (આકૃતિ 10.1). આ કોષચક્રનો સમયગાળો વિવિધ સજીવો અને વિવિધ પ્રકારના કોષોમાં જુદો જુદો હોય છે. દા. ત., યીસ્ટ કોષમાં એક કોષચક્ર માત્ર 90 મિનિટમાં પૂર્ણ થાય છે. કોષચક્રને બે મુખ્ય તબક્કાઓમાં વહેંચી શકાય.

1. **આંતરાવસ્થા (Interphase)**
2. **M - તબક્કો (Mitosis phase)**

વિભાજન તબક્કો (M અવસ્થા) એ અવસ્થાઓને રજૂ કરે છે કે જેમાં વાસ્તવમાં કોષવિભાજન કે સમસૂત્રીભાજન થાય છે અને આંતરાવસ્થા બે ક્રમિક M અવસ્થાઓની વચ્ચેની સ્થિતિને રજૂ કરે છે. ધ્યાનમાં રાખવા જેવી મહત્ત્વની વાત એ છે કે મનુષ્યમાં સરેરાશ કોષચક્રનો સમયગાળો 24 કલાકનો હોય છે. જેમાં કોષવિભાજન માત્ર લગભગ એક કલાકમાં પૂર્ણ થાય છે. જ્યારે કોષચક્રના કુલ સમયગાળાના 95 %થી વધારે સમય કોષ આંતરાવસ્થામાં જ પસાર કરે છે.



આકૃતિ 10.1 : કોષચક્રની આકૃતિ કે જે એક કોષમાંથી કોષના નિર્માણનું સૂચન કરે છે.

M-તબક્કાની શરૂઆત કોષકેન્દ્ર વિભાજન(**karyokinesis**)થી થાય છે, જે બાળ રંગસૂત્રનું નિર્માણ અને કોષરસ વિભાજન(**cytokinesis**)થી અંત પામે છે. આંતરાવસ્થાને વિશ્રામી અવસ્થા પણ કહે છે, આ સમય દરમિયાન કોષ એ ક્રમબદ્ધ રીતે કોષવૃદ્ધિ અને DNA સ્વયંજનન બંનેમાંથી પસાર થઈ વિભાજન માટે તૈયાર થાય છે. આંતરાવસ્થાને બીજા ત્રણ ઉપ તબક્કાઓમાં વહેંચી શકાય છે.

- **G_1 તબક્કો (Gap$_1$ Phase)**
- **S-તબક્કો (Synthesis Phase)**
- **G_2 તબક્કો (Gap$_2$ Phase)**

G_1 તબક્કો સમભાજન અને DNA સ્વયંજનનની શરૂઆત વચ્ચેના મધ્યસ્થી તબક્કાને અનુસરે છે. G_1 અવસ્થામાં કોષ ચયાપચયિક રીતે સક્રિય હોય છે, અને સતત વૃદ્ધિ કરે છે પરંતુ DNAનું સ્વયંજનન કરતો નથી. **S-તબક્કો અથવા સંશ્લેષણ તબક્કો** આ તબક્કા દરમિયાન DNAનું સંશ્લેષણ તેમજ તેનું સ્વયંજનન થાય છે તથા આ સમય દરમિયાન પ્રત્યેક કોષમાં DNAની માત્રા બમણી થઈ જાય છે. જો DNAની શરૂઆતની માત્રા 2C હોય તો તે વધીને 4C થઈ જાય છે. છતાં પણ રંગસૂત્રોની સંખ્યામાં કોઈ પણ વધારો થતો નથી જો G_1 અવસ્થામાં કોષ દ્વિકીય અથવા 2n રંગસૂત્રો ધરાવતો હોય તો પણ S અવસ્થાના અંતમાં પણ તેની સંખ્યા એટલી જ રહે છે, એટલે કે 2n.

પ્રાણી કોષમાં S અવસ્થા દરમિયાન કોષકેન્દ્રમાં DNAના સ્વયંજનનની શરૂઆત થવાની સાથે તારાકેન્દ્રના કોષરસમાં દ્વિગુણનની શરૂઆત થવા લાગે છે.

વનસ્પતિ અને પ્રાણી તેમના જીવનકાળમાં કેવી રીતે વૃદ્ધિ કરે છે ? શું વનસ્પતિમાં જીવનભર બધા જ કોષો વિભાજન પામે છે ? શું તમે વિચારી શકો છો કે કેટલાક કોષો વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓના જીવનમાં સતત વિભાજિત થતા રહેતા હોય છે ? શું તમે ઉચ્ચકક્ષાની વનસ્પતિમાં એવા કોષો ધરાવતી પેશીનું નામ અને સ્થાન બતાવી શકો છો કે જે જીવનભર વિભાજન પામ્યા કરે છે ? શું પ્રાણીઓમાં વનસ્પતિ જેવી વર્ધનશીલ પેશી આવેલી હોય છે ?

તમે ડુંગળીના મૂલાગ્રમાં જોવા મળતા કોષોમાં સમભાજનનો અભ્યાસ કરી ચૂક્યા હશો. તેના પ્રત્યેક કોષોમાં 16 રંગસૂત્રો આવેલા હોય છે. શું તમે કહી શકો છો કે G_1 અવસ્થા, S અને M અવસ્થા પછી કોષમાં કેટલા રંગસૂત્રો હશે ? જો કોષમાં M અવસ્થા પછી DNAની માત્રા 2C હોય તો G_1, S અને G_2 અવસ્થા પછી DNAની માત્રા કેટલી હશે ?

G_2 અવસ્થા દરમિયાન સમભાજનની તૈયારી સ્વરૂપે પ્રોટીનનું સંશ્લેષણ થાય છે અને કોષની વૃદ્ધિ સતત ચાલુ રહે છે.

પુખ્ત પ્રાણીઓમાં કેટલાક કોષો વિભાજન પામતા નથી (જેમ કે હૃદયના કોષો) અને બીજા અનેક કોષો ક્યારેક જ વિભાજન પામે છે એવું ત્યારે જ થાય છે જ્યારે ક્ષતિગ્રસ્થ કે મૃતકોષોના નુકસાનને કારણે બદલવાના હોય. આ કોષો કે જે ફરીથી વિભાજન પામતા નથી પરંતુ G_1 અવસ્થામાંથી નિકળીને નિષ્ક્રિય અવસ્થામાં પહોંચે છે. જેને કોષચક્રની **વિરામી અવસ્થા (G_0)** કહે છે. આ અવસ્થામાં કોષો ચયાપચયની દૃષ્ટિએ સક્રિય હોય છે પરંતુ વિભાજન પામતા નથી તેનું વિભાજન સજીવની આવશ્યકતા પ્રમાણે થાય છે.

પ્રાણીઓમાં સમવિભાજન માત્ર દ્વિકીય દૈહિકકોષોમાં જ થાય છે છતાં થોડાક અપવાદો સાથે એકકીય કોષો સમવિભાજનથી વિભાજન પામે છે, દા.ત, નર મધમાખી. તેનાથી વિપરીત વનસ્પતિમાં સમભાજન એકકીય અને દ્વિકીય બંને પ્રકારના કોષોમાં થાય છે. વનસ્પતિમાં સંતતિનું એકાંતરજનન(પ્રકરણ-3)ના ઉદાહરણને યાદ કરતા એવી વનસ્પતિ જાતિ અને અવસ્થાઓની ઓળખ કરો જેમાં એકકીય કોષોમાં સમભાજન જોવા મળે છે.

10.2 M - તબક્કો

આ કોષચક્રનો નાટકીય તબક્કો છે. જેમાં કોષના બધા ઘટકોનું મુખ્યત્વે પુનઃગઠન થાય છે. માતૃ અને બાળકોષોમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા સરખી રહે તો તેને સમવિભાજન કહે છે. સરળતા માટે સમભાજનને કોષકેન્દ્ર વિભાજનની ચાર અવસ્થાઓમાં વિભાજીત કરવામાં આવ્યું છે. અહીંયાં એ સમજી લેવું જરૂરી છે કે કોષવિભાજન એક સળંગ પ્રક્રિયા છે અને તેની જુદી જુદી અવસ્થાઓ સ્પષ્ટ રીતે અલગ કરવી મુશ્કેલ છે. સમભાજનને નીચેની ચાર અવસ્થામાં વિભાજીત કરવામાં આવેલ છે.

- **પૂર્વાવસ્થા**
- **ભાજનાવસ્થા (મધ્યાવસ્થા)**
- **ભાજનોત્તરાવસ્થા (પશ્ચાવસ્થા)**
- **ભાજનાન્તિમાવસ્થા (અંત્યાવસ્થા)**

10.2.1 પૂર્વાવસ્થા (Prophase)

પૂર્વાવસ્થા કે જે, આંતરાવસ્થાના S અને G_2 તબક્કાને અનુસરતી સમવિભાજનિક કોષકેન્દ્રવિભાજનની પ્રથમ અવસ્થા છે. S અને G_2 અવસ્થામાં બનતા નવા DNAના અણુઓ એકબીજાથી જુદા હોતા નથી પરંતુ એકબીજા સાથે વીંટળાયેલા હોય છે. રંગસૂત્રીય દ્રવ્યોનાં ઘનીકરણની શરૂઆત એ જ પૂર્વાવસ્થાની ઓળખ છે. રંગસૂત્રીય ઘનીકરણની પ્રક્રિયા દરમિયાન રંગસૂત્રીય દ્રવ્યો સ્પષ્ટ થવા લાગે છે. (આકૃતિ 10.2 (a)). તારાકેન્દ્ર કે જેનું દ્વિગુણન આંતરાવસ્થાના S-તબક્કામાં થયેલ હતું તે હવે કોષના વિરુદ્ધ ધ્રુવો તરફ ખસવાની શરૂઆત કરે છે. પૂર્વાવસ્થાના અંતમાં જે મહત્ત્વપૂર્ણ ઘટનાઓ થાય છે તેની વિશિષ્ટતાઓ નીચે મુજબ છે :

- રંગસૂત્ર દ્રવ્ય ઘનીકરણ પામીને રંગસૂત્ર બનાવે છે. રંગસૂત્રો બે એકલસૂત્રો અને તેમને સાંકળતા એક સેન્ટ્રોમિયરનું બનેલ હોય છે.
- તારાકેન્દ્ર કે જે આંતરાવસ્થામાં બેવડાયેલ હતું તે હવે કોષના વિરુદ્ધ ધ્રુવ તરફ ગતિ કરે છે. પ્રત્યેક તારાકેન્દ્ર ત્રિજ્યાવર્તિ સૂક્ષ્મ નલિકાઓ ઉત્પન્ન કરે છે જેને તારાકિરણો કહે છે. બે તારાકિરણો ધ્રુવિયત્રાક સાથે જોડાઈને સમભાજનિક પ્રસાધન રચે છે.

- પૂર્વાવસ્થાના અંતમાં જો કોષને માઇક્રોસ્કોપમાં જોવામાં આવે તો તેમાં ગોલ્ગી પ્રસાધન, અંતઃ કોષરસજાળ, કોષકેન્દ્રિકા તથા કોષકેન્દ્રપટલ જોવા મળતાં નથી.

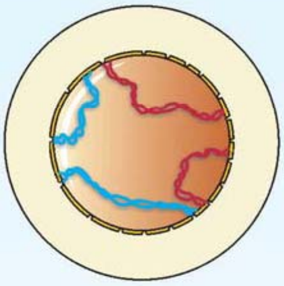
10.2.2 ભાજનાવસ્થા (Metaphase)

કોષકેન્દ્રપટલના સંપૂર્ણ વિઘટન થયા બાદ સમવિભાજનની બીજી અવસ્થાની શરૂઆત થાય છે. આ અવસ્થામાં રંગસૂત્રો કોષનાં કોષરસમાં ફેલાઈ જાય છે. આ અવસ્થા સુધી રંગસૂત્રોની ઘનીકરણ પ્રક્રિયા પૂર્ણ થઈ જાય છે અને માઇક્રોસ્કોપમાં તેનું સ્પષ્ટ નિરીક્ષણ કરી શકાય છે. આ એજ અવસ્થા છે કે જેમાં રંગસૂત્રોની બાહ્ય રચનાઓનો સરળતાથી અભ્યાસ કરી શકાય છે. આ તબક્કામાં રંગસૂત્રો બે એકલસૂત્રોના બનેલા હોય છે કે જે સેન્ટ્રોમિયરથી જોડાયેલ હોય છે. (આકૃતિ 10.2 (b)). સેન્ટ્રોમિયરની સપાટી પર કાઇનેટોકોર્સ નામની બિંબ જેવી રચના જોઈ શકાય છે. આ રચના સૂક્ષ્મનલિકાઓ દ્વારા બનેલ ત્રાકતંતુઓને જોડાવા માટેનું સ્થાન આ રચના (કાઇનેટોકોર્સ) છે. ત્રાકતંતુઓ રંગસૂત્રોના સેન્ટ્રોમિયર સાથે જોડાઈને રંગસૂત્રોને કોષના મધ્ય વિસ્તારમાં ગોઠવે છે. પ્રત્યેક રંગસૂત્રનું એક એકલસૂત્ર એક ધ્રુવ તરફ ત્રાકતંતુ દ્વારા પોતાના કાઇનેટોકોર્સ વડે જોડાઈ જાય છે. જ્યારે તેનું બીજું એકલસૂત્ર ત્રાકતંતુ વડે પોતાના કાઇનેટોકોર્સ સાથે વિરુદ્ધ ધ્રુવથી જોડાયેલ હોય છે. જે મધ્યાવસ્થાની ઓળખ છે. (આકૃતિ 10.2 (b)). મધ્યાવસ્થામાં જે તલ પર રંગસૂત્રો ગોઠવાય છે તેને **મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકા અથવા ભાજનતલ** કહે છે.

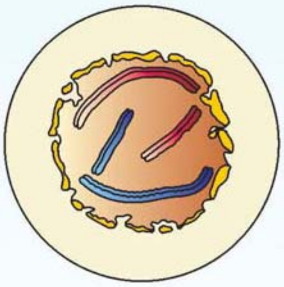
- **આ અવસ્થાની મુખ્ય વિશેષતા :**
- ત્રાકતંતુઓ રંગસૂત્રના કાઇનેટોકોર્સ વડે જોડાયેલ હોય છે.
- રંગસૂત્રો બંને ધ્રુવો પર રહેલા ત્રાકતંતુઓ દ્વારા મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકા (વિષુવવૃત્તીય તલ) તરફ આગળ વધીને મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકા પર ગોઠવાય છે.

10.2.3 ભાજનોત્તરાવસ્થા (Anaphase)

ભાજનોત્તરાવસ્થાની શરૂઆતમાં મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકા પર ગોઠવાયેલ દરેક રંગસૂત્રોના સેન્ટ્રોમિયર ક્રમશઃ વિભાજિત થતાં રંગસૂત્રિકાઓ સ્વરૂપે છૂટા પડે છે જે કોષવિભાજન બાદ નવા બાળકોષકેન્દ્રનું રંગસૂત્ર બનશે. આ છૂટી પડેલ રંગસૂત્રિકાઓ વિરુદ્ધ ધ્રુવ તરફ સ્થાનાંતરિત થવાની શરૂઆત કરે છે. જ્યારે પ્રત્યેક રંગસૂત્ર મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકાથી ઘણા દૂર જવા લાગે છે ત્યારે પ્રત્યેક રંગસૂત્રના સેન્ટ્રોમિયર પોતાના ધ્રુવોની બાજુ તરફ હોય છે અને તેથી રંગસૂત્રોને ધ્રુવો તરફ દોરે લઈ જાય છે અને સાથે-સાથે રંગસૂત્રોની ભુજાઓ પણ તેની પાછળ આવે છે. (આકૃતિ 10.2 (c)).



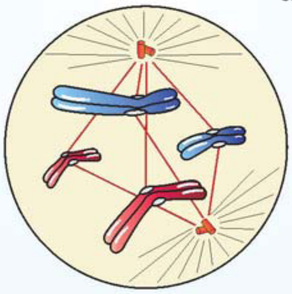
પ્રારંભિક પૂર્વાવસ્થા



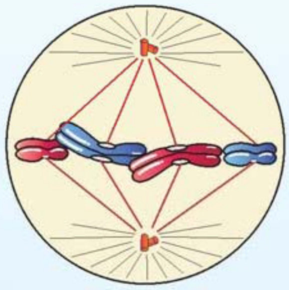
(a)

અંત્ય પૂર્વાવસ્થા

આકૃતિ 10.2 (a) : સમભાજનની પૂર્વાવસ્થા



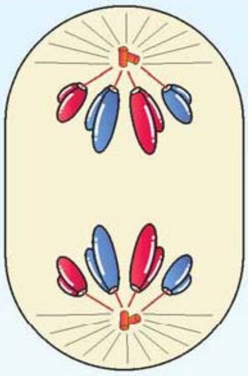
મધ્યાવસ્થા(ભાજનાવસ્થા)ની સંક્રાંતિ તરફ



(b)

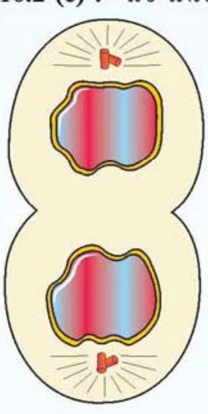
ભાજનાવસ્થા

આકૃતિ 10.2 (b) : સમભાજનની ભાજનાવસ્થા

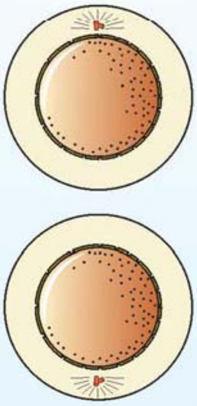


(c)
ભાજનોત્તરાવસ્થા

આકૃતિ 10.2 (c) : ભાજનોત્તરાવસ્થા



(d)
અંત્યાવસ્થા



(e)
આંતરાવસ્થા

આકૃતિ 10.2 (c) થી (e) : સમભાજનની અવસ્થાઓની ચિત્રાત્મક રજૂઆત

- **ભાજનોત્તરાવસ્થાની વિશિષ્ટતાઓ :**
- સેન્ટ્રોમિયરનું વિભાજન અને રંગસૂત્રિકાનું અલગીકરણ.
- રંગસૂત્રિકાઓનું વિરૂદ્ધ ધ્રુવ તરફ ખસવું.

10.2.4 અંત્યાવસ્થા (Telophase)

કોષકેન્દ્ર વિભાજનની અંતિમ અવસ્થાની શરૂઆતમાં એટલે કે અંત્યાવસ્થામાં રંગસૂત્રો કે જે અનુક્રમે પોતાના ધ્રુવો પર પહોંચી ગયા છે, તે વિસ્તરણ પામે છે અને પોતાની સ્વતંત્રતા ગુમાવી દે છે અને હવે તે સ્વતંત્ર રંગસૂત્ર સ્વરૂપે જોવા મળતા નથી તેના રંગસૂત્ર દ્રવ્ય બંને ધ્રુવ બાજુ એક સમૂહની જેમ એકત્રિત થઈ જાય છે. (આકૃતિ 10.2 (d)).

અંત્યાવસ્થાની મુખ્ય વિશિષ્ટતાઓ :

- રંગસૂત્ર વિરુદ્ધ ધ્રુવો તરફ એકત્રિત થઈ જાય છે અને તે તેઓની સ્વતંત્ર ઓળખાણ ગુમાવી દે છે.
- પ્રત્યેક ધ્રુવ પર રંગસૂત્ર સમૂહોની આજુબાજુ કોષકેન્દ્રપટલનું નિર્માણ થાય છે જે બે બાળ કોષકેન્દ્રો બનાવે છે.
- કોષકેન્દ્રિકા, ગોલ્ગી પ્રસાધન અને ERનું પુનઃ નિર્માણ થાય છે.

10.2.5 કોષરસ વિભાજન (Cytokinesis)

દ્વિગુણન પામેલ રંગસૂત્રોની બાળ કોષકેન્દ્રોમાં વહેંચણી (કેરિયોકાઇનેસીસ) માત્ર દ્વારા સમભાજન પ્રક્રિયા પૂર્ણ થતી નથી, પરંતુ કોષ પોતાની જાતે કોષરસ વિભાજનથી ઓળખાતી એક બીજી પ્રક્રિયા દ્વારા બે બાળ કોષોમાં વિભાજન પામે છે, ત્યારે જ કોષવિભાજન પૂર્ણ થાય છે (આકૃતિ 10.2 e).

- પ્રાણી કોષમાં વિભાજન કોષરસપટલમાં એક ઉપસંકોચન ખાંચ બને છે. જે પરિઘથી કેન્દ્ર તરફ સતત ઊંડી બનતી જાય છે અને બંને તરફની ખાંચો જ્યારે કેન્દ્રમાં એકબીજા સાથે જોડાઈ જાય છે ત્યારે કોષનો કોષરસ બે ભાગોમાં વહેંચાઈ જાય છે.
- વનસ્પતિ કોષો જે લગભગ સ્થિતિસ્થાપક કોષદીવાલથી ઘેરાયેલા હોય છે એટલે તેમાં કોષરસ વિભાજન બીજી ભિન્ન પ્રક્રિયાઓ દ્વારા પૂર્ણ થાય છે. વનસ્પતિ કોષોમાં કોષરસ વિભાજન કેન્દ્રસ્થ વિસ્તારથી શરૂ થઈને બહારની (પરિઘ) તરફ પૂર્વ સ્થિત પાર્શ્વ કોષદીવાલ સાથે જોડાઈ જાય છે. નવી કોષદીવાલનું નિર્માણ એક સાધારણ પૂર્વગામી રચનાથી પ્રારંભ થાય છે જેને **કોષપટ્ટી** કહે છે. જે બે અત્યંત નજદીક રહેલા કોષોની કોષદીવાલની વચ્ચેના મધ્યપટલને દર્શાવે છે. કોષરસ વિભાજન સમયે કોષીય અંગિકાઓ જેવી કે કણાભસૂત્ર અને રંજકકણનું બંને બાળકોષોમાં સમાન વિતરણ થઈ જાય છે. કેટલાક સજીવોમાં કોષકેન્દ્ર વિભાજન પછી કોષરસ વિભાજન થતું નથી. જેને પરિણામે એક જ કોષમાં અનેક કોષકેન્દ્રોનું સર્જન થાય છે. આવા બહુકોષકેન્દ્ર ધરાવતા કોષોને બહુકોષકેન્દ્રી કહે છે. (ઉદા., તરીકે નાળિયેરનો પ્રવાહી ભ્રૂણપોષ).

10.3 સમભાજનનું મહત્ત્વ (Significance of Mitosis)

સમભાજન અથવા સમસૂત્રણ માત્ર દ્વિકીય કોષો પૂરતું મર્યાદિત છે. છતાં પણ કેટલીક નિમ્ન કક્ષાની વનસ્પતિઓ અને કેટલાક વસાહતી કીટકોમાં એકકીય કોષો પણ સમભાજન દ્વારા વિભાજન પામે છે. સમભાજનનું સજીવ જીવનમાં મહત્ત્વ શું છે તેને સમજવું ખૂબ જ આવશ્યક છે. શું તમે એવા દષ્ટાંતથી પરિચિત છો જ્યાં તમે એકકીય અને દ્વિકીય કીટકો વિશે અભ્યાસ કર્યો હોય ?

સમભાજન દ્વારા નિર્માણ પામેલ દ્વિકીય બાળકોષોમાં સમાન આનુવંશિક દ્રવ્ય હોય છે.

બહુકોષી સજીવોની વૃદ્ધિ સમભાજન દ્વારા થાય છે.

કોષીય વૃદ્ધિના પરિણામ સ્વરૂપે કોષકેન્દ્ર અને કોષરસની વચ્ચેનું પ્રમાણ અસંતુલિત થઈ જાય છે. એટલા માટે એ જરૂરી થઈ જાય છે કે કોષ, વિભાજન પામીને કોષકેન્દ્ર-કોષરસ પ્રમાણને જાળવી રાખે.

સમવિભાજનનો સૌથી મહત્ત્વનો ફાળો કોષના સમારકામનો છે. અધિચ્છદનું સૌથી બહારનું પડ, અન્નમાર્ગનું અસ્તર રચતા કોષો અને રૂધિરકોષો સતત બદલાતા રહેવા જરૂરી છે.

અગ્રસ્થ અને પાર્શ્વસ્થ એધા જેવી વર્ધનશીલ પેશીઓમાં સમભાજન દ્વારા વનસ્પતિમાં જીવન પર્યંત વૃદ્ધિ થયા કરે છે.

10.4 અર્ધીકરણ (Meiosis)

લિંગી પ્રજનન દ્વારા સંતતિના નિર્માણમાં બે જન્યુઓનું સંયોજન થાય છે. દરેકમાં સંપૂર્ણતઃ એકકીય રંગસૂત્રોનું જૂથ હોય છે. વિશિષ્ટ દ્વિકીય કોષોમાંથી જન્યુઓનું નિર્માણ થાય છે. આ ખાસ પ્રકારના કોષ વિભાજનને પરિણામે રંગસૂત્રોની સંખ્યા બાળકોષોમાં અડધી થતા એકકીય બાળકોષનું નિર્માણ થાય છે. આવા પ્રકારના વિભાજનને **અર્ધીકરણ** કહે છે.

લિંગી પ્રજનન કરતાં સજીવોનાં જીવનચક્રમાં અર્ધીકરણ દ્વારા એકકીય અવસ્થા ઉત્પન્ન થાય છે જ્યારે ફલન દ્વારા દ્વિકીય અવસ્થા પુનઃપ્રાપ્ત થાય છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણીઓમાં જન્યુજનન દરમિયાન અર્ધીકરણ થાય છે. જેના ફળસ્વરૂપે એકકીય જન્યુ સર્જન થાય છે.

અર્ધીકરણની મુખ્ય વિશિષ્ટતાઓ :

અર્ધીકરણમાં કોષકેન્દ્ર તેમજ કોષવિભાજનના બે ક્રમિક ચક્રો સંકળાયેલા છે. જેમ કે **અર્ધીકરણ-I** અને **અર્ધીકરણ-II** પરંતુ DNAનું સ્વયંજનન એક જ વખત થાય છે.

- S તબક્કામાં માતૃ રંગસૂત્રના સ્વયંજનનથી ઉદ્‌ભવતી બે સમરૂપ લાક્ષણિક રંગસૂત્રિકાઓના નિર્માણ સાથે અર્ધીકરણ-Iની શરૂઆત થાય છે.
- અર્ધીકરણ દરમિયાન સમજાત રંગસૂત્રોની જોડીઓ બને છે અને સમજાત રંગસૂત્રોની અસમરૂપ રંગસૂત્રિકાઓની વચ્ચે પુનઃ સંયોજન થાય છે.
- અર્ધીકરણ-IIના અંતમાં ચાર એકકીય કોષોનું સર્જન થાય છે.
- અર્ધીકરણને નીચેની અવસ્થાઓમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવેલ છે :

અર્ધીકરણ - I	**અર્ધીકરણ - II**
પૂર્વાવસ્થા - I	પૂર્વાવસ્થા - II
ભાજનાવસ્થા - I	ભાજનાવસ્થા - II
ભાજનોત્તરાવસ્થા - I	ભાજનોત્તરાવસ્થા - II
ભાજનાન્તિમાવસ્થા - I	ભાજનાન્તિમાવસ્થા - II

10.4.1 અર્ધીકરણ - I (Meiosis I)

પૂર્વાવસ્થા - I (Prophase I) :

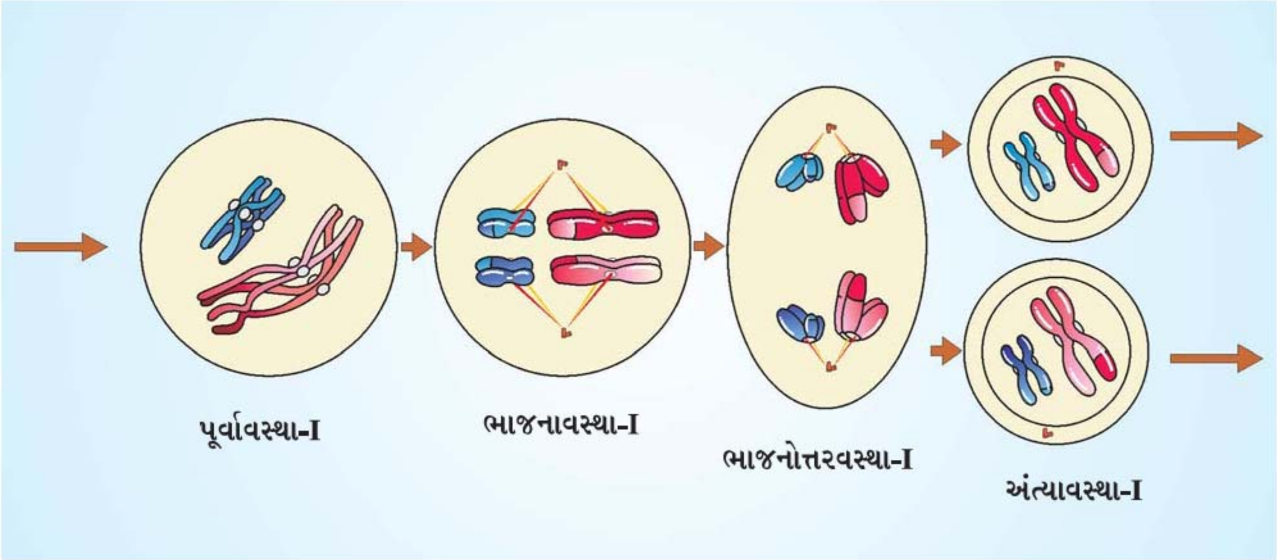
સમવિભાજનની પૂર્વાવસ્થાની સરખામણીએ અર્ધીકરણ - Iની પૂર્વાવસ્થા સ્પષ્ટ રીતે લાંબી અને વધુ જટિલ છે. રંગસૂત્રોની વર્તણૂંકના આધારે તેને ફરીથી પાંચ ઉપ અવસ્થાઓમાં વિભાજીત કરવામાં આવેલ છે જેમ કે, લેપ્ટોટીન, ઝાયગોટીન, પેકિટિન, ડિપ્લોટીન અને ડાયકાઇનેસિસ.

લેપ્ટોટીન અવસ્થા દરમિયાન રંગસૂત્રો ધીરે-ધીરે સ્પષ્ટ બનતા માઇક્રોસ્કોપ દ્વારા જોઈ શકાય છે. રંગસૂત્રોનું ઘનીકરણ સમગ્ર લેપ્ટોટીન અવસ્થા દરમિયાન ચાલુ જ રહે છે. આ દરમિયાન હવે પૂર્વાવસ્થા - Iની બીજી પેટા અવસ્થાની શરૂઆત થાય છે જેને આપણે **ઝાયગોટીન** કહીએ છીએ. આ અવસ્થા દરમિયાન રંગસૂત્રોની લંબાઈને અનુરૂપ જોડીઓ બનવા માંડે છે, જેને **સાયનેપ્સિસ** પણ કહે છે. આવા પ્રકારની રંગસૂત્રોની જોડીઓને સમજાત રંગસૂત્રો કહે છે. આ અવસ્થાનો ઇલેક્ટ્રૉનમાઇક્રોગ્રાફ એ બતાવે છે કે રંગસૂત્રીય સાયનેપ્સિસ એક જટિલ સંરચનાનું નિર્માણ કરે છે જેને સિનેપ્ટોનિમલ સંકુલ કહે છે. આ સંકુલનું નિર્માણ જોડમાં રહેલા સમજાત રંગસૂત્રો દ્વારા થાય છે. જેને **દ્વિસૂત્રી** કે ચતુઃસૂત્રી કહે છે. જો કે તે આગળની અવસ્થામાં વધુ સ્પષ્ટ જોઈ શકાય છે. પૂર્વાવસ્થા - Iની ઉપર વર્ણવેલ બંને અવસ્થાઓ **પેકિટિન** અવસ્થા કરતાં સરેરાશ ટૂંકા સમય સુધી ચાલે છે. આ અવસ્થા દરમિયાન દ્વિસૂત્રી રંગસૂત્રોની ચાર રંગસૂત્રિકાઓ જુદી પડે છે અને સ્પષ્ટપણે ચતુઃસૂત્રી દેખાય છે. પુનઃ સંયોજિત ઘંઠિકાઓનું દૃશ્યમાન થવું તે આ અવસ્થાની લાક્ષણિકતા છે. સમજાત રંગસૂત્રોના ભિન્ન બે એકલસૂત્રો વચ્ચે વ્યતિકરણ થાય છે. વ્યતિકરણ એટલે બે સમજાત રંગસૂત્રો વચ્ચે જનીન દ્રવ્યની અદલાબદલી. વ્યતિકરણ ઉત્સેચક દ્વારા નિયંત્રિત પ્રક્રિયા પણ છે અને ઉત્સેચક આ પ્રક્રિયામાં ભાગ લે છે તેને રિકોમ્બીનેઝ કહે છે. વ્યતિકરણ દ્વારા બે રંગસૂત્રોની પર જનીનોનું પુનઃ સંયોજન થાય છે. સમજાત રંગસૂત્રો વચ્ચે પુનઃ સંયોજન પેકિટિન અવસ્થાના અંત સુધીમાં પૂર્ણ થઈ જાય છે. જેના ફળસ્વરૂપે વ્યતિકરણના સ્થાને રંગસૂત્રો જોડાયેલા દેખાય છે.

ડિપ્લોટીનની શરૂઆતમાં સિનેપ્ટોનીમલ સંકુલનું વિઘટન થઈ જાય છે અને દ્વિસૂત્રી સમજાત રંગસૂત્ર એકમેકથી દૂર ખસવાની શરૂઆત થાય છે પરંતુ જે સ્થળે વ્યતિકરણ થયુ હોય તે-તે સ્થળે હજુ પણ જોડાણ જળવાઈ રહે છે. વ્યતિકરણ સ્થળે X આકારની રચનાને **સ્વસ્તિક ચોકડી** કહે છે. કેટલાક પૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓના અંડકોમાં ડિપ્લોટીન અવસ્થા મહિનાઓ કે વર્ષો સુધી ચાલે છે.

અર્ધીકરણ પૂર્વાવસ્થા - Iની અંતિમ અવસ્થા **ડાયકાઈનેસિસ** તરીકે ઓળખાય છે. જેમાં સ્વસ્તિક ચોકડીઓ દૂર થઈ જાય છે. આ અવસ્થામાં રંગસૂત્રનું ઘનીકરણ પૂર્ણ કક્ષાએ પહોંચે છે અને સમજાત રંગસૂત્રોને છૂટા પાડતા દ્વિધ્રુવીયત્રાકનું નિર્માણ થાય છે. ડાયકાઇનેસિસના અંતમાં કોષકેન્દ્રિકા લુપ્ત થાય છે અને કોષકેન્દ્રપટલનું પણ વિઘટન થાય છે. ડાયકાઇનેસિસ એ ભાજનાવસ્થા - Iની શરૂઆત કરે છે.

ભાજનાવસ્થા - I (Metaphase I) : દ્વિસૂત્રી રંગસૂત્રો કોષના વિષુવવૃત્તીય તલમાં જોડીઓ સ્વરૂપે ગોઠવાય છે. (આકૃતિ 10.3) વિરૂદ્ધ ધ્રુવોનાં ત્રાકતંતુની સૂક્ષ્મનલિકાઓ પ્રત્યેક સમજાત રંગસૂત્રોની જોડ સાથે સ્વતંત્ર પણે જોડાઈ જાય છે.



આકૃતિ 10.3 : અર્ધીકરણ - Iના વિવિધ તબક્કાઓ

ભાજનોત્તરાવસ્થા - I (Anaphase I) : ભાજનોત્તરાવસ્થા - I દરમિયાન સમજાત રંગસૂત્રો છૂટા પડે છે જ્યારે દોહિત્ર રંગસૂત્રિકાઓ તેના સેન્ટ્રોમિયરથી જોડાયેલ રહે છે. (આકૃતિ 10.3).

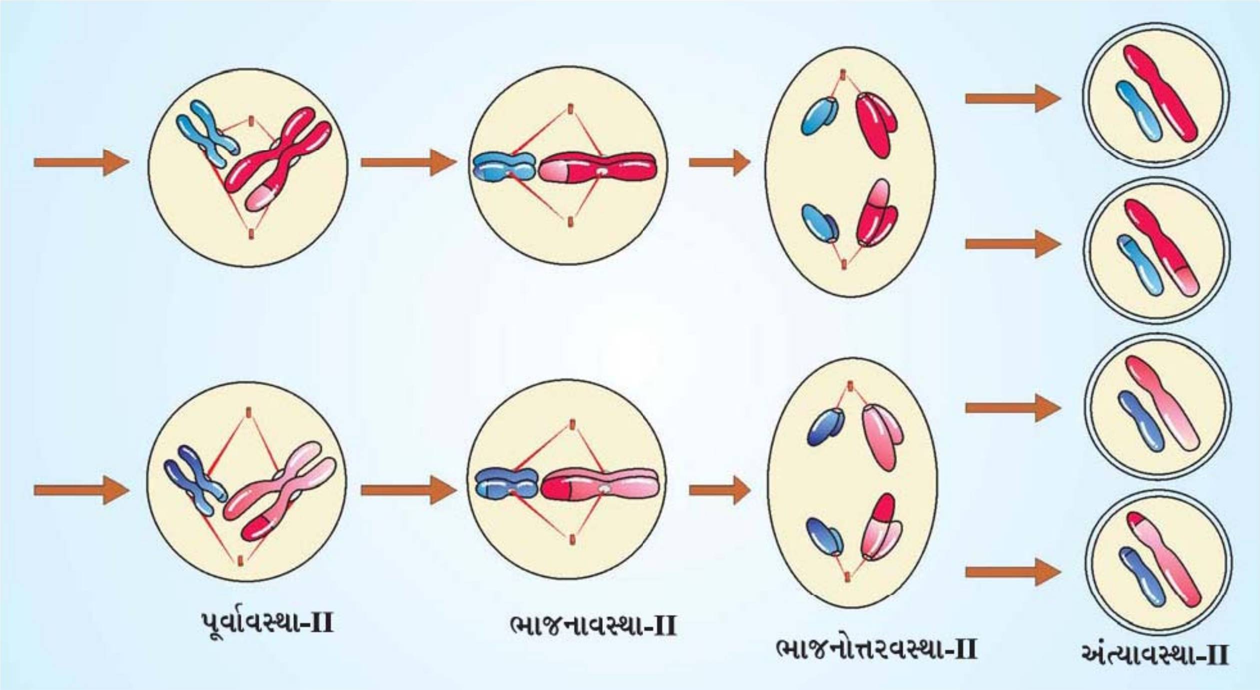
અંત્યાવસ્થા - I (Telophase I) : આ અવસ્થામાં કોષકેન્દ્રપટલ તેમજ કોષકેન્દ્રિકા પુનઃ નિર્માણ પામે છે. કોષરસવિભાજનની શરૂઆત થઈ જાય છે અને કોષની આ અવસ્થાને કોષદ્વિક (Dyad) કહે છે. (આકૃતિ 10.3). કેટલાક કિસ્સામાં રંગસૂત્રનો થોડો વિક્ષેપ પડે છે આથી તે આંતરાવસ્થાના કોષકેન્દ્રમાં સંપૂર્ણપણે ફેલાયેલા જોવા મળતા નથી. બે ક્રમિક અર્ધીકરણની અવસ્થા વચ્ચેના ગાળાને (તબક્કાને) ઈન્ટરકાઈનેસિસ કે આંતરકોષવિભાજન કહે છે અને તે સામાન્ય રીતે ખૂબ જ ટૂંકા ગાળાની હોય છે. આંતર કોષવિભાજન દરમિયાન DNA નું સ્વયંજનન થતું નથી. આંતર કોષ વિભાજન પૂર્વાવસ્થા - IIને અનુસરે છે જે પૂર્વાવસ્થા - I કરતાં ખૂબ જ સરળ તબક્કો છે.

10.4.2 અર્ધીકરણ - II (Meiosis II)

પૂર્વાવસ્થા - II (Prophase II) : કોષરસ વિભાજન પછી તરત જ અર્ધીકરણ - IIની શરૂઆત થાય છે, કે જે પહેલાં રંગસૂત્રો પૂર્ણ લંબાયેલા હોતા નથી. અર્ધીકરણ - Iથી વિપરિત અર્ધીકરણ - II સામાન્ય રીતે સમભાજન જેવું જ હોય છે. પૂર્વાવસ્થા- IIના અંત સુધીમાં કોષકેન્દ્રપટલ અદૃશ્ય થઈ જાય છે. (આકૃતિ 10.4) રંગસૂત્રો ફરીથી વધુ ઘટ્ટ બને છે.

ભાજનાવસ્થા - II (Metaphase II) : આ અવસ્થામાં રંગસૂત્રો વિષુવવૃત્તીય તલ પર ગોઠવાય છે અને વિરુદ્ધ ધ્રુવોના ત્રાકતંતુની સૂક્ષ્મનલિકાઓ રંગસૂત્રિકાઓના કાઈનેટોકોર્સ સાથે જોડાઈ જાય છે. (આકૃતિ 10.4).

ભાજનોત્તરાવસ્થા - II (Anaphase II) : દરેક રંગસૂત્રના સેન્ટ્રોમિયરનાં ક્રમશઃ વિભાજનથી ભાજનોત્તરાવસ્થા -IIની શરૂઆત થાય છે. રંગસૂત્રના છૂટા પડેલ બે એકલસૂત્રો કે જે સેન્ટ્રોમિયરયુક્ત હોય છે. તે કાઈનેટોકોર સાથે જોડાયેલ સૂક્ષ્મ નલિકાઓના ટૂંકા થવાથી પરસ્પર વિરુદ્ધ ધ્રુવો તરફ ખસે છે (આકૃતિ 10.4).



આકૃતિ 10.4 : અર્ધીકરણ - IIની વિવિધ અવસ્થાઓ

અંત્યાવસ્થા - II (Telophase II) : આ અવસ્થા અર્ધીકરણની અંતિમ અવસ્થા છે. જેમાં રંગસૂત્રના બે સમૂહ ફરીથી કોષકેન્દ્રપટલ દ્વારા વિંટળાય છે. કોષરસ વિભાજન પછી ચાર એકકીય બાળકોષોનું સર્જન થાય છે. (આકૃતિ 10.4).

10.5 અર્ધીકરણનું મહત્ત્વ (Significance of Meiosis)

રંગસૂત્રની સંખ્યા અડધી થઈ જતી હોવા છતાં, અર્ધીકરણ એ એવી વિશિષ્ટ પ્રક્રિયા છે કે જેમાં લિંગી પ્રજનન કરતાં સજીવોની દરેક જાતિમાં રંગસૂત્રોની નિશ્ચિત સંખ્યા જે તે જાતિ પ્રમાણે જળવાઈ રહે છે. અર્ધીકરણ દ્વારા સજીવોની વસતીમાં પેઢી દર પેઢી જનીનિક ભિન્નતામાં પણ વધારો થાય છે. ઉદ્‌વિકાસની પ્રક્રિયા માટે આવી ભિન્નતાઓ ખૂબ જ મહત્ત્વની છે.

સારાંશ

કોષવાદ મુજબ પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા કોષમાંથી નવા કોષોનું સર્જન થાય છે. આ પ્રક્રિયાને કોષવિભાજન કહે છે. લિંગી પ્રજનન કરતાં કોઈ પણ સજીવના જીવનની શરૂઆત એક કોષીય યુગ્મનજમાંથી થાય છે. કોષવિભાજન સજીવોનાં પુખ્ત થયા પછી પણ અટકતું નથી. પરંતુ તે જીવનભર

ચાલ્યા કરે છે. એ અવસ્થાઓ જેના અંતર્ગત કોષ એક વિભાજનથી બીજા વિભાજન તરફ પસાર થાય છે તેને કોષચક્ર કહે છે. કોષચક્રમાં બે અવસ્થાઓ હોય છે. (1) આંતરાવસ્થા - કોષવિભાજનની તૈયારી માટેની અવસ્થા તથા (2) રંગસૂત્રીય વિભાજન : કોષીયવિભાજનનો વાસ્તવિક સમયગાળો.

આંતરાવસ્થા પછીથી G_1, S અને G_2 જેવી પેટા અવસ્થાઓમાં વિભાજિત થાય છે. G_1 અવસ્થામાં કોષ સામાન્ય ચયાપચયી ક્રિયાઓને પૂર્ણ કરીને વૃદ્ધિ કરે છે. આ અવસ્થામાં મુખ્યત્વે અંગિકાઓનું દ્વિગુણન થાય છે. S અવસ્થામાં DNAનું સ્વયંજનન અને રંગસૂત્રોનું દ્વિગુણન થાય છે. G_2 અવસ્થામાં કોષરસીય વૃદ્ધિ થાય છે. સમભાજનને ચાર અવસ્થાઓમાં વિભાજિત કરવામાં આવેલ છે. જેમ કે પૂર્વાવસ્થા, ભાજનાવસ્થા, ભાજનોત્તરાવસ્થા અને અંત્યાવસ્થા. પૂર્વાવસ્થામાં રંગસૂત્રોનું સંકોચન થવા લાગે છે. સાથે-સાથે તારાકેન્દ્ર વિરુદ્ધ ધ્રુવો તરફ ગતિ કરે છે. કોષકેન્દ્રિકા તેમજ કોષકેન્દ્રપટલ અદૃશ્ય થાય છે. ત્રાકતંતુઓનું નિર્માણ શરૂ થઈ જાય છે. ભાજનાવસ્થામાં રંગસૂત્ર મધ્યપટ્ટિકા પર ગોઠવાઈ જાય છે. ભાજનોત્તરાવસ્થા દરમિયાન સેન્ટ્રોમિયર વિભાજિત થઈ જાય છે અને એકલ સૂત્રો વિરૂદ્ધ ધ્રુવો તરફ સેન્ટ્રોમિયર સહિત ખસવાનું શરૂ કરે છે. એક વાર એકલસૂત્રોના વિરૂદ્ધ ધ્રુવો તરફ પહોંચ્યા પછી રંગસૂત્રોની લંબાઈમાં વધારો થવાનું શરૂ થાય છે. જે અવસ્થામાં કોષકેન્દ્રિકા તેમજ કોષકેન્દ્રપટલનું પુનઃ નિર્માણ થાય છે. તેને અંત્યાવસ્થા કહેવાય છે. કોષકેન્દ્ર વિભાજન પૂર્ણ થયા બાદ કોષરસ વિભાજનની શરૂઆત થાય છે. તેને કોષરસ વિભાજન કહે છે. સમભાજન દ્વારા બાળ કોષોમાં પિતૃકોષો જેટલી જ રંગસૂત્રોની સંખ્યા સરખી રહે છે.

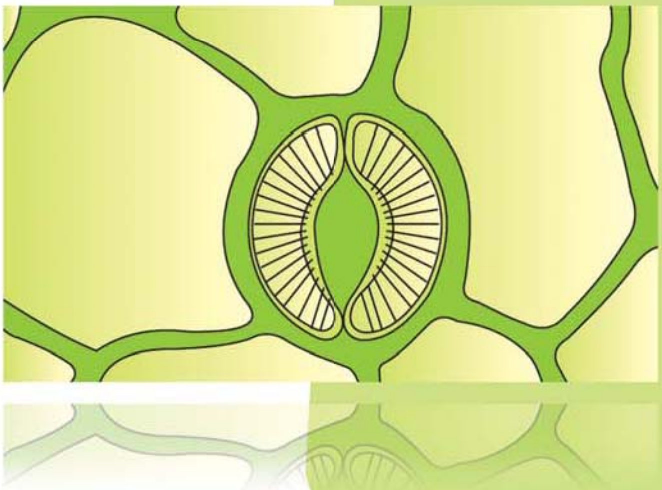
સમભાજનથી વિપરીત, અર્ધીકરણ એવા દ્વિકીયકોષોમાં થાય છે, કે જે જન્યુના નિર્માણ સાથે સંકળાયેલા હોય છે. આ વિભાજનને અર્ધસૂત્રણ પણ કહે છે, કારણ કે આ વિભાજન દ્વારા નિર્માણ પામતા જન્યુમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા અડધી થઈ જાય છે. લિંગી પ્રજનનમાં જન્યુઓના જોડાણ દ્વારા રંગસૂત્રોની સંખ્યા માતૃ જેટલી જ જળવાય છે. અર્ધીકરણને બે અવસ્થાઓમાં વિભાજિત કરવામાં આવેલ છે, અર્ધીકરણ - I અને અર્ધીકરણ - II પ્રથમ અર્ધીકરણમાં સમજાત રંગસૂત્રો જોડી બનાવી દ્વિયુગ્મી બને છે અને વ્યતિકરણમાંથી પસાર થાય છે. અર્ધીકરણ - Iની પૂર્વાવસ્થા લાંબી હોય છે. તે પાંચ પેટા અવસ્થાઓમાં વિભાજિત કરવામાં આવેલ છે. જેમ કે, લેપ્ટોટીન, ઝાયગોટીન, પેકિટિન, ડિપ્લોટીન અને ડાયકાઇનેસિસ. ભાજનાવસ્થા - I દરમિયાન રંગસૂત્રોના જોડકા મધ્યાવસ્થા પટ્ટિકા પર ગોઠવાઈ જાય છે. ત્યારબાદ ભાજનોત્તરાવસ્થા - Iમાં સમજાત રંગસૂત્રો પોતાના બંને એકલસૂત્રો સાથે વિરુદ્ધ ધ્રુવ તરફ ગતિ કરે છે. પ્રત્યેક ધ્રુવ માતૃકોષની સરખામણીમાં અડધા રંગસૂત્રો મેળવે છે. અંત્યાવસ્થા - I દરમિયાન કોષકેન્દ્રિકા તેમજ કોષકેન્દ્રપટલ પુનઃ દૃશ્યમાન થાય છે. અર્ધીકરણ - II એ સમભાજન જેવું જ હોય છે. ભાજનોત્તરાવસ્થા - II દરમિયાન એકલસૂત્રો પરસ્પર અલગ થઈ જાય છે. આ પ્રકારે અર્ધીકરણને અંતે ચાર એકકીય કોષોનું સર્જન થાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. સસ્તનના કોષનો સરેરાશ કોષચક્ર સમયગાળો કેટલો હોય છે ?
2. કોષરસ વિભાજન અને કોષકેન્દ્ર વિભાજનમાં શું ભેદ હોય છે ?
3. આંતરાવસ્થામાં થતી ઘટનાઓનું વર્ણન કરો.

4 કોષચક્રની G_0 (શાંત અવસ્થા) શું છે ?

5. સમભાજનને સમસૂત્રીભાજન શા માટે કહે છે ?
6. કોષચક્રની અવસ્થાઓના નામ જણાવો કે જેમાં નીચેની ઘટનાઓ થાય છે :
   (i) રંગસૂત્રો ત્રાક મધ્યરેખા તરફ ગતિ કરે છે.
   (ii) સેન્ટ્રોમિયરનું વિભાજન અને રંગસૂત્રિકાનું છૂટા પડવું.
   (iii) સમજાત રંગસૂત્રોની એકબીજા સાથે જોડી રચાવી.
   (iv) સમજાત રંગસૂત્રોની વચ્ચે વ્યતિકરણ થવું.
7. નીચે આપેલાનું વર્ણન કરો :
   (a) સાયનેપ્સિસ (b) દ્વિયુગ્મી (c) સ્વસ્તિક ચોકડીઓ
   તમારો જવાબ સમજાવવા માટે આકૃતિ દોરો.
8. વનસ્પતિ કોષમાં થતું કોષરસ વિભાજન પ્રાણી કોષમાં થતા કોષરસ વિભાજનથી કઈ રીતે અલગ પડે છે ?
9. અર્ધીકરણના અંતે નિર્માણ પામતા ચાર બાળકોષો શેમાં સમાન કદનાં અને શેમાં અસમાન (ભિન્ન) કદનાં હોય છે ? ઉદાહરણ શોધો.
10. સમભાજનની ભાજનાવસ્થા અને અર્ધીકરણની ભાજનાવસ્થા - Iમાં ભેદ જણાવો.
11. સમભાજન અને અર્ધીકરણમાં જોવા મળતાં મુખ્ય ભેદની સૂચી બનાવો.
12. અર્ધીકરણનું મહત્ત્વ શું છે ?
13. તમારા શિક્ષક સાથે નીચેના મુદ્દાની ચર્ચા કરો :
   (i) એકકીય કીટકો અને નિમ્ન વનસ્પતિમાં જ્યાં કોષવિભાજન થાય છે અને
   (ii) ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિનાં કેટલાક એકકીય કોષો કે જેમાં કોષવિભાજન થતું નથી.
14. શું S અવસ્થામાં DNAના સ્વયંજનન વગર સમભાજન થઈ શકે છે ?
15. શું કોષવિભાજન વગર DNAનું સ્વયંજનન થઈ શકે છે ?
16. કોષવિભાજનની પ્રત્યેક અવસ્થાઓ દરમિયાન થતી ઘટનાઓનું વિશ્લેષણ કરો અને ધ્યાન રાખો કે નીચે આપેલા બે પરિમાણો કેવી રીતે બદલાય છે :
   (i) પ્રત્યેક કોષમાં રંગસૂત્ર સંખ્યા (N)
   (ii) પ્રત્યેક કોષમાં DNAની માત્રા (C)



એકમ 4
વનસ્પતિ દેહધર્મવિદ્યા (Plant Physiology)

પ્રકરણ 11
વનસ્પતિઓમાં વહન

પ્રકરણ 12
ખનીજ પોષણ

પ્રકરણ 13
ઉચ્ચકક્ષાની વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ

પ્રકરણ 14
વનસ્પતિઓમાં શ્વસન

પ્રકરણ 15
વનસ્પતિ વૃદ્ધિ અને વિકાસ

જીવવિજ્ઞાનના પરિપ્રેક્ષ્યોને સ્પષ્ટ, અસમાધાનીય રીતે બે અંત્યો તરીકે ઘણા સમયગાળાથી સજીવોની સંરચના અને ભિન્નતા અનુસાર વર્ણવેલા છે. સજીવ સ્વરૂપો અને ઘટનાઓના આયોજનીય બે સ્તરો સિવાય બે આવશ્યક પરિપ્રેક્ષ્યો છે. એક જીવંત તરીકે વર્ણવાય અને આયોજન સ્તર પ્રમાણે વર્ણવાય, જ્યારે બીજાને કોષીય અને આણ્વીય સ્તરના આયોજન પ્રમાણે વર્ણવાય છે. પ્રથમ, પરિસ્થિતિકીય અને સંબંધિત નિયમોને અનુસરે છે. બીજા, દેહધાર્મિક અને જૈવ રાસાયણિકમાં પરિણમે છે. સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં દેહધાર્મિક ક્રિયાઓનું વર્ણન એક ઉદાહરણ તરીકે આ એકમના પ્રકરણોમાં આપેલું છે. વનસ્પતિઓની ખનીજ પોષણની પ્રક્રિયાઓ, પ્રકાશસંશ્લેષણ, વહન, શ્વસન અને છેવટે વનસ્પતિ વૃદ્ધિ અને વિકાસનું વર્ણન આણ્વીય સ્તરે વર્ણવેલ છે તથા પરંતુ કોષીય સંદર્ભે થતી પ્રવૃત્તિઓ અને સજીવ સ્તરે પણ વર્ણવેલ છે. પર્યાવરણ સંબંધિત હોય તેવી આનુષાંગિક દેહધાર્મિક પ્રક્રિયાઓ પણ વર્ણવેલ છે.

મૅલ્વિન કૅલ્વિન
(Melvin Calvin)
(1911-1997)

મેલ્વિન કૅલ્વિનનો જન્મ એપ્રિલ 1911માં મિનેસોટા (યુ.એસ.એ.)માં થયો હતો અને તેમણે મિનસોટા વિશ્વવિદ્યાલયમાંથી રસાયણશાસ્ત્રમાં Ph.Dની પદવી પ્રાપ્ત કરી. તેમણે બાર્કલેમાં આવેલી કૅલિફોર્નિયા યુનિવર્સિટીના રસાયણશાસ્ત્રના વિભાગમાં પ્રોફેસરના પદ પર સેવાઓ આપી હતી.

દ્વિતીય વિશ્વયુદ્ધ પછી, જ્યારે સમગ્ર વિશ્વ હિરોશિમા-નાગાસાકીના વિસ્ફોટની ઘટના રેડિયો ઍક્ટિવના વિકિરણોના દુષ્પ્રભાવને જોઈને દુ:ખથી સ્તબ્ધ હતું, ત્યારે મૅલ્વિન અને તેમના સાથીદારોએ રેડિયો ઍક્ટિવિટીના લાભદાયક ઉપયોગોને રજૂ કર્યા. તેઓએ જે. એ. બાસામની સાથે મળીને લખેલ પ્રવિધિથી નિર્મિત C^{14}ની મદદથી બનાવેલ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, પાણી અને ખનીજ તત્ત્વો જેવાં કાચા પદાર્થો (Raw material)ની મદદથી લીલી વનસ્પતિમાં શર્કરા બનાવવાની પ્રક્રિયાનો અભ્યાસ કર્યો. મેલ્વિને સાબિત કર્યું કે વનસ્પતિઓ પ્રકાશ-ઊર્જાને રાસાયણિક ઊર્જામાં પરિવર્તિત કરે છે. જેના માટે એક રંજકદ્રવ્ય અણુઓના સંગઠિત સમૂહ અને અન્ય તત્ત્વોમાં એક ઈલેક્ટ્રૉનનું સ્થળાંતરણ કરે છે. પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કાર્બનના સ્વાંગીકરણના પરિપથનું પ્રતિચિત્રણ કરવા માટે તેઓને 1961માં નોબલ પુરસ્કાર પ્રાપ્ત થયો.

મેલ્વિન દ્વારા પ્રસ્થાપિત કરેલ પ્રકાશસંશ્લેષણનો સિદ્ધાંત, આજે પણ પુનઃ પ્રાપ્ય ઊર્જાના સ્ત્રોત, પદાર્થો અને સૌર-ઊર્જા અંગેના પાયાના અભ્યાસ માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

પ્રકરણ 11

વનસ્પતિઓમાં વહન (Transport in Plants)

11.1 વહનનો અર્થ

11.2 વનસ્પતિઓના જલસંબંધો

11.3 લાંબા અંતર સુધી પાણીનું વહન

11.4 બાષ્પોત્સર્જન (ઉત્સ્વેદન)

11.5 ખનીજ પોષકદ્રવ્યોનું ઉર્ધ્વગ્રહણ તેમજ વહન

11.6 અન્નવાહકમાં વહન : ઉદ્ભવથી જરૂરિયાત સમૂહ સુધીનો પ્રવાહ

શું તમને કદી આશ્ચર્ય થતું નથી કે વૃક્ષોના ટોચના ભાગ સુધી પાણી કેવી રીતે પહોંચી શકે છે ? અથવા તો આ વાત માટેના પદાર્થ એક કોષથી બીજા કોષની તરફ કેવી રીતે અને શા માટે આગળ વધે છે અને આ પદાર્થ સમાન રીતે જ એક દિશામાં વહે છે ? શું આ તત્ત્વોને આગળ વધારવા માટે ચયાપચયની ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે ? વનસ્પતિઓને, પ્રાણીઓની સાપેક્ષે વધારે દૂર સુધી અણુઓને લઈ જવાની જરૂરિયાત હોય છે. જો કે તેઓમાં કોઈ પણ પ્રકારનું પરિવહન તંત્ર હોતું નથી. મૂળ દ્વારા મેળવાયેલ પાણી વનસ્પતિઓના બધા ભાગો સુધી પહોંચે છે; જે વૃદ્ધિ પામતા પ્રકાંડના અગ્ર ભાગ સુધી વહન પામે છે. પર્ણો દ્વારા થતા પ્રકાશસંશ્લેષણના પરિણામરૂપે ઉત્પન્ન થયેલ ઉત્પાદન કે નીપજો પણ વનસ્પતિઓના બધા અંગો સુધી પહોંચે છે અને ભૂમિની કે જમીનની ઊંડાઈમાં મૂલાગ્ર સુધી પણ પહોંચે છે. આ વહનશીલતા ટૂંકા અંતર સુધી, કોષની અંદર કે પટલીય સંરચનાની આરપાર અને પેશીને અંતર્ગત એક કોષથી બીજા કોષ સુધી જોવા મળે છે. વૃક્ષો અને છોડમાં થતું આ પરિવહનની રીતને સમજવા માટે, આપણે સૌથી પહેલા કોષની આધારભૂત રચના અને વનસ્પતિઓની શરીર રચના વિજ્ઞાનના વિષયમાં મૂળભૂત જાણકારીને ફરી યાદ કરીએ અને તેની સાથે આપણે પ્રસરણ, પદાર્થોની રાસાયણિક સ્થિતિ તેમજ આયનોના વિશે જાણકારી પણ મેળવવી પડશે.

જ્યારે આપણે પદાર્થોના વહનની વાત કરીએ છીએ તો સૌથી પહેલાં આપણે તેની વ્યાખ્યા કરવી જરૂરી છે કે આપણે કયા પ્રકારની ગતિ કે વહનની અને કયા પદાર્થોની ચર્ચા કરી રહ્યાં છીએ ? સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં જે પદાર્થોનું વહન થાય છે, તેઓમાં પાણી, ખનીજ પોષકતત્ત્વો, કાર્બનિક પોષક પદાર્થો તેમજ વનસ્પતિઓના વૃદ્ધિ નિયામકો (વનસ્પતિ અંતઃસ્રાવો = ફાયટોહોર્મોન) મુખ્ય હોય છે. ટૂંકા અંતર સુધી પદાર્થોનું વહન પ્રસરણ, તેમજ કોષરસ પ્રવાહના સક્રિય વહનની મદદથી થઈ શકે છે. લાંબા અંતરના વહન માટે સંવહનીય તંત્ર (જલવાહક અને અન્નવાહક) દ્વારા થાય છે અને આને **સ્થળાંતર (Translocation)** કહે છે.

એક અગત્યની બાબત પર ધ્યાન રાખવું આવશ્યક છે; જે વહનની દિશા છે. મૂળ ધરાવતી વનસ્પતિઓમાં જલવાહક પેશી દ્વારા વહન (પાણી અને ખનીજ પોષકતત્ત્વોનું) હંમેશાં મૂળથી પ્રકાંડ એમ એક દિશામાં થાય છે, જે મૂળથી પ્રકાંડ તરફ હોય છે. પરંતુ કાર્બનિક ઘટકો તથા ખનીજ-

તત્ત્વોનું વહન બહુદિશીય હોય છે. પ્રકાશસંશ્લેષિત પર્ણો દ્વારા સંશ્લેષિત કાર્બનિક સંયોજનોને વનસ્પતિના બધા અંગો, જેમાં તેઓનો સંગ્રહ થાય છે, તેમજ અન્ય અંગો સુધી પહોંચાડવામાં આવે છે. ત્યારબાદ અંગોમાં સંગ્રહ પામેલા દ્રવ્યોનું પુનઃવહન કરવામાં આવે છે. મૂળ દ્વારા વનસ્પતિઓ ખનીજ પોષકતત્ત્વોને મેળવે જે, આ દ્રવ્યોને પ્રકાંડમાંથી પર્ણો તરફ તેમજ વૃદ્ધિ પામતાં વિસ્તારો સુધી મોકલવામાં આવે છે. જ્યારે વનસ્પતિનો કોઈ ભાગ જીર્ણ અવસ્થા કે વૃદ્ધાવસ્થા કે વાર્ધક્ય પ્રાપ્ત કરે છે ત્યારે તે વિસ્તારના પોષક દ્રવ્યોને પાછા મેળવીને વૃદ્ધિ પામતા વિસ્તારોની તરફ તેઓને મોકલવામાં આવે છે. અંતઃસ્રાવો કે વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકો અને અન્ય રાસાયણિક ઉત્તેજક પદાર્થનું પણ વહન કરાય છે. જો કે તેઓની માત્રા ખૂબ જ ઓછી હોય છે. ઘણીવાર તેઓ ધ્રુવીય કે એક દિશીય વહન પામે છે અને સંશ્લેષિત સ્થાનથી બીજા ભાગો તરફ વહન થાય છે. આમ એક સપુષ્પીય વનસ્પતિઓમાંના સંયોજનોનું આવાગમન ખૂબ જ જટિલ (પરંતુ મોટે ભાગે ખૂબ જ ક્રમિક) અને વિવિધ દિશાઓમાં થાય છે. પ્રત્યેક અંગ કેટલાક પદાર્થો મેળવે છે અને કેટલાક પદાર્થોને દૂર કરે છે.

11.1 વહનના પ્રકારો (Means of Transport)

11.1.1 પ્રસરણ (Diffusion)

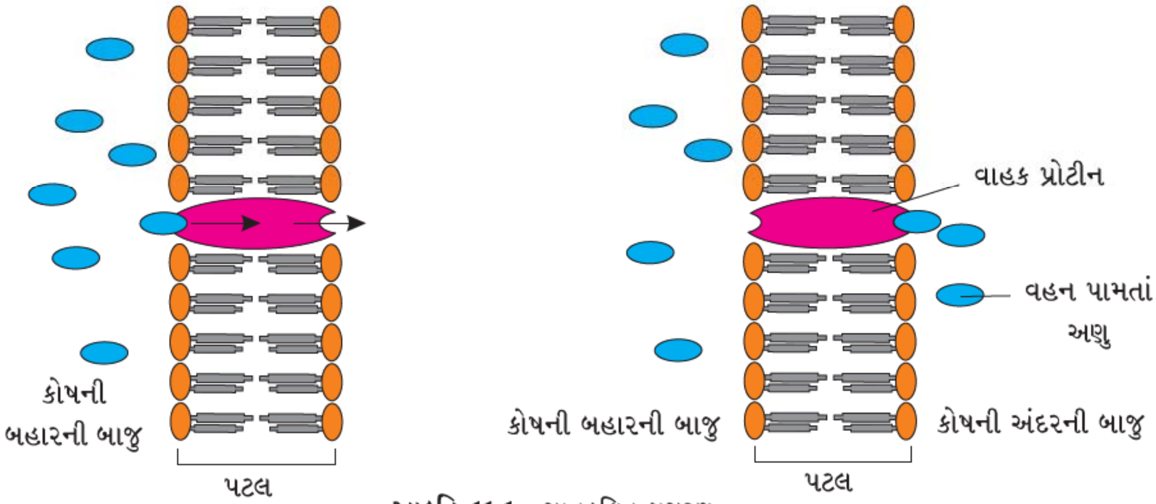
પ્રસરણ દ્વારા વહન નિષ્ક્રીય રીતે થાય છે અને તે કોષના એક ભાગમાંથી બીજા ભાગ સુધી કે બીજા કોષ સુધી કે અન્ય કોષ સુધી વહન થાય છે જેને ટૂંકાં અંતરનું કે નિષ્ક્રીય વહન કહી શકાય છે. જે પર્ણોના આંતરકોષીય સ્થાનથી બાહ્ય પર્યાવરણ સુધી કોઈ પણ દિશામાં થઈ શકે છે. આમાં ઊર્જાનો વ્યય થતો નથી. પ્રસરણમાં અણુ અનિયમિત રીતથી વહન પામે છે. પરિણામ સ્વરૂપે પદાર્થ વધારે સાંદ્રતા તરફથી ઓછી સાંદ્રતાવાળા વિસ્તારમાં વહન પામે છે. પ્રસરણ એક ધીમી ક્રિયા છે અને તે જીવિતતંત્ર પર આધારિત નથી. પ્રસરણ વાયુ અને પ્રવાહી પદાર્થમાં સ્પષ્ટ રીતે વર્ણવી શકાય છે, જ્યારે ઘન પદાર્થનાં અણુઓનું પ્રસરણ થોડાક અંશે સંભવિત છે. વનસ્પતિઓ માટે પ્રસરણ અત્યંત મહત્ત્વપૂર્ણ છે કારણ કે વનસ્પતિ દેહમાં વાયુનું વહન માત્ર પ્રસરણ દ્વારા જ થાય છે.

પ્રસરણનો દર સંકેન્દ્રણ ઢાળ, તેઓને ભિન્ન કરનારા પટલની પ્રવેશશીલતા, તાપમાન અને દબાણથી પ્રભાવિત થાય છે.

11.1.2 સાનુકૂલિત પ્રસરણ (Facilitated Diffusion)

અગાઉ જણાવ્યા મુજબ કે પ્રસરણની ક્રિયા માટે ઢોળાંશ સર્જાવો અત્યંત જરૂરી છે. પ્રસરણના દરનો આધાર પદાર્થોના સ્વરૂપ કે આકાર પર નિર્ભર છે. એ તો સ્પષ્ટ છે કે નાનો પદાર્થ ઝડપથી વહન થઈને પ્રસરણ પામી શકે છે. કોઈ પણ પદાર્થનું પ્રસરણ પટલના મુખ્ય પદાર્થની લિપિડ દ્રાવ્યતા પર આધાર રાખે છે. લિપિડમાં ભળી જનાર પદાર્થ પટલના માધ્યમમાંથી ઝડપથી પ્રસરણ પામે છે. જે પદાર્થના બંધારણમાં જલાનુરાગી (Hydrophilic) ઘટકો હોય છે, તે પટલના માધ્યમમાંથી આરપાર મુશ્કેલીથી પસાર થાય છે. આમ તેઓનું વહન સાનુકૂલિત રીતે થાય છે. આવા અણુને આરપાર પસાર કરવા માટે પટલમાં પ્રોટીનના નિશ્ચિત સ્થાન આપેલા છે. તેઓ સંકેન્દ્રણ ઢાળને સ્થાપિત કરી શકતાં નથી, જો કે અણુઓના પ્રસરણ માટે સંકેન્દ્રણ ઢાળ નિશ્ચિત રીતે પહેલેથી જ અસ્તિત્વ ધરાવતો હોવો જોઈએ, ભલેને તેઓને પ્રોટીનની મદદ મળતી હોય. આવી ક્રિયાને **સાનુકૂલિત પ્રસરણ** કહેવાય છે.

સાનુકૂલિત પ્રસરણમાં પદાર્થોને પટલની આરપાર પસાર કરવાની ક્રિયામાં વિશિષ્ટ પ્રોટીન મદદરૂપ થાય છે અને તેમાં ATPની ઊર્જાનો પણ વપરાશ થતો નથી, સાનુકૂલિત



આકૃતિ 11.1 : સાનુકૂલિત પ્રસરણ

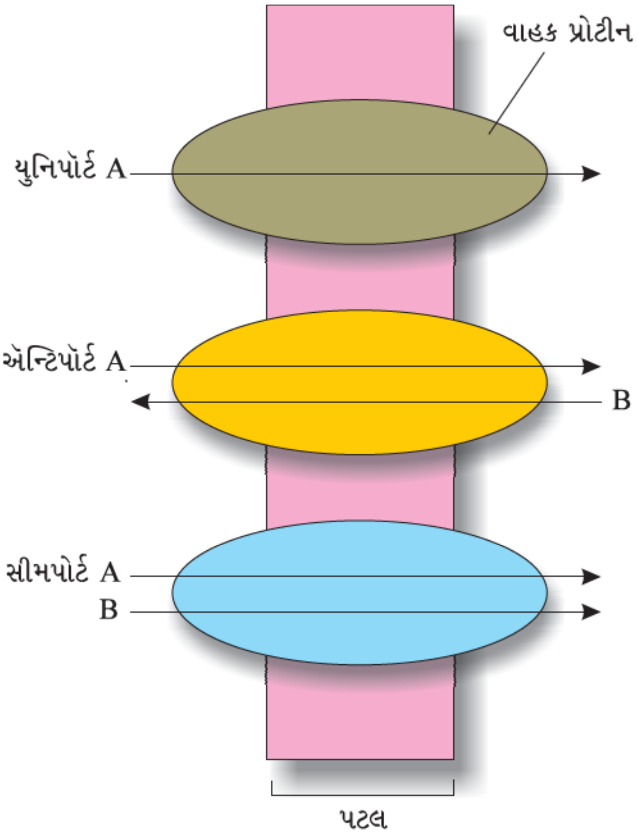
પ્રસરણ ઓછીથી વધુ સાંદ્રતા તરફ વાસ્તવિક વહન કરી શકતા નથી. આમ, આ કારણે ઊર્જાનો ઉપયોગ આવશ્યક બને છે. જ્યારે બધા જ વાહક પ્રોટીન અણુઓ ક્રિયાશીલ બને ત્યારે વહનનો દર મહત્તમ હોય છે. સાનુકૂલિત પ્રસરણ એક ખૂબ વિશિષ્ટ પ્રકારનું છે. તે કોષોને પદાર્થો મેળવવા માટે પસંદગીની તક આપે છે. પ્રોટીનની પાર્શ્વ શ્રૃંખલા સાથે પ્રતિક્રિયા કરતા અવરોધકો પ્રત્યે તે સંવેદનશીલ હોય છે.

અણુઓને આરપાર પસાર કરવા માટે પટલમાં આવેલા પ્રોટીન માર્ગ બનાવે છે. કેટલાક માર્ગ હંમેશાં ખુલ્લા રહે છે અને કેટલાક નિયંત્રિત હોય છે. કેટલાક માર્ગ મોટા હોય છે; જે વિવિધ પ્રકારના અણુઓને આરપાર જવાની પરવાનગી આપે છે. **પોરિન્સ**, એક પ્રકારના પ્રોટીન છે જે રંજકદ્રવ્ય કણો, કણાભસૂત્રો અને બૅક્ટેરિયાના બાહ્ય પટલમાં મોટા કદના છિદ્રોનું નિર્માણ કરે છે; પટલમાંથી નાના કદના પ્રોટીન જેટલા અણુઓને પસાર થવા દે છે.

આકૃતિ 11.1માં દર્શાવેલ છે કે બાહ્ય કોષીય અણુનું વહન પ્રોટીન પર આધારિત હોય છે અને તે વહન પ્રોટીન પછી ભળી જઈને કોષની અંદર અણુને મુક્ત કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે જલમાર્ગ - જે આઠ પ્રકારના વિવિધ **એક્વા પોરિન્સ**થી બનેલા છે.

11.1.2.1 નિષ્ક્રીય સીમપૉર્ટ અને ઍન્ટિપૉર્ટ (Passive Symport and Antiport)

કેટલાક વાહક અથવા વહન કરતાં પ્રોટીન પ્રસરણની મંજૂરી ત્યારે જ આપે છે, જ્યારે બે પ્રકારના અણુઓ એક સાથે વહન પામતાં હોય છે. **સીમપોર્ટ**માં, બે અણુઓ એક જ દિશામાં પટલને પસાર કરે છે, જ્યારે **ઍન્ટિપૉર્ટ**માં તેઓ એકબીજાની વિરુદ્ધ દિશામાં



આકૃતિ 11.2 : સાનુકૂલિત પ્રસરણ

વહન પામે છે. (**આકૃતિ 11.2**). જ્યારે એક અણુ બીજા અણુથી સ્વતંત્ર રીતે પટલમાંથી પસાર થાય છે, ત્યારે આ રીતને **યુનિપૉર્ટ** કહે છે.

11.1.3 સક્રિય વહન (Active Transport)

સક્રિય વહન સંકેન્દ્રણ ઢાળની વિરુદ્ધ અણુઓને દબાણપૂર્વક વહન કરવામાં ઊર્જાનો ઉપયોગ કરે છે. સક્રિય વહન પટલના પ્રોટીન દ્વારા થાય છે. આમ, પટલના વિવિધ પ્રોટીન સક્રિય અને નિષ્ક્રીય બંને વહનમાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. પંપ, એક રીતે પ્રોટીન છે જે પદાર્થોને પટલને પાર કરાવવામાં ઊર્જાનો ઉપયોગ કરે છે. પંપ પ્રોટીન પદાર્થોને ઓછા સંકેન્દ્રણ તરફથી વધુ સંકેન્દ્રણ સુધી વહન કરી શકે છે. જ્યારે બધા જ વાહક પ્રોટીન ક્રિયાશીલ બને ત્યારે વહનનો દર મહત્તમ હોય છે. ઉત્સેચકોની જેમ વાહક પ્રોટીન પટલની બીજી બાજુએ પસાર થવાવાળા પદાર્થો માટે ખૂબ જ વિશિષ્ટ હોય છે. તે પ્રોટીન અવરોધક પ્રત્યે પણ વધારે સંવેદનશીલ હોય છે જે પાર્શ્વ શૃંખલાની સાથે પ્રતિક્રિયા કરે છે.

11.1.4 વિવિધ વહન ક્રિયાઓની તુલના (Comparison of Different Transport Processes)

કોષ્ટક 11.1માં ભિન્ન ભિન્ન વાહક તંત્રની તુલના કરેલી છે, જેમ કે સ્પષ્ટ થઈ ગયું છે કે પટલના પ્રોટીન સાનુકૂલિત પ્રસરણ તેમજ સક્રિય વહન માટે જવાબદાર છે. આ રીતે તે પસંદગીમાન પટલ હોવા માટેના સામાન્ય લક્ષણ ધરાવે છે. જેવાં કે અવરોધકો પ્રત્યે પ્રતિચાર, અને અંતઃસ્રાવીય નિયંત્રણ પ્રદર્શિત કરે છે. પરંતુ પ્રસરણ સાનુકૂલિત હોય કે નહીં, ઢાળને અનુસરીને થાય છે અને ઊર્જાનો ઉપયોગ કરતા નથી.

કોષ્ટક : 11.1 વિવિધ વહન તંત્રોની તુલના

લક્ષણ	સામાન્ય પ્રસરણ	સાનુકૂલિત વહન	સક્રિય વહન
પટલના વિશિષ્ટ પ્રોટીનની આવશ્યકતા	ના	હા	હા
ઉચ્ચ કક્ષાની પસંદગી શીલતા	ના	હા	હા
વહન સંતૃપ્તતા	ના	હા	હા
ઉર્ધ્વ વહન	ના	ના	હા
ઊર્જા તરીકે ATPની આવશ્યકતા	ના	ના	હા

11.2 વનસ્પતિના જલસંબંધો (Plant-Water Relations)

વનસ્પતિઓની દેહધાર્મિક પ્રવૃત્તિને માટે પાણી અનિવાર્ય છે અને તે બધા જ જીવંત સજીવો માટે એક મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા નિભાવે છે. જેમાં બધા પદાર્થો ઓગળી શકે તેવું માધ્યમ પુરું પાડે છે. જીવરસમાં હજારો પ્રકારના અણુઓ પાણીમાં ભળેલા હોય છે અને નિલંબિત રહે છે. એક તડબૂચમાં 92 %થી વધારે ભાગ પાણીનો હોય છે અને મોટે ભાગે શાકીય વનસ્પતિઓમાં શુષ્ક પદાર્થો માત્ર 10 થી 15 % હોય છે બાકીનો ભાગ પાણીનો હોય છે, કાષ્ઠમય ભાગમાં પાણીનું પ્રમાણ થોડું ઓછું હોય છે તેમજ નરમ કે નાજુક ભાગમાં પાણીનું પ્રમાણ થોડુંક વધારે હોય છે. એક બીજ શુષ્ક જેવું દેખાય છે, પરંતુ તેમાં પણ કેટલીક માત્રામાં પાણી તો હોય જ છે, નહીં તો તેઓ જીવંત રહી ના શકે અને તે શ્વસન પણ કરી ન શકે.

સ્થલજ વનસ્પતિઓ, દરરોજ વિપુલ પ્રમાણમાં પાણી મેળવે છે; પરંતુ પર્ણો દ્વારા મોટા

ભાગનાં પાણીનું **બાષ્પોત્સર્જન** થઈ હવામાં ભળી જાય છે. મકાઈનો એક પરિપક્વ છોડ એક દિવસમાં લગભગ ત્રણ લિટર પાણીનું શોષણ કરે છે જ્યારે રાઈનો છોડ લગભગ પાંચ કલાકમાં પોતાના વજનને બરાબર પાણીનું શોષણ કરી લે છે. પાણીની આ વધુ માત્રાની માંગને કારણે, એ આશ્ચર્ય થવું જોઈએ નહીં કે કૃષિ તેમજ પ્રાકૃતિક પર્યાવરણમાં છોડની વૃદ્ધિ તેમજ આવશ્યકતાને મર્યાદિત કરતાં અસરકારક પરિબળ સામાન્ય રીતે પાણી જ હોય છે.

11.2.1 જલક્ષમતા (Water Potential)

વનસ્પતિના જલસંબંધોની વ્યાખ્યા કરવા માટે કેટલાક વિશેષ પારિભાષિક શબ્દોનાં અભ્યાસ, તેને સમજવામાં સરળ બનાવે છે. **જલક્ષમતા** (Ψ_w) જલની ગતિ કે વહનને સમજવા માટે પાયાની પૂર્વધારણા છે. **દ્રાવ્યક્ષમતા** (Ψ_s) અને **દાબક્ષમતા** (Ψ_p), જલક્ષમતા નક્કી કરનારા બે મુખ્ય પરિબળો છે.

પાણીના અણુઓમાં ગતિ-ઊર્જા જોવા મળે છે. પ્રવાહી અને વાયુ અવસ્થામાં તેઓ અનિયમિત ગતિ કરતાં મળી આવે છે. આ ગતિ ઝડપી અને અચળ બંને પ્રકારની હોય છે. કોઈ તંત્રમાં જો પાણીની માત્રા વધારે હોય તો તેઓની ગતિ-ઊર્જા અને જલક્ષમતા વધારે હોય. આમ, દેખીતી રીતે શુદ્ધ પાણીમાં સૌથી વધારે જલક્ષમતા હોય છે. જો કોઈ બે આંતરવિષ્ટ (આંતરિક) જલતંત્ર સંપર્કમાં હોય તો પાણીના અણુઓની અનિયમિત ગતિને લીધે પાણીની વાસ્તવિક ગતિ વધારે ઊર્જાવાળા ભાગમાંથી ઓછી ઊર્જાવાળા ભાગમાં થાય છે. આમ, પાણી વધારે જલક્ષમતાવાળા આંતરિક પાણીના તંત્રથી ઓછી જલક્ષમતાવાળા તંત્રની તરફ જાય છે. પદાર્થની ગતિની આ ક્રિયા ઊર્જાના ઢાળને અનુસાર થાય છે અને તેને પ્રસરણ કહે છે. જલક્ષમતાને પાસ્કલ જેવા દાબ એકમમાં વ્યક્ત કરવામાં આવે છે અને તેને ગ્રીક સંકેત સાઈ અથવા Ψ દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. પરંપરાને અનુસાર શુદ્ધ પાણીની જલક્ષમતાના એક નિયત તાપમાને જે કોઈ પણ પ્રકારના દબાણની ગેરહાજરીમાં પણ થતું નથી તેને શૂન્ય ગણવામાં આવે છે.

જો કેટલાક દ્રાવ્ય પદાર્થો શુદ્ધ પાણીમાં ઓગળે છે, તો ઓગળેલા દ્રાવણમાં મુક્ત પાણીના અણુઓ ઓછા થઈ જાય છે અને પાણીની સાંદ્રતા(મુક્તશક્તિ) ઘટી જાય છે અને જલક્ષમતા પણ ઓછી થાય છે. તેથી જ બધા દ્રાવણોની સરખામણીમાં શુદ્ધ પાણીની તુલનામાં જલક્ષમતા ઓછી હોય છે. આ ઓછી જલક્ષમતાનું કારણ કોઈ એક દ્રાવ્ય પદાર્થની દ્રાવ્યતાને કારણે છે. જેને **દ્રાવ્યક્ષમતા** કે Ψ_s કહે છે. **Ψ_s હંમેશાં ઋણ હોય છે.** જ્યારે દ્રાવ્ય પદાર્થના અણુઓ વધારે હોય ત્યારે Ψ_s વધુ ઋણ હોય છે. વાતાવરણના દબાણે દ્રાવ્ય પદાર્થ કે દ્રાવણની જલક્ષમતા $\Psi_w = \Psi_s$ (દ્રાવ્યક્ષમતા) થાય છે.

જો દ્રાવણ કે શુદ્ધ પાણી પર વાતાવરણીય દબાણથી વધારે દબાણ લગાડવામાં આવે તો જલક્ષમતા વધી જાય છે. તે એક સ્થાનેથી બીજા સ્થાન પર પાણી પંપ દ્વારા વહન પામે તેને સમકક્ષ દર્શાવાય છે.

શું તમે વિચારી શકો છો કે આપણા શરીરના કયા તંત્રમાં દબાણ ઉદ્ભવે છે ? જ્યારે પ્રસરણને કારણે વનસ્પતિઓના કોષોમાં પાણી પ્રવેશ કરે છે અને તે કોષદીવાલ પર દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે અને કોષને **આશૂન** બનાવે છે. (જુઓ વિભાગ 11.2.2) તે **દાબક્ષમતાને** વધારી દે છે. દાબક્ષમતા મોટે ભાગે ધન મૂલ્ય ધરાવે છે. જો કે વનસ્પતિઓની જલવાહક

પેશીઓના જલસ્તંભની ઋણ જલક્ષમતા કે તણાવ બળ પ્રકાંડમાં પાણીના વહનમાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા નિભાવે છે. દાબક્ષમતાને Ψ_p થી દર્શાવાય છે. કોષની જલક્ષમતા, દ્રાવ્ય તેમજ દાબક્ષમતા બંનેથી પ્રભાવિત થાય છે. આ બંને વચ્ચેનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે છે.

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

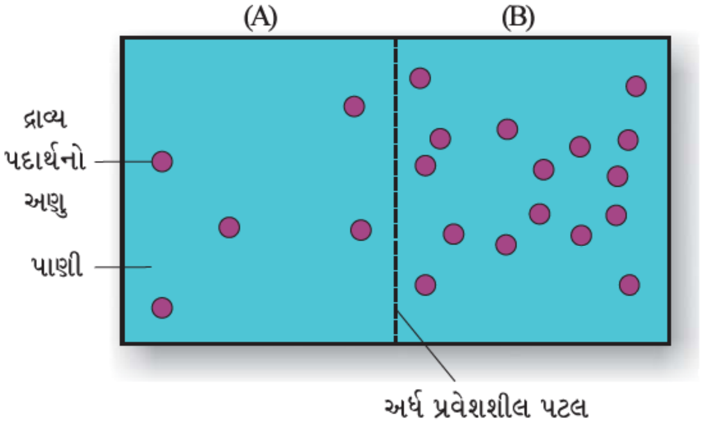
11.2.2 આસૃતિ (Osmosis)

વનસ્પતિઓના કોષ, કોષરસપટલ અને કોષદીવાલથી ઘેરાયેલ હોય છે. આ કોષદીવાલ, પાણી તેમજ દ્રાવણમાં પદાર્થો માટે મુક્ત સ્વરૂપથી પ્રવેશશીલતા દર્શાવે છે. આમ, તે વહન કે ગતિને માટે અંતરાય રૂપ બનતું નથી. વનસ્પતિઓમાં કોષો એક મોટી મધ્યસ્થ રસધાની ધરાવે છે, તેનો ઘટક – ધાનીરસ એ કોષની દ્રાવ્યક્ષમતામાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. વનસ્પતિ કોષમાં કોષરસપટલ અને રસધાનીનું રસધાનીપટલ બંને એક સાથે કોષની અંદર તેમજ બહાર અણુઓની ગતિ નિર્ધારિત કરવા માટે મહત્ત્વપૂર્ણ હોય છે.

આસૃતિનું નિરૂપણ વિશેષ રૂપથી એક વિભેદનીય, અર્ધ પ્રવેશશીલ પટલની આરપાર પાણીનાં પ્રસરણના સંદર્ભમાં કરાય છે. આસૃતિ સ્વયંભૂ પ્રેરકબળની ક્રિયાથી થાય છે. આસૃતિની દિશા તેમજ ગતિ **દાબ ઢોળાંશ** તેમજ **સંકેન્દ્રણ ઢોળાંશ** પર નિર્ભર કરે છે. પાણી પોતાની ઊંચી રાસાયણિક ક્ષમતા(કે સાંદ્રતા)થી નીચી રાસાયણિક ક્ષમતા તરફ ત્યાં સુધી વહન પામે છે કે જ્યાં સુધી બંને તરફ સાંદ્રતા સમાનતા સુધી ન પહોંચે. સંતુલન અવસ્થાએ બંને તરફની જલક્ષમતા એક સમાન થતી હોય છે.

તમે શાળામાં, અગાઉના અભ્યાસમાં એક બટાટાનો ઑસ્મોમીટર બનાવ્યો હશે. જો બટાટા ગ્રંથિલને પાણીમાં રાખવામાં આવે છે તો બટાટાના પોલાણમાં રાખેલ શર્કરાનું સાંદ્ર દ્રાવણ આસૃતિ દ્વારા પાણીમાં એકત્ર થઈ જાય છે.

આકૃતિ 11.3નો અભ્યાસ કરો, જેમાં બે ખંડો A અને Bમાં રાખેલ દ્રાવણોને ભરીને અર્ધ પ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા દ્રાવણોને અલગ કરેલા છે :



આકૃતિ 11.3

(a) કયા ખંડમાં દ્રાવણમાં જલક્ષમતા ઓછી છે ?

(b) કયા ખંડમાં દ્રાવણમાં દ્રાવ્યક્ષમતા ઓછી છે ?

(c) આસૃતિ કઈ દિશામાં થશે ?

(d) કયું દ્રાવણ ઊંચી દ્રાવ્યક્ષમતા ધરાવે છે ?

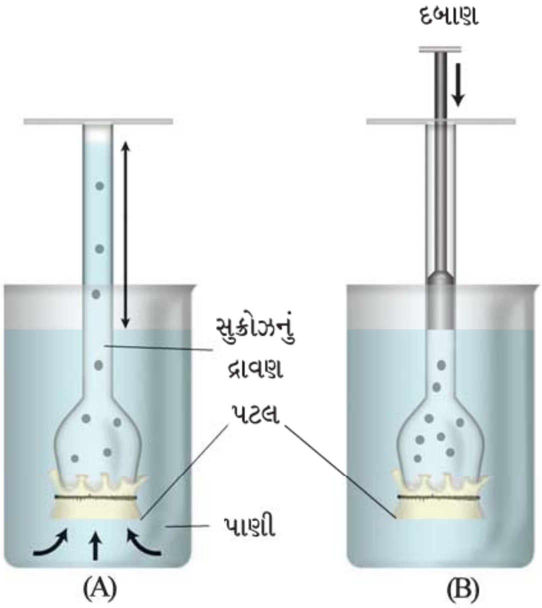
(e) સંતુલનના સમયે કયા ખંડમાં જલક્ષમતા ઓછી છે ?

(f) જો એક ખંડનું Ψ મૂલ્ય – 2000 KPa અને બીજા ખંડનું Ψ મૂલ્ય – 1000 KPa છે તો કયા ખંડમાં ઊંચું Ψ મૂલ્ય હશે ?

(g) જ્યારે બે દ્રાવણો Ψ_w= 0.2 MPa અને Ψ_w= 0.1 MPa એક પસંદગીમાન પ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા અલગ થયેલા હોય ત્યારે પાણીની ગતિ શું હશે ?

ચાલો, આપણે બીજા એક પ્રયોગની ચર્ચા કરીએ, જ્યાં પાણીમાં બનાવેલા શર્કરાના દ્રાવણને એક થિસલ ફનેલમાં લેવામાં આવેલ છે, જેને, એક પાણી ભરેલા બીકરમાં અર્ધપ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા અલગ કરવામાં આવે છે. (**આકૃતિ 11.4**) તમે આ પ્રકારના પટલને એક ઈંડામાંથી મેળવી શકો છો. તમે ઈંડાના એક શીર્ષ પ્રદેશ પર નાનું કાણું પાડીને બધી જ જરદી અને તેનું આલ્બ્યુમીન કાઢી લો અને પછી ઈંડાના કવચને કેટલાક કલાકો માટે હાઇડ્રૉક્લોરિક ઍસિડ(HCl)ના મંદ દ્રાવણમાં રહેવા દો. ઈંડાનું કવચ તેમાં ઓગળી જાય છે અને તેનું પટલ પ્રાપ્ત થાય છે. પાણી થિસલ ફનેલમાં દાખલ થાય છે અને થિસલ ફનેલમાં દ્રાવણનું સ્તર વધે છે. આ ક્રિયા ત્યાં સુધી ચાલુ રહે છે, જ્યાં સુધી સંતુલન ન સ્થપાય. જો કોઈ કારણવશ, શર્કરા પટલના માધ્યમથી બહાર નીકળી આવે તો શું કદી સંતુલનની સ્થિતિ આવશે ?

થિસલ ફનેલના ઉપરના ભાગ પર બહારનું દબાણ આપવામાં આવે તો પટલના માધ્યમ દ્વારા થિસલ ફનેલમાં પાણી પ્રસરણ ન પામી શકે. આ દબાણ પાણીને પ્રસરણ પામતા રોકે છે. દ્રાવ્યની સાંદ્રતા વધારે હોય તેમ પાણીનું પ્રસરણ થતું રોકવા માટે વધારે દબાણની આવશ્યકતા હોય છે. સંખ્યાત્મક રીતે આસૃતિદાબ, આસૃતિ ક્ષમતાને સમકક્ષ હોય છે પરંતુ તેની નિશાની વિરુદ્ધ હોય છે. આસૃતિ- દાબમાં ઉપયોગી દબાણ ધનાત્મક હોય છે. જ્યારે આસૃતિ ક્ષમતા ઋણાત્મક હોય છે.

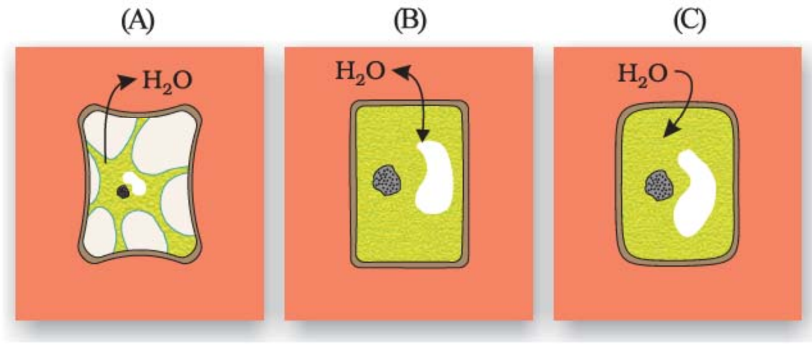


આકૃતિ 11.4 : આસૃતિનું એક નિર્દેશન. એક થિસલ ફનેલમાં શર્કરાનું દ્રાવણ ભરીને, પાણીથી ભરેલા બીકરમાં ઊંધી રાખવામાં આવે છે. જેના પહોળા છેડા પર અર્ધપ્રવેશશીલ પટલથી બંધ કરવામાં આવે છે. (A) પાણી પટલમાંથી પસાર થઈ શકે છે. પ્રસરણથી થિસલ ફનેલના દ્રાવણનું સ્તર વધારે છે. (જેમ કે, તીરનું નિશાન દર્શાવેલું છે.) (B) થિસલ ફનેલમાં પાણીના વહનને રોકવા માટે દબાણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે જેવી રીતે આકૃતિમાં દર્શાવેલું છે.

11.2.3 રસસંકોચન (Plasmolysis)

વનસ્પતિના કોષો(કે પેશીઓ)માં પાણીનાં વહનનો આધાર તેમની આસપાસના દ્રાવણ પર નિર્ભર કરે છે. જો બહારનું દ્રાવણ કોષરસના આસૃતિદાબને સંતુલિત કરે તો તેને આપણે **સમસાંદ્ર દ્રાવણ (Isotonic Solution)** કહીએ છીએ. જો બહારનું દ્રાવણ કોષરસ કરતાં, ઓછું સંકેન્દ્રિત હોય તો તેને **અધોસાંદ્ર (Hypotonic Solution)** દ્રાવણ કહે છે અને જો બહારનું દ્રાવણ ખૂબ જ વધારે સાંદ્રતાયુક્ત હોય તો તેને **અધિસાંદ્ર દ્રાવણ (Hypertonic solution)** કહે છે. કોષો અધોસાંદ્ર દ્રાવણમાં ફૂલે છે અને અધિસાંદ્ર દ્રાવણમાં તેઓ સંકોચન પામે છે.

રસ સંકોચન ત્યારે થાય છે જ્યારે કોષમાંનું પાણી બહારની તરફ વહન પામે અને વનસ્પતિ કોષનું કોષરસપટલ સંકોચન પામીને કોષદીવાલથી અલગ થઈ જાય છે. આ ત્યારે થાય છે, જ્યારે એક કોષ(કે પેશી)ને અધિસાંદ્ર દ્રાવણ (વધુ દ્રાવ્ય હોય)માં મૂકવામાં આવે છે. સૌથી પહેલાં કોષરસમાંથી પાણી બહાર આવે છે અને પછી રસધાનીમાંથી પાણી બહાર આવે છે. જ્યારે કોષમાંથી પ્રસરણ દ્વારા પાણી નીકળીને બાહ્યકોષીય દ્રાવણ (કોષની બહાર) જાય છે, ત્યારે જીવરસ કોષદીવાલથી અલગ થઈ જાય છે આને કોષનું કોષરસનું સંકોચન કહેવાય છે. પાણીનું વહન પટલની આરપાર ઊંચી



આકૃતિ 11.5 : વનસ્પતિ કોષનું રસસંકોચન

જલક્ષમતાના વિસ્તાર (અથવા કોષ) તરફથી નીચી જલક્ષમતાના વિસ્તારમાં કોષની બહાર (**આકૃતિ 11.5**) થાય છે.

રસસંકોચન પામેલ કોષમાં કોષદીવાલ તેમજ સંકોચન પામેલ જીવરસની વચ્ચેની જગ્યા કોના દ્વારા ભરાય છે ?

જ્યારે કોષ(અથવા પેશી)ને **સમસાંદ્ર દ્રાવણ**માં મૂકવામાં આવે છે, તો પાણીમાં કુલ જથ્થા પર અંદર કે બહારની તરફ કોઈ ફેર પડતો નથી. જો બાહ્ય દ્રાવણ કોષરસ પર આસૃતિદાબને સંતુલિત રાખે છે તો તેને સમસાંદ્ર દ્રાવણ કહે છે. કોષોમાં પાણી અંદર અને બહારની તરફ સમાન રૂપે વહેતું હોય તો કોષોની આ સ્થિતિને **શિથિલ (flaccid)** સ્થિતિ કહે છે.

રસસંકોચનની ક્રિયા સામાન્ય રીતે પ્રતિવર્તી હોય છે. જ્યારે કોષોને **અધોસાંદ્ર** દ્રાવણ(ઊંચી જલક્ષમતા કે કોષરસની તુલનામાં મંદ દ્રાવણ)માં રાખવામાં આવે તો કોષમાં પાણીનું પ્રસરણ થાય છે જે કોષરસની દીવાલ પર દબાણ ઉત્પન્ન કરે છે. જેને **આશૂનદાબ** કહેવાય છે. પાણી પ્રવેશવાને કારણે જીવરસ દ્વારા ઉદ્‌ભવેલી સખત દીવાલ પરના દબાણને દાબક્ષમતા કે Ψ_p કહે છે. કોષદીવાલની દૃઢતા કે મજબૂતાઈને કારણે કોષ ફાટી જતો નથી. આ આશૂનદાબ છેવટે કોષોના વિસ્તરણ તેમજ ફેલાવો વૃદ્ધિ માટે જવાબદાર છે.

એક શિથિલ કોષનો Ψ_p શું હોય ? વનસ્પતિઓ સિવાય કયા સજીવમાં કોષદીવાલ હોય છે ?

11.2.4 અંતઃચૂષણ / અંતઃશોષણ (Imbibition)

અંતઃચૂષણ, એક વિશિષ્ટ પ્રકારનું પ્રસરણ છે. જ્યારે ઘન તેમજ કલિલ કણો દ્વારા પાણીનું પ્રચૂર માત્રામાં શોષણ થાય છે ત્યારે એના કારણે તેના સ્વરૂપ કે કદમાં વધારો થાય છે. બીજ અને સૂકાં લાકડા દ્વારા પાણીનું શોષણ થયું તે અંતઃચૂષણના પ્રચલિત ઉદાહરણો છે. ફૂલેલા લાકડા કે કાષ્ઠ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા દબાણનો ઉપયોગ પૌરાણિક માનવી દ્વારા મોટાં પથ્થરોને તોડવા માટે કરવામાં આવતો હતો. જો અંતઃચૂષણ દ્વારા દબાણ ઉત્પન્ન થતું ન હોય તો જમીન પર ખુલ્લામાં વનસ્પતિઓનું બીજાંકુરણ શક્ય બને નહીં. તેઓ સંભવતઃ જમીનમાં સ્થાપિત થઈ શકતાં નથી.

અંતઃચૂષણ પણ એક પ્રકારનું પ્રસરણ છે, કારણ કે પાણીનું વહન સંકેન્દ્રણ ઢાળને અનુસરે છે. બીજ કે અન્ય તેના જેવા પદાર્થોમાં પાણી નહિવત્ જ હોય છે. આથી તેઓ પાણીનું શોષણ સરળતાથી કરી શકે છે. શોષણ અને અંતઃચૂષણ થતા પદાર્થ(પાણી)ની વચ્ચે જલક્ષમતા ઢાળ સર્જાય તે આવશ્યક છે. આ સિવાય, કોઈ પણ પદાર્થ જે કોઈપણ પ્રવાહીનું અંતઃચૂષણ કરી શકે છે. તે પૈકી અવશોષણ કરનાર પદાર્થ અને અવશોષણ પામતા પ્રવાહી વચ્ચે નિકટતા કે સંબંધ (Affinity) હોવો તે પ્રાથમિક જરૂરિયાત છે.

11.3 લાંબા અંતર સુધી પાણીનું વહન (Long Distance Transport of Water)

અગાઉના અભ્યાસમાં તમે એક પ્રયોગ કર્યો હશે. આ પ્રયોગ દરમિયાન તમે રંગીન પાણીમાં સફેદ પુષ્પો સહિત ડાળીને તેમાં ડુબાડી હશે અને પુષ્પનાં રંગમા પરિવર્તનને પણ જોયું હશે. ડાળીનો કપાયેલો છેડો કેટલાક કલાકો સુધી રંગીન દ્રાવણમાં રહ્યા પછી તમે ચોકસાઈપૂર્વક તે વિસ્તારને ધ્યાનથી જોયો હશે કે જેમાં રંગીન પાણીનું વહન થાય છે. આ પ્રયોગ દેખીતી રીતે જ દર્શાવે છે કે પાણીના વહનનો માર્ગ એ વાહીપુલમાં આવેલી જલવાહક પેશી જ છે. હવે આપણે વનસ્પતિઓમાં પાણી અને અન્ય પદાર્થોના ઉર્ધ્વ વહનની ક્રિયાને સમજવા માટે આગળ વધીએ.

વનસ્પતિમાં લાંબા અંતર સુધી પદાર્થોનું વહન માત્ર પ્રસરણ દ્વારા થઈ શકતું નથી. પ્રસરણ એક ધીમી ક્રિયા છે. તે ટૂંકાં અંતર સુધી અણુઓને પહોંચાડવા માટે યોગ્ય છે. ઉદાહરણ તરીકે : એક લાક્ષણિક વનસ્પતિ કોષ(લગભગ કદ 50 μm)ની આરપાર અણુઓના વહન માટે લગભગ 2.5 s સમય લાગે છે આ દરને આધારે તમે શું ગણતરી કરી શકો છો કે વનસ્પતિઓમાં 1 mનું અંતર માત્ર પ્રસરણ દ્વારા પસાર કરવા માટે અણુઓને કેટલા વર્ષો લાગશે ?

મોટા તેમજ જટિલ સજીવોમાં મોટા ભાગના પદાર્થોનું વહન લાંબા અંતર સુધી થાય છે, ક્યારેક ઉત્પાદન કે શોષણ તેમજ સંગ્રહસ્થાન એકબીજાથી ઘણા દૂર હોય છે, આમ પ્રસરણ કે સક્રિય વહન પર્યાપ્ત નથી. એટલા જ માટે લાંબા અંતરના વહન માટે ચોક્કસ કે વાહકતંત્ર હોવું જરૂરી છે જેથી પદાર્થોનું આવશ્યક ત્વરિત વહન કરી શકે. પાણી, ખનીજ અને ખોરાક **સામૂહિક પ્રણાલી** દ્વારા વહન પામે છે. સામૂહિક વહન એ સામૂહિક રીતે પદાર્થોનું વહન એક સ્થાનથી બીજા સ્થાન સુધી બે બિંદુઓની વચ્ચે દબાણની ભિન્નતાના પરિણામ સ્વરૂપે થાય છે. સામૂહિક વહનની એ વિશિષ્ટતા છે કે પદાર્થ દ્રાવણના સ્વરૂપે હોય કે નિલંબિત સ્વરૂપે, તે નદીના પ્રવાહની જેમ જ વહન પામે છે. આ ક્રિયા પ્રસરણથી વિભિન્ન છે; જ્યાં વિવિધ પદાર્થો તેમના સંકેન્દ્રણ ઢાળને અનુસાર સ્વતંત્ર સ્વરૂપે વહન પામે છે. સામૂહિક વહન ધનાત્મક જળદાબ ઢાળ (ગાર્ડન હોઝ) કે ઋણાત્મક જલદાબ (જેમ કે, સ્ટ્રો દ્વારા શોષણ) દ્વારા પ્રાપ્ત કરાય છે.

પદાર્થોના વનસ્પતિઓની વાહક પેશીઓ દ્વારા સામૂહિક વહનને સ્થળાંતર કહે છે. તમને ઉચ્ચ વનસ્પતિઓના મૂળ, પ્રકાંડ અને પર્ણોના આડછેદના અભ્યાસમાં જોવા મળતાં વાહિતંત્ર યાદ હશે જ. ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં ઉચ્ચ કક્ષાની વાહક પેશી સ્વરૂપે જલવાહક અને અન્નવાહક સ્વરૂપે હોય છે. જલવાહક મુખ્યત્વે પાણી,

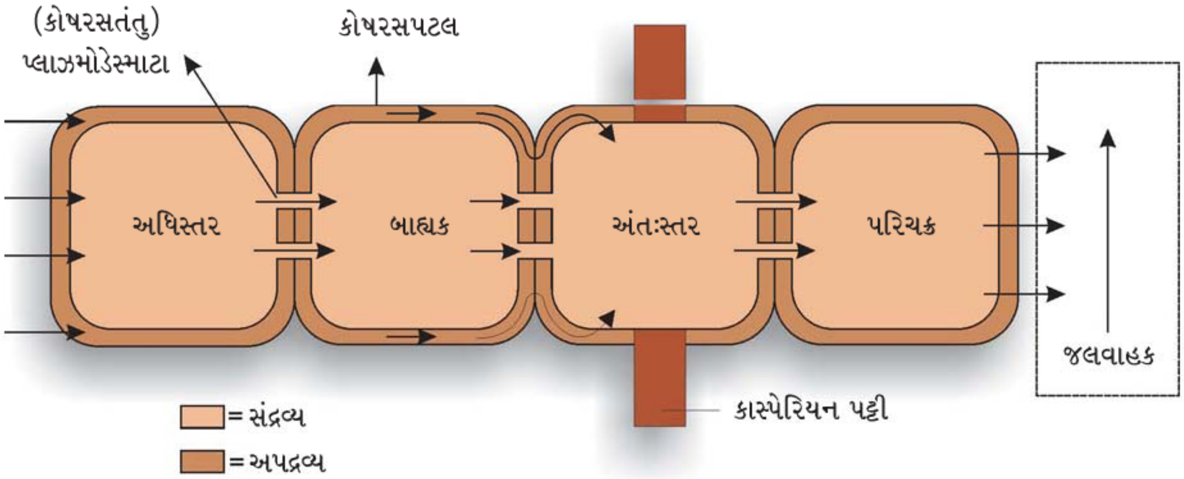
ખનીજ ક્ષારો, કેટલાક કાર્બનિક નાઈટ્રોજ ન અને અંતઃસ્રાવો મૂળથી હવાઈ ભાગો સુધી સ્થળાંતર થાય છે. અન્નવાહક મુખ્યત્વે વિવિધ પ્રકારના કાર્બનિક તેમજ અકાર્બનિક દ્રવ્યોને પર્ણોથી વનસ્પતિઓના વિવિધ ભાગોમાં વહન કરે છે.

11.3.1 વનસ્પતિઓ પાણીનું શોષણ કેવી રીતે કરે છે ? (How do Plants Absorb Water ?)

આપણે જાણીએ છીએ કે વનસ્પતિમાં પ્રવેશ પામતું પાણી મૂળ દ્વારા શોષાય છે. એટલા જ માટે આપણે જમીનમાં પાણી સિંચીએ છીએ, નહીં કે પર્ણો પર. પાણી અને ખનીજ તત્ત્વોનું શોષણ કરવાની જવાબદારી વિશેષ રીતે મૂળરોમની હોય છે; જે મૂળના અગ્રસ્થ ભાગે લાખોની સંખ્યામાં મળી આવે છે. મૂળરોમ પાતળી કોષદીવાલવાળા હોય છે. જે શોષણ માટેનો વિસ્તાર ખૂબ જ વધારે છે. પાણી, ખનીજ દ્રાવ્યોની સાથે મૂળરોમ દ્વારા પ્રસરણની ક્રિયાથી શોષાય છે. એકવાર જ્યારે મૂળરોમ દ્વારા પાણીનું શોષણ થઈ જાય ત્યારે તે મૂળનાં અંદરના સ્તરોમાં ઉંડે સુધી બે વિભિન્ન પથો દ્વારા વહન કરે છે. આ બે ભિન્ન પરિપથો નીચે પ્રમાણે છે :

- અપદ્રવ્ય પથ (Apoplast Pathway)
- સંદ્રવ્ય પથ (Symplast Pathway)

અપદ્રવ્ય પથ પાસપાસે આવેલી કોષદીવાલનું તંત્ર છે. મૂળની અંતઃસ્થ રચનામાં અંતઃસ્તરમાં આવેલ **કાસ્પેરિયન પટ્ટી** સિવાય સંપૂર્ણ રીતે વનસ્પતિમાં આ પથ ફેલાયેલ છે. (**આકૃતિ 11.6**). પાણીનું અપદ્રવ્ય પથ દ્વારા પાણીનું વહન માત્ર આંતરકોષીય અવકાશો અને કોષોની કોષદીવાલ દ્વારા થાય છે. અપદ્રવ્ય પથના માધ્યમથી થતું વહન કોષરસપટલને પસાર કરી શકતું નથી. તે વહનના



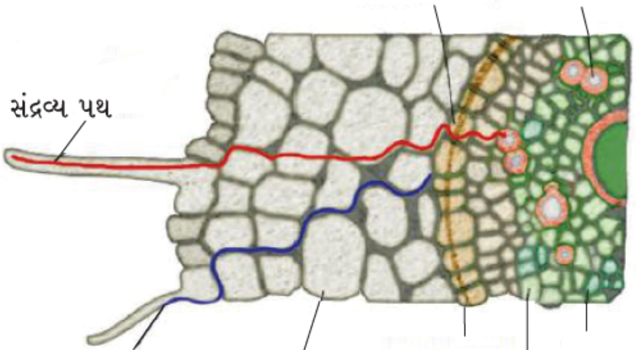
આકૃતિ 11.6 : મૂળમાં પાણીના વહનનો પરિપથ

ઢાળ પર નિર્ભર હોય છે. અપદ્રવ્ય પરિપથ દ્વારા પાણીના વહનમાં કોઈ પણ અવરોધ સર્જતો નથી અને પાણીનું વહન સામૂહિક વહનના માધ્યમથી થતું રહે છે. જેવું પાણી આંતરકોષીય અવકાશ કે વાતાવરણમાં બાષ્પ સ્વરૂપે નિકાલ પામે છે તેથી અપદ્રવ્ય પરિપથ દ્વારા થતા વહનમાં સતત પાણીના પ્રવાહમાં તણાવ ઉત્પન્ન થાય છે. આથી, અભિલગ્ન બળ તેમજ સંલગ્ન બળને કારણે પાણીનું સામૂહિક વહન થાય છે.

સંદ્રવ્ય તંત્ર, આંતરસંબંધિત કોષરસના તંત્ર સાથે સંબંધિત છે. નજીકના કોષો એકબીજા સાથે **કોષરસીય તંતુઓ**ની મદદથી ગાઢ રીતે સંકળાયેલા હોય છે. સંદ્રવ્ય વહનમાં પાણી કોષોના કોષરસના માધ્યમથી આંતરકોષીય વહનમાં આ કોષરસતંતુના માધ્યમથી આગળ વધે છે. પાણી કોષોની અંદર કોષરસપટલના માધ્યમથી પ્રવેશ કરે છે. આથી, આ પ્રકારનું વહન પ્રમાણમાં ધીમું હોય છે. આ વહન પણ ક્ષમતા ઢાળને ઘટાડે છે. સંદ્રવ્ય પથ વહન કોષીય દ્રવ્યને લીધે છે. તમે કોષરસીય વહનની ક્રિયા હાઈડ્રિલાના પર્ણકોષમાં સરળ રીતે જોઈ શકો છો. હરિતકણનું હલનચલન કોષરસીય પ્રવાહના લીધે સરળતાથી જોઈ શકો છો.

મૂળમાં મોટે ભાગે પાણીનું વહન અપદ્રવ્ય પથ દ્વારા થાય છે કારણ કે બાહ્યકના કોષો શિથિલ રીતે ગોઠવાયેલ હોય છે. અને પાણીના વહનને કોઈ પણ પ્રકારનો અવરોધ નડતો નથી. જો કે બાહ્યકનું આંતરિક સ્તર જે **અંતઃસ્તર** છે તે પાણી માટે અપ્રવેશશીલ હોય છે. કારણ કે તે **સુબેરિનયુક્ત સ્થૂલન** ધરાવે છે. જેને **કાસ્પેરિયન પટ્ટી** કહે છે. પાણીના અણુઓ આ પટલને પાર કરવામાં અસમર્થ છે. આમ, તેઓને સુબેરિનવિહીન કોષદીવાલના વિસ્તાર તરફથી પટલ દ્વારા કોષની અંદર મોકલવામાં આવે છે. હવે પછી સંદ્રવ્ય પથ દ્વારા થતું વહન પટલને પસાર કરે છે. અને પાણીનું વહન જલવાહકના કોષો કે એકમો સુધી થાય છે. પાણીનું વહન અંતઃસ્તરમાં પટલોને પસાર કરતું હોવાથી તે સંદ્રવ્ય રીતે થાય છે. આ એક માત્ર માર્ગ છે કે જેમાં પાણી અને અન્ય દ્રાવ્ય પદાર્થો વાહીપુલમાં પ્રવેશ કરે છે.

એકવાર જલવાહકની અંદર પાણી પહોંચી ગયા પછી તેનું કોષોની વચ્ચે તથા કોષોની આર-પાર વહન થવા માટે તે સ્વતંત્ર બની જાય છે. તરુણ મૂળમાં પાણી જલવાહિનીઓ કે જલવાહિનિકીઓમાં સીધો પ્રવેશ કરે છે. આ નલિકાઓ નિર્જીવ છે અને એક પ્રકારે અપદ્રવ્ય પથનો ભાગ પણ છે. મૂળના વાહકતંત્રમાં પાણી અને ખનીજ આયનોનો માર્ગ **આકૃતિ 11.7**માં સંક્ષિપ્તમાં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 11.7 : મૂળમાં પાણી અને આયનોનું શોષણ દર્શાવતાં સંદ્રવ્ય અને અપદ્રવ્ય પથ

કેટલીક વનસ્પતિમાં પાણી અને ખનીજોના શોષણ માટે કેટલીક વધારાની રચનાઓ સંકળાયેલી હોય છે. **માઈકોરાઈઝા** મૂળની સાથે ફૂગનું સહજીવન દર્શાવે છે. ફૂગના કવકતંતુ નવા મૂળની આસપાસ જાળી જેવી રચના બનાવે છે. અથવા તે મૂળના કોષોમાં પ્રવેશ કરે છે. કવકતંતુનો એક મોટો સપાટીય વિસ્તાર હોય છે જે

ભૂમિમાંથી ખનીજ આયનો તેમજ પાણીને મૂળ કરતાં વધારે પ્રમાણમાં શોષી શકે છે.

તે ફૂગ, મૂળને પાણી તેમજ ખનીજ તત્ત્વો આપે છે અને તેના બદલે મૂળ માઇકોરાઇઝાને શર્કરા અને નાઇટ્રોજનયુક્ત સંયોજનો આપે છે. કેટલીક વનસ્પતિઓને માઇકોરાઇઝા સાથે અવિભાજીત સંબંધ હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે માઇકોરાઇઝાની હાજરી વગર પાયનસના બીજનું અંકુરણ થઈ શકતું નથી અને ન તો તે સ્થાપન પામી શકે છે.

11.3.2 વનસ્પતિઓમાં પાણીનું ઉપરની તરફ વહન (Water Movement up a Plant)

હમણાં આપણે જોયું કે વનસ્પતિઓ ભૂમિમાંથી પાણીનું શોષણ કેવી રીતે કરે છે અને વાહક પેશીઓમાં તેને કેવી રીતે પહોંચાડે છે. હવે આપણે તેને જાણવાનો તેમજ સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું કે પાણી વનસ્પતિઓમાં વિવિધ ભાગો સુધી કેવી રીતે પહોંચે છે. આ પાણીનું વહન સક્રિય છે અથવા નિષ્ક્રિય પણ છે ? કારણ કે પાણી વૃક્ષના પ્રકાંડમાં ગુરુત્વાકર્ષણની વિરુદ્ધ દિશામાં વહન કરે છે તો તેના માટે ઊર્જા કોણ આપે છે ?

11.3.2.1 મૂળદાબ (Root Pressure)

જેવી રીતે ભૂમિના વિભિન્ન આયન સક્રિય રીતે મૂળની વાહક પેશીઓમાં વહન પામે છે. તેવી રીતે આ ક્રિયા (તેમના જલક્ષમતા ઢાળના આધારે) થાય છે. તેમજ જલવાહકની અંદર **દબાણ** વધારે છે. આ ધનાત્મક દબાણને **મૂળદાબ** કહેવાય છે અને તે પ્રકાંડમાં ઓછી ઊંચાઈ સુધી પાણીને ઉર્ધ્વ વહન કરાવવા માટે જવાબદાર છે. આપણે કેવી રીતે જોઈ શકીએ કે મૂળદાબ સર્જાય છે તેના માટે એક નાની નરમ કે તરુણ પ્રકાંડવાળી વનસ્પતિને પસંદ કરો અને જે દિવસે વાતાવરણમાં પર્યાપ્ત માત્રામાં ભેજ કે આર્દ્રતા પૂર્ણરૂપે હોય તે દિવસે સવારના સમયે પ્રકાંડની નીચે વલયાકાર રીતે તીક્ષ્ણ બ્લેડ વડે કાપો મૂકો. તમે તરત જ જોઈ શકશો કે તે કાપેલ પ્રકાંડની ઉપરની સપાટી પર દ્રાવણનાં બિંદુ ઉપસી આવશે. આ દ્રવ્ય સકારાત્મક મૂળદાબ- (ધનાત્મક મૂળદાબ)ને કારણે થાય છે. જો તમે તે પ્રકાંડ પર એક રબરની પાતળી નલિકા કે નળી ચઢાવશો તો તમે વાસ્તવમાં સ્રાવના દરનું માપ કાઢી શકશો અને સ્રવિત દ્રવ્યના પરિબળોની સંરચના જાણી શકો છો. મૂળદાબની અસર રાત્રિ અને સવારના સમયે પણ આ ઘટનાને જોઈ શકાય છે; જ્યારે બાષ્પીભવનની ક્રિયા ઓછી થઈ જાય અને ત્યારે ઘાસનાં પર્ણોની ટોચ પાસેની શિરા અને ઘણી શાકીય વનસ્પતિઓનાં પર્ણોમાં ખૂલતાં વિશિષ્ટ પ્રકારનાં છિદ્રો દ્વારા પાણી બિંદુઓ સ્વરૂપે નિલંબિત થાય છે. આ રીતે પ્રવાહી સ્વરૂપે પાણીનો નિકાલ કરવાની ક્રિયાને **બિંદુસ્વેદન (Guttation)** કહેવાય છે.

પાણીના વહનની કુલ ક્રિયામાં મૂળદાબ માત્ર એક સામાન્ય દબાણ જેટલું જ અસરકારક છે. તે ઊંચા વૃક્ષોમાં પાણીનું વહનમાં કોઈ ખૂબ જ મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવતું નથી. મૂળદાબનું મહત્ત્વપૂર્ણ યોગદાન જલવાહકમાં પાણીના અણુઓનું નિરંતર કડીના રૂપમાં સ્થાપન થાય છે. જો કે મોટે ભાગે બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં તણાવોને કારણે સાતત્ય તૂટે છે. મોટે ભાગે પાણીનું વહન કરવામાં મૂળદાબનો કોઈ અર્થ રહેતો નથી. મોટા ભાગની વનસ્પતિઓને બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા ખેંચાણ બળ કે શોષકદાબ દ્વારા વહનની જરૂરિયાતોની પૂર્તિ કરવામાં આવે છે.

11.3.2.2 બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા ઉત્પન્ન થતું ખેંચાણ બળ (Transpiration Pull)

પ્રાણીઓની જેમ વનસ્પતિઓને હૃદય કે પરિવહન તંત્ર હોતું નથી. તેમ છતાં, જલવાહકના માધ્યમ દ્વારા પાણીનું ઉર્ધ્વવહન પર્યાપ્ત ઊંચા દરથી લગભગ 15 મીટર પ્રતિ કલાક સુધી થઈ શકે છે. તે

ગતિ કેવી હોય છે ? તે એક વિશિષ્ટ પ્રશ્ન જે આજ સુધી પ્રશ્ન જ રહ્યો છે. વનસ્પતિઓ દ્વારા પાણી ઉપરની તરફ ધકેલાય છે અથવા તો ઉપરની તરફ ખેંચાય છે. મોટા ભાગના સંશોધનકર્તાઓ સહમત થયેલ છે કે વનસ્પતિઓ દ્વારા પાણી મુખ્યત્વે ઉપર તરફ ખેંચાય છે અને આની સંચાલન શક્તિ પર્ણોમાં બાષ્પોસર્જનની ક્રિયાના પરિણામરૂપે પ્રાપ્ત થાય છે. આને પાણીના વહન માટે **સંલગ્ન-તણાવ-બાષ્પોત્સર્જન ખેંચાણ મોડેલ**ના સ્વરૂપે રજૂ કરવામાં આવ્યો છે. પરંતુ આ બાષ્પોત્સર્જન ખેંચાણ કેવી રીતે સર્જાય છે ?

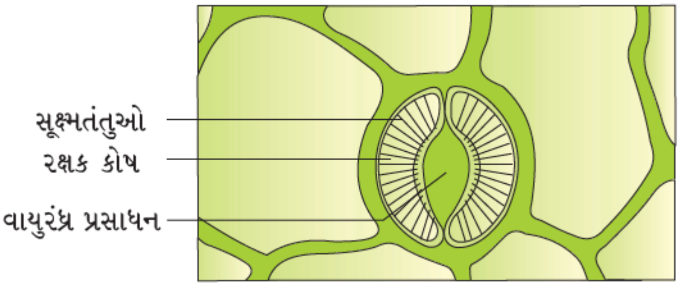
વનસ્પતિઓમાં પાણી અસ્થાયી છે. પ્રકાશસંશ્લેષણ તેમજ વૃદ્ધિ માટે પર્ણોમાં પહોંચતું કુલ પાણી 1 %થી પણ ઓછા પ્રમાણમાં ઉપયોગી થાય છે. પાણીનું વધુ પ્રમાણ પર્ણોના **વાયુરંધ્રો** કે **પર્ણરંધ્રો** દ્વારા બાષ્પ સ્વરૂપે ઉડી જાય છે. પાણીનું આ રીતે બાષ્પ સ્વરૂપે ઉત્સર્જન કે વ્યય થવાની ક્રિયાને **બાષ્પોત્સર્જન** કહેવાય છે.

તમે અગાઉના ધોરણોમાં બાષ્પોત્સર્જનનો અભ્યાસ એક તંદુરસ્ત કે સ્વસ્થ વનસ્પતિને પોલીથિનની કોથળીમાં રાખીને અને તે કોથળીની અંદરની સપાટી પર પાણીના સૂક્ષ્મ કે નાનાં ટીપાઓના અવલોકન દ્વારા કર્યા છે. તમે પર્ણમાંથી પાણીની દૂર થવાની ક્રિયાને કોબાલ્ટ ક્લોરાઇડ ($CoCl_2$) કાગળના ટુકડા દ્વારા કરી શકો છો; જેનો રંગ પાણીનું શોષણ કરવાથી બદલાઈ જાય છે.

11.4 બાષ્પોત્સર્જન (Transpiration)

બાષ્પોત્સર્જન, વનસ્પતિઓ દ્વારા પાણીને બાષ્પ સ્વરૂપે ગુમાવવાની ક્રિયા છે. મોટે ભાગે તે પર્ણોમાં આવેલા **વાયુરંધ્રો** કે **પર્ણરંધ્રો** દ્વારા થાય છે. બાષ્પોત્સર્જનમાં પાણીની બાષ્પ બનીને વાતાવરણમાં ભળવા સિવાય ઑક્સિજન તેમજ કાર્બન ડાયોક્સાઇડનો વિનિમય પણ પર્ણોમાંના નાનાં છિદ્રો જેને પર્ણરંધ્રો કહે છે; તેના દ્વારા થાય છે. સામાન્યતઃ તે વાયુરંધ્રો દિવસ દરમિયાન ખુલ્લા રહે છે અને રાત્રિ દરમિયાન બંધ થાય છે. પર્ણરંધ્રોનું બંધ થવું અને ખુલવાની ક્રિયા **રક્ષક કોષોની** આશૂનતામાં થતા પરિવર્તન દ્વારા થાય છે. પ્રત્યેક રક્ષક કોષોની આંતરિક દીવાલ પર્ણરંધ્રની બાજુ ઘણી જાડી તેમજ સ્થિતિસ્થાપક હોય છે. પર્ણરંધ્ર કે રંધ્રને ઘેરતા રક્ષક કોષોમાં જ્યારે આશૂનદાબ વધે છે ત્યારે બહારની તરફની પાતળી દીવાલ બહારની તરફ ઉપસી આવે છે અને અંદરની તરફની જાડી દીવાલ અર્ધચંદ્રાકાર સ્થિતિમાં આવવા માટે પ્રેરાય છે. રંધ્રીય છિદ્રના ખુલવામાં રક્ષક કોષોની કોષદીવાલોમાં આવેલ સૂક્ષ્મતંતુઓ પણ મદદરૂપ થાય છે. સેલ્યુલોઝ સૂક્ષ્મતંતુઓની ગોઠવણી અરીય વિન્યાસના ક્રમથી થાય છે. તેની ગોઠવણી આયામ વિન્યાસ ક્રમથી થતી નથી. જેથી રંધ્રીય છિદ્ર સરળતાથી ખુલી શકે છે. રક્ષકકોષ પાણી ગુમાવતા તેઓ આશૂનતા ગુમાવે છે. આથી સ્થિતિસ્થાપક દીવાલ મૂળ સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે છે અને પરિણામે છિદ્ર બંધ થઈ જાય છે. સામાન્ય રીતે એક દ્વિદળી (પૃષ્ઠવક્ષીય) પર્ણના અધઃ અધિસ્તરમાં પર્ણરંધ્રોની સંખ્યા વધારે હોય છે. જ્યારે એક એકદળી (સમદ્વિપાર્શ્વસ્થ) પર્ણમાં પર્ણરંધ્રોની સંખ્યા બંને તરફ (ઉપરિ અને અધઃ અધિસ્તરમાં) લગભગ સમાન હોય છે.

બાષ્પોત્સર્જન પર કેટલાક બાહ્ય પરિબળો અસરકારક



આકૃતિ 11.8 : રક્ષક કોષો સાથે પર્ણરંધ્ર

હોય છે જેવાં કે, તાપમાન, પ્રકાશ, આર્દ્રતા (ભેજ) તેમજ હવાની ગતિ. બાષ્પોત્સર્જનને અસરકારક અન્ય પરિબળો વનસ્પતિજન્ય છે, જેવાં કે, રંધ્રોની સંખ્યા તેમજ તેઓનું વિતરણ, ખુલ્લા પર્ણરંધ્રોની ટકાવારી, વનસ્પતિઓમાં પાણીની હાજરી અને રંધ્રોની રચના, વગેરે.

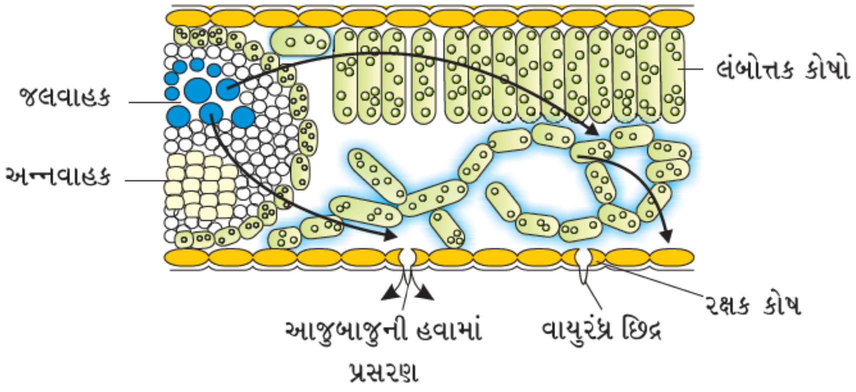
જલવાહકમાં દ્રાવણ(પાણી સાથે ઓગળેલા ખનીજ ક્ષારો અને અન્ય દ્રવ્યો)નું બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા ઉર્ધ્વવહન મુખ્યત્વે પાણીના નીચે આપેલા ભૌતિક લક્ષણો પર આધારિત છે :

- **સંલગ્ન (Cohesion)** : પાણીના બે ક્રમિક અણુઓની વચ્ચે લાગતું આકર્ષણ બળ.
- **અભિલગ્ન (Adhesion)** : પાણીના બે ક્રમિક અણુઓનું ધ્રુવીય સપાટી તરફ સર્જાતું આકર્ષણ બળ (જેમ કે, વાહક એકમોના પટલની સપાટી).
- **પૃષ્ઠતાણ (Surface Tension)** : પાણીના અણુઓનું પ્રવાહી અવસ્થામાં વાયુ અવસ્થાની તુલનામાં એકબીજાને વધુ આકર્ષિત કરે છે.

પાણીની આ વિશિષ્ટતાઓ તેને ઊંચી **તણાવ શક્તિ (Tensile Strength)** આપે છે. જેમ કે, **કેશાકર્ષણ ખેંચાણ** બળથી પ્રતિરોધની ક્ષમતા અને ઊંચું કેશાકર્ષણ એટલે કે કોઈ પાતળી નલિકામાં ઉર્ધ્વગમનની ક્ષમતા છે. આ કેશાકર્ષણ બળ વનસ્પતિઓમાં ઓછા વ્યાસવાળી કેશનલિકાઓ જેવી **જલવાહિનીકીઓ** અને **જલવાહિનીઓ**માં થતાં વહનમાં ઉપયોગી છે.

પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા માટે પાણીની આવશ્યકતા હોય છે. જલવાહક તંત્ર પાણીની જરૂરિયાત મુજબ પાણીને મૂળથી પર્ણની શિરાઓ સુધી પહોંચાડે છે. પરંતુ તે કઈ શક્તિ છે જે પાણીના અણુઓને પર્ણની મૃદુત્તક પેશી સુધી જરૂરિયાત પ્રમાણે ખેંચી લાવે છે. જેવું બાષ્પોત્સર્જન થાય છે ત્યારે પાણીનું પાતળું સ્તર કોષોની ઉપર સતત જળવાયેલું રહે છે. પરિણામે તે જલવાહકથી પર્ણ સુધી પાણીના અણુઓને ખેંચવા માટે ઉપયોગી છે. અધોરંધ્રીય કોટર અને આંતરકોષીય અવકાશની સાપેક્ષે વાતાવરણમાં પાણીની બાષ્પની સાંદ્રતા ઓછી હોય છે. આમ, પાણી પાસેની હવામાં પ્રસરણ પામે છે અને તે ખેંચાણ બળ ઉત્પન્ન કરે છે. **(આકૃતિ 11.9)**

માપનથી સ્પષ્ટ થાય છે કે બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલું બળ પાણીના સ્તંભને જલવાહકની અંદર 130 મીટરની ઊંચાઈ સુધી ખેંચવા માટે પર્યાપ્ત હોય છે.



આકૃતિ 11.9 : પર્ણમાં પાણીનું વહન. પર્ણમાંથી પાણીની બાષ્પનું, બહારની બાજુની હવા અને પર્ણના હવાના અવકાશો વચ્ચે સર્જાતા દાબઢાળ દ્વારા વહન થાય છે. આ ઢાળ પ્રકાશસંશ્લેષી કોષો તથા જલસભર પર્ણની શિરાઓ તરફ ખસે છે.

11.4.1 બાષ્પોત્સર્જન તેમજ પ્રકાશસંશ્લેષણ : એક સમાધાન (Transpiration and Photosynthesis – a Compromise)

બાષ્પોત્સર્જનમાં એકથી વધારે હેતુઓ કે ઉદ્દેશો છે જે નીચે આપેલા છે :

- વનસ્પતિઓમાં શોષણ તેમજ વહન માટે બાષ્પોત્સર્જન ખેંચાણ બળ ઉત્પન્ન કરે છે.
- પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા માટે પાણી પૂરુ પાડે છે.
- ભૂમિમાંથી પ્રાપ્ત ખનીજ તત્ત્વો વનસ્પતિઓના બધા જ અંગો સુધી વહન કરે છે.
- પર્ણની સપાટીને બાષ્પીભવન દ્વારા 10 થી 15° સુધી ઠંડી રાખે છે.
- કોષોની આશૂનતા વનસ્પતિઓના આકાર તેમજ બંધારણને જાળવે છે.

એક સક્રિય પ્રકાશસંશ્લેષણ દર્શાવતી વનસ્પતિને પાણીની અત્યંત જરૂરિયાત હોય છે. બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા ઝડપથી પાણી ગુમાવવામાં આવતુ હોવાથી પાણી એ પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા માટે એક સિમિત પરિબળ છે. આમ વર્ષા જંગલોમાં મૂળથી પર્ણમાં થઈને વાતાવરણમાં અને છેલ્લે જમીનમાં પાણી પાછુ વળતું હોય છે અને જલચક્ર સતત ગતિશીલ રહે છે.

C_4 પ્રકાશસંશ્લેષણતંત્રના વિકાસક્રમ, સંભવતઃ કાર્બન ડાયોક્સાઇડની પ્રાપ્યતાને આધારે અને પાણીની ઉણપને ઓછી કરવાની નીતિને અંતર્ગત થાય છે. C_4 વનસ્પતિઓ, C_3ની તુલનામાં (શર્કરા બનાવવામાં) કાર્બન સ્થાપનની ક્રિયામાં બમણી સક્ષમ છે. C_4 વનસ્પતિઓ, C_3 વનસ્પતિઓ સમાન માત્રાના કાર્બન ડાયોક્સાઇડના સંયોગીકરણના હેતુથી અડધી માત્રામાં પાણીને ગુમાવે છે.

11.5 ખનીજ પોષક તત્ત્વોનું વહન તેમજ તેઓનું વિતરણ (Uptake and Transport of Nutrients)

વનસ્પતિઓ પોતાના માટે કાર્બન તેમજ મોટા ભાગનો ઑક્સિજનની જરૂરી માત્રા વાતાવરણમાં આવેલા કાર્બન ડાયોક્સાઇડમાંથી પ્રાપ્ત કરે છે. જો કે તેઓની બાકીની પોષણની જરૂરિયાત હાઇડ્રૉજનની, ભૂમિમાંથી પ્રાપ્ત ખનીજ તત્ત્વો અને પાણીથી પૂરી થાય છે.

11.5.1 ખનીજ આયનોનું ઉર્ધ્વ વહન (Uptake of Mineral Ions)

પાણીની જેમ બધા ખનીજ તત્ત્વો મૂળ દ્વારા નિષ્ક્રિય રીતે શોષણ કરી શકતા નથી. તેના માટે બે પરિબળો જવાબદાર હોય છે. (i) ભૂમિની અંદર ખનીજ તત્ત્વો વીજભારયુક્ત સ્થિતિમાં હોય છે. જો કે કોષીયપટલને તેઓ પસાર કરી શકતા નથી અને (ii) ભૂમિમાં ખનીજ તત્ત્વોની સાંદ્રતા, મૂળની અંદર ખનીજ તત્ત્વોની સાંદ્રતા કરતાં સામાન્ય રીતે ઓછી હોય છે. એટલા માટે મોટા ભાગના ખનીજ તત્ત્વો મૂળના અધિ સ્તરના કોષોના કોષરસમાં **સક્રિય વહન** દ્વારા પ્રવેશે છે. તેથી તેમાં ATPના સ્વરૂપમાં ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે. આયનોનું સક્રિય વહન મૂળના જલક્ષમતા ઢાળ માટે અંશતઃ જવાબદાર છે. આમ, આસૃતિ દ્વારા પાણીના પ્રવેશ માટે પણ કેટલાક આયનો બાહ્ય સ્તરના કોષમાં નિષ્ક્રિય સ્વરૂપથી પ્રવેશ કરી વહન પામે છે. મૂળરોમના કોષના કોષરસપટલમાં મળી આવતા વિશિષ્ટ પ્રોટીન, આયનોને ભૂમિમાંથી સક્રિય પંપ દ્વારા અધિ સ્તરના કોષોના કોષરસમાં મોકલે છે. બધા કોષોની જેમ અંતઃસ્તરના કોષોના કોષરસપટલમાં પણ કેટલાક વાહક પ્રોટીન મળી આવે છે. તેઓ કેટલાક દ્રાવ્ય પદાર્થોને પટલની આરપાર વહન કરે છે; પરંતુ અન્યને પ્રવેશ પામવા દેતા નથી. અંતઃ સ્તરના કોષોના વાહક પ્રોટીન્સ નિયંત્રણ બિંદુ તરીકે હોય છે; જ્યાં વનસ્પતિ દ્રાવ્ય પદાર્થની માત્રા તેમજ પ્રકારને જલવાહકમાં પહોંચાડે છે અને સમાયોજિત કરે છે. અહીંયા ધ્યાન આપો કે મૂળના અંતઃ સ્તરમાં સુબેરીનની પટ્ટી હોવાને કારણે એક જ દિશામાં સક્રિય વહન કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે.

11.5.2 ખનીજ આયનોનું સ્થળાંતરણ (Translocation of Mineral Ions)

જ્યારે આયનો સક્રિય કે નિષ્ક્રિય વહન દ્વારા કે પછી સંયુક્ત રીતથી જલવાહકમાં પહોંચી જાય છે; ત્યારે તેઓનું વહન વનસ્પતિના પ્રકાંડ તેમજ બધા ભાગો સુધી બાષ્પોત્સર્જનના પ્રવાહના માધ્યમથી થાય છે.

ખનીજ તત્ત્વો માટે મુખ્ય જરૂરિયાત (સિંક) વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ કરતાં વિસ્તારોને હોય છે. જેવાં કે, પ્રરોહાગ્ર તેમજ પાર્શ્વીય વર્ધમાન પેશી, તરુણ પર્ણો, વિકાસશીલ પુષ્પો, ફળ તેમજ બીજ અને સંગ્રહ સંબંધી કાર્ય કરતાં અંગો. ખનીજ આયનોનું વહન પાતળી શિરાઓના અંતિમ છેડા પર આવેલા કોષો દ્વારા પ્રસરણ તેમજ સક્રિય વહનથી થાય છે.

ખનીજ આયનોનું ઝડપથી પુનઃ સંગઠન વિશેષ સ્વરૂપેથી જૂના પુખ્તાવસ્થા વાળા ભાગમાં થાય છે. જૂના અને મૃત પામતાં પર્ણો તેમની અંદર આવેલા ખનીજ પદાર્થોને નવા પર્ણો તરફ વહન કરે છે. એવી જ રીતે પર્ણો, પર્ણપતન દર્શાવતાં વૃક્ષ, પર્ણો ખરી પડતાં પહેલાં તેમના ખનીજ તત્ત્વોને અન્ય ભાગો તરફ મોકલી આપે છે. જે પદાર્થ સામાન્ય રીતે ત્વરિત વહન પામે કે સંઘટિત થતા હોય, જેવાં કે ફૉસ્ફરસ, સલ્ફર, નાઇટ્રોજન અને પોટૅશિયમ, કેટલાક તત્ત્વો જે સંરચનાત્મક ઘટક હોય છે. જેવાં કે, કૅલ્શિયમ, તેઓનું પુનઃ સંગઠન થઈ શકતું નથી. જલવાહકના સ્રાવનું વિશ્લેષણ એ દર્શાવે છે કે કેટલાક નાઇટ્રોજન અકાર્બનિક આયનોના સ્વરૂપમાં અને તેનાં વધુ ભાગ કાર્બનિક એમિનો ઍસિડ અને સંબંધિત ઘટકોના સ્વરૂપમાં પરિવર્તન પામે છે. આ રીતે ફૉસ્ફરસ તેમજ સલ્ફર પણ કાર્બનિક સંયોજનોના સ્વરૂપમાં રૂપાંતરિત થાય છે. આના સિવાય જલવાહક તેમજ અન્નવાહકની વચ્ચે પણ પદાર્થોનો વિનિમય થાય છે. આથી, આપણે સ્પષ્ટ રીતે ભિન્નતા દર્શાવી શકતા નથી કે જલવાહક માત્ર અકાર્બનિક પોષક દ્રવ્યોનું વહન કરે છે અને અન્નવાહક માત્ર કાર્બનિક પદાર્થોનું વહન કરે છે. જો કે પહેલા આ મુદ્દા પર વિશ્વાસ કરાતો હતો.

11.6 અન્નવાહકમાં વહન : સ્રોતથી સિંકની તરફ વહન (Phloem Transport : Flow From Source to Sink)

ખોરાકનું એટલે કે મુખ્યત્વે શર્કરાનું વહન અન્નવાહક પેશી દ્વારા સ્રોત કે ઉદ્‌ગમ સ્થાનેથી જરૂરિયાતવાળા પ્રદેશ કે સિંક તરફ થાય છે. સામાન્યતઃ સ્રોતને વનસ્પતિનો તે ભાગ માનવામાં આવે છે કે જ્યાં ખોરાકનું સંશ્લેષણ થાય છે; જેમ કે, પર્ણો અને સિંક એટલે કે જરૂરિયાતવાળા પ્રદેશો છે. આ તે ભાગ છે, કે જ્યાં ખોરાક એકત્રિત થાય છે. પરંતુ, આ સ્રોત અને સિંક પોતાની ભૂમિકાઓ ઋતુ તેમજ જરૂરિયાતને અનુસરીને પણ બદલાઈ શકે છે. મૂળમાં એકત્રિત થયેલી શર્કરા વસંત ઋતુની શરૂઆતમાં ખોરાકનો સ્રોત બને છે. આ સમયે વનસ્પતિઓ પર નવી કલિકાઓ સિંકનું કામ કરે છે. પ્રકાશસંશ્લેષણના ભાગોની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસના હેતુસર ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે. આમ સ્રોત અને સિંકનો સંબંધ પરિવર્તનશીલ છે. આથી વહનની દિશા ઉર્ધ્વ કે અધઃ કે ઉપર કે નીચેની તરફ અથવા **દ્વિદિશીય** હોઈ શકે છે. જલવાહકમાં વહન હંમેશાં નીચેથી ઉપરની તરફ **એક જ દિશામાં** થાય છે. જો કે બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા પાણીનું વહન એક દિશીય થાય છે. પરંતુ અન્નવાહકના પ્રવાહીમાં ખોરાકના કણોનું વહન જરૂરિયાત મુજબ અન્ય દિશાઓમાં થઈ શકે છે. કારણ કે સ્રોત અને સિંક, શર્કરાનો ઉપયોગ સંગ્રહણ અને શર્કરાને દૂર કરવા માટે સક્ષમ હોય છે.

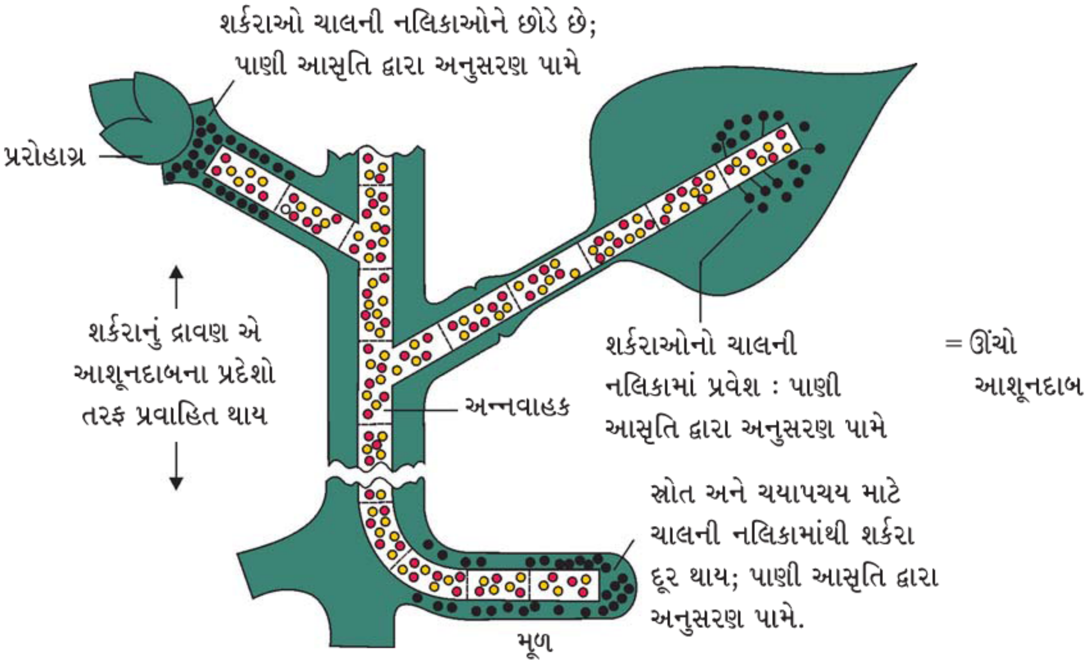
અન્નવાહકના પ્રવાહી(તેનો કોષરસ)માં મુખ્યત્વે પાણી અને સુક્રોઝ હોય છે, પરંતુ અન્ય શર્કરાઓ, અંતઃસ્રાવો અને એમિનો ઍસિડ વગેરે પણ અન્નવાહક દ્વારા **સ્થળાંતરણ** પામે છે.

11.6.1 દાબ પ્રવાહ કે સામૂહિક વહનનો અધિતર્ક (The Pressure Flow or Mass Flow Hypothesis)

સ્રોતથી સિંક કે જરૂરિયાત તરફ શર્કરાનું સ્થળાંતર કરવા માટે આવશ્યક સ્વીકૃત ક્રિયાવિધિને દાબ વહન કે દાબ પ્રવાહની પરિકલ્પના કહે છે (આકૃતિ 11.10). જેમ કે, સ્રોતમાં ગ્લુકોઝ (પ્રકાશસંશ્લેષણ દ્વારા) સંશ્લેષણ પામે છે. તે સુક્રોઝમાં (એક ડાયસેકેરાઈડ)માં પરિવર્તિત થાય છે. ત્યારબાદ સાથીકોષોમાં અને ત્યારબાદ સક્રિય વહન દ્વારા જીવંત વાહક પેશી એટલે કે અન્નવાહકની ચાલનીનલિકામાં વહન પામે છે. સ્રોતમાં શર્કરા જેવા પદાર્થોમાં ભરાવો થવાથી આ ક્રિયા અન્નવાહકમાં અધિસાંદ્ર સ્થિતિ સર્જે છે. નિકટવર્તી જલવાહકમાંથી પાણી આસૃતિ દ્વારા અન્નવાહકમાં દાખલ થાય છે. અન્નવાહકમાં દાખલ થયેલ શર્કરાને કારણે તેના અન્ય વિસ્તારમાં સાંદ્રતા ઓછી હોવાથી શર્કરાયુક્ત દ્રાવણ અન્નવાહકના વિસ્તાર તરફ વહન પામે છે. જેવો આસૃતિદાબ સર્જાય કે તરત અન્નવાહક રસ નિમ્ન સાંદ્રતા વિસ્તાર તરફ વહન પામે છે. સ્રોત તરફ આસૃતિદાબ ઘટે છે. આ ઘટના માટે સક્રિય વહન આવશ્યક હોય છે. જેથી શર્કરાઓ દૂર થાય, આસૃતિદાબ ઘટે છે અને પાણી અન્નવાહકમાંથી બહાર નીકળે છે.

ટૂંકમાં, અન્નવાહક શર્કરાઓના વહન સ્રોતથી શરૂ થાય છે; જ્યાં શર્કરાઓનો એક ચાલની નલિકામાં (સક્રિય વહન દ્વારા) ભરાવો થાય છે. અન્નવાહકમાં આ ભરાવો એક જલક્ષમતા ઢાળની શરૂઆત કરે છે જો કે અન્નવાહકમાં સામૂહિક વહનને સરળ બનાવે છે.

અન્નવાહક પેશી ચાલની નલિકાઓ દ્વારા બને છે. જે લાંબી સ્તંભ કે નલિકા જેવી રચના કરે છે. જેની છેડાની દીવાલમાં છિદ્રો હોય છે. જેને ચાલની પટ્ટિકા કહે છે. કોષરસીય તંતુઓ ચાલની પટ્ટિકાના છિદ્રમાં પ્રવેશ પામે છે અને સતત તંતુમય રચના બનાવે છે. જેવું પ્રવાહી સ્થિતિ દબાણ અન્નવાહકની ચાલનીનલિકામાં વધે છે તે સાથે જ દાબ વહનની શરૂઆત થાય છે અને પ્રવાહી કે અન્નવાહક રસનું વહન અન્નવાહકમાંથી થાય છે. આ દરમિયાન સિંક તરફ આવનારી શર્કરાને



આકૃતિ 11.10 : સ્થળાંતરની ક્રિયાવિધિની રૂપરેખાની પ્રસ્તુતિ

અન્નવાહક તરફથી સક્રિય રીતે અને શર્કરાના જટિલ રૂપે બહાર નીકળે છે. અન્નવાહકમાં દ્રાવ્ય પદાર્થની તેની ઊણપ તરફ એક ઊંચી જલક્ષમતા ઉત્પન્ન કરે છે અને પાણી અંતમાં જલવાહકની પાસે આવે છે.

એક સામાન્ય પ્રયોગ, જેને ગિર્ડલીંગ કહેવાય છે. તેના પ્રયોગને ખોરાકના વહનમાં ભાગ લેતી પેશીને ઓળખીને કરાય છે. વૃક્ષના પ્રકાંડ પરથી છાલને એક વલય (રીંગ) રૂપે અન્નવાહક સુધી સાવધાનીપૂર્વક દૂર કરાય છે. નીચેની તરફ હવે ખોરાકનું વહન ન થવાને કારણે વલયની ઉપરની છાલ કેટલાક અઠવાડિયા પછી ફૂલી જાય છે. આ સામાન્ય પ્રયોગ દર્શાવે છે કે અન્નવાહક પેશી ખોરાકના સ્થળાંતરણ માટે જવાબદાર છે અને વહનની દિશા એકદિશીય છે અર્થાત્ મૂળની તરફ. આ પ્રયોગને તમે સહેલાઈથી કરી શકો છો.

સારાંશ

વનસ્પતિઓ વિવિધ અકાર્બનિક ખનીજતત્ત્વો (આયન) તેમજ ક્ષારોને તેમની આસપાસના પર્યાવરણમાંથી ખાસ કરીને હવા, પાણી અને ભૂમિમાંથી મેળવે છે. આ પોષક તત્ત્વોનું વહન પર્યાવરણમાંથી વનસ્પતિઓમાં અને એક વનસ્પતિના કોષોમાંથી બીજી વનસ્પતિના કોષો સુધી, આવશ્યક સ્વરૂપે પટલની આરપાર વહન દ્વારા થાય છે. કોષરસપટલની આરપાર વહન, પ્રસરણ, સાનુકૂલિત પ્રસરણ કે સક્રિય વહન દ્વારા થાય છે. મૂળ દ્વારા શોષાયેલા ખનીજ ક્ષારો અને પાણીનું જલવાહક દ્વારા વહન થાય છે અને પર્ણો દ્વારા સંશ્લેષિત કાર્બનિક પદાર્થ વનસ્પતિના વિવિધ ભાગોમાં જલવાહક દ્વારા વહન થાય છે.

નિષ્ક્રિય વહન (પ્રસરણ, આસૃતિ) અને સક્રિય વહન સજીવોમાં પોષક પદાર્થોને પટલોની આરપાર વહન કરવા માટેના બે પરિપથો છે. નિષ્ક્રિય વહનમાં પ્રસરણ દ્વારા પટલની આરપાર ઊર્જાના વ્યય વગર પોષક પદાર્થોનું વહન સંકેન્દ્રણ ઢાળને અનુસરીને થાય છે. પદાર્થોનું પ્રસરણ આકાર અને તેમના પાણીમાં કે કાર્બનિક દ્રાવણમાં ઓગળવાની ક્ષમતા પર નિર્ભર કરે છે. આસૃતિ એક વિશેષ પ્રકારનું પ્રસરણ છે. જેમાં પાણી અર્ધ પ્રવેશશીલ પટલને પસાર કરે છે અને દબાણ તેમજ સંકેન્દ્રણ ઢાળ પર નિર્ભર કરે છે. સક્રિય વહનમાં ATPની ઊર્જા, અણુઓનો સંકેન્દ્રણ ઢાળની વિરુદ્ધ પટલને પસાર કરી પંપ કરે છે. જલક્ષમતા પાણીની સ્થિતિ ઊર્જા છે જે પાણીની ગતિમાં મદદરૂપ થાય છે. આ દ્રાવ્ય પદાર્થોની અંતઃશક્તિ અને દબાણની અંતઃશક્તિ દ્વારા નિર્ધારિત થાય છે. કોષનો આ વ્યવહાર આસપાસના દ્રાવણો પર નિર્ભર કરે છે. જો કોષની આસપાસ દ્રાવણ અધિસાંદ્ર છે તો કોષરસનું સંકોચન થાય છે. બીજ તેમજ શુષ્ક કાષ્ઠો દ્વારા પાણીનું શોષણ વિશેષ પ્રકારનું પ્રસરણ છે જેને અંતઃ ચૂષણ કહે છે.

ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં વાહકતંત્ર જલવાહક અને અન્નવાહક પદાર્થોના સ્થળાંતરણ માટે જવાબદાર છે. પાણી ખનીજ ક્ષારો અને પોષક દ્રવ્યો વનસ્પતિ દેહમાં માત્ર પ્રસરણ દ્વારા વહન પામી શકતા નથી, એટલા માટે સામૂહિક વહનતંત્ર દ્વારા વહન થાય છે. ખનીજ તત્ત્વોનું સામૂહિક રીતે એક સ્થાનેથી બીજા સ્થાને વહન બે બિંદુઓની વચ્ચે આવેલા દાબ તફાવતને કારણે થાય છે.

મૂળરોમ દ્વારા શોષણ પામેલ પાણી મૂળની ઊંડાઈમાં બે અલગ-અલગ પરિપથોથી જાય છે. ઉદાહરણ તરીકે – અપદ્રવ્ય પરિપથ અને સંદ્રવ્ય પરિપથ. ભૂમિમાંથી વિવિધ આયનો અને પાણી પ્રકાંડની ઓછી ઊંચાઈ સુધી મૂળદાબ દ્વારા વહન થાય છે. બાષ્પોત્સર્જન ખેંચાણ બળથી પાણીને વહનના સર્વાધિક સ્વીકૃત રૂપમાં કરે છે. બાષ્પના સ્વરૂપે વનસ્પતિના વિભિન્ન ભાગો દ્વારા પાણી વાયુરંધ્રો કે પર્ણરંધ્રો દ્વારા ત્યાગ કે વ્યય થાય છે. તાપમાન, પ્રકાશ, આર્દ્રતા (ભેજ), હવાનો વેગ બાષ્પોત્સર્જનના દર પર અસરકારક પરિબળો છે. પાણીની વધુ માત્રા

વનસ્પતિના પર્ણોને પ્રરોહાગ્રમાંથી બિંદુ સ્વરૂપે સ્રાવ કરે છે. વનસ્પતિઓમાં ખોરાક મુખ્યત્વે શર્કરાનું વહન ઉદ્‌ગમ સ્થાનથી જરૂરિયાત સુધી અન્નવાહક દ્વારા વહન પામે છે જેના માટે અન્નવાહક પેશી જવાબદાર છે. અન્નવાહકમાં સ્થળાંતરણ દ્વિદિશીય હોય છે અને સ્રોત અને સિંકનો સંબંધ વૈવિધ્યપૂર્ણ હોય છે. અન્નવાહકમાં સ્થળાંતરણ દાબ-વહન અધિતર્ક દ્વારા વર્ણવી શકાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. પ્રસરણના દરને કયા કારકો/પરિબળો અસર પહોંચાડે છે ?
2. પોરિન્સ શું છે ? પ્રસરણમાં તેઓ શું ભૂમિકા ભજવે છે ?
3. વનસ્પતિઓમાં સક્રિય વહન દરમિયાન પ્રોટીન પંપ દ્વારા શું ભૂમિકા ભજવે છે ? તેની વ્યાખ્યા આપો.
4. શુદ્ધ પાણીની સૌથી વધારે જલક્ષમતા કેમ હોય છે ? વર્ણન કરો.
5. નીચે આપેલાઓનો તફાવત આપો :
   (a) પ્રસરણ અને આસૃતિ
   (b) બાષ્પોત્સર્જન અને બાષ્પીભવન
   (c) આસૃતિદાબ અને આસૃતિ ક્ષમતા
   (d) પ્રસરણ અને અંતઃચૂષણ
   (e) વનસ્પતિઓમાં પાણીનું શોષણ માટે અપદ્રવ્ય પરિપથ અને સંદ્રવ્ય પરિપથ
   (f) બિંદુસ્વેદન અને બાષ્પોત્સર્જન
6. જલક્ષમતાને સંક્ષિપ્તમાં વર્ણન કરો. કયું પરિબળ તેને અસર પહોંચાડે છે ? પાણી, ક્ષમતા, દ્રાવ્ય પદાર્થની ક્ષમતા અને દાબક્ષમતાના પરસ્પર સંબંધોની વ્યાખ્યા કરો.
7. જ્યારે શુદ્ધ પાણી કે દ્રાવણ પર વાતાવરણના દબાણની તુલનામાં વધારે દબાણ આપવમાં આવે ત્યારે શું થાય છે ?
8. (a) રેખાંકિત આકૃતિની મદદથી વનસ્પતિઓ કોષરસનું સંકોચનની વિધિનું વર્ણન ઉદાહરણ સહિત કરો.
   (b) જો વનસ્પતિના કોષને ઊંચી જલક્ષમતાવાળા દ્રાવણમાં મૂકવામાં આવે તો શું થાય છે ?
9. વનસ્પતિમાં પાણી તેમજ ખનીજ તત્ત્વોનું શોષણમાં માઈકોરાઈઝાનો સંબંધ કેટલો મદદરૂપ થાય છે ?
10. વનસ્પતિમાં પાણીનાં વહન માટે મૂળદાબ શું ભૂમિકા ભજવે છે ?
11. વનસ્પતિઓમાં પાણીનાં વહન માટે બાષ્પોત્સર્જન ખેંચાણ બળનું વર્ણન કરો. બાષ્પોત્સર્જન ક્રિયાને કયું પરિબળ પ્રભાવિત કરે છે ? વનસ્પતિઓ માટે કોણ ઉપયોગી છે ?
12. વનસ્પતિઓમાં જલવાહકમાં રસારોહણ માટે જવાબદાર પરિબળોની વ્યાખ્યા કરો.
13. વનસ્પતિઓમાં ખનીજોનું શોષણ દરમિયાન અંતઃ સ્તરની આવશ્યક ભૂમિકા શું છે ?
14. જલવાહક વહન એકદિશીય તથા અન્નવાહક વહનમાં દ્વિદિશીય વહન કેમ થાય છે ? તેની સમજૂતી આપો.
15. વનસ્પતિઓમાં શર્કરાનું સ્થળાંતરણ દાબ પ્રવાહ કે દાબ વહનના અધિતર્કની સમજૂતી આપો.
16. બાષ્પોત્સર્જન દરમિયાન રક્ષકકોષો ખૂલવાની તેમજ બંધ થવાનું કારણ શું છે ?

પ્રકરણ 12

ખનીજ પોષણ (Mineral Nutrition)

12.1 વનસ્પતિઓમાં ખનીજ તત્ત્વોની આવશ્યકતાઓના અભ્યાસની પદ્ધતિઓ

12.2 આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો

12.3 ખનીજ તત્ત્વોના શોષણની ક્રિયાવિધિ

12.4 દ્રાવ્ય પદાર્થનું સ્થળાંતરણ

12.5 ભૂમિ, આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોના સંચય સ્થાનના સ્વરૂપમાં

12.6 નાઈટ્રોજનનું ચયાપચય

બધા સજીવોની મૂળભૂત જરૂરિયાતો આવશ્યક રીતે એક સમાન હોય છે. તેઓને તેમની વૃદ્ધિ અને વિકાસ માટે ગુરૂ પોષક અણુઓ જેવાં કે કાર્બોદિત, પ્રોટીન, ચરબી તેમજ પાણી તથા ખનીજ ક્ષારોની જરૂરિયાત હોય છે.

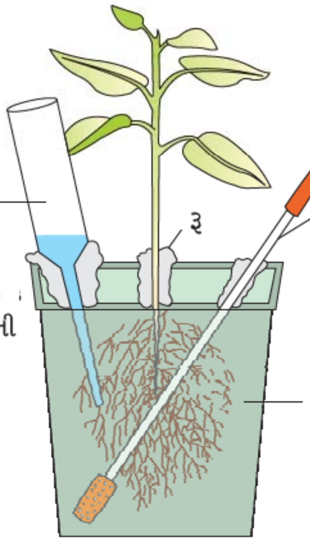
આ પ્રકરણ મુખ્યત્વે અકાર્બનિક વાનસ્પતિક પોષણને કેન્દ્રિત કરે છે. જેમાં તમે વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ માટે અનિવાર્ય પોષક તત્ત્વોને ઓળખવાની રીતો અને તેમની આવશ્યકતા નિર્ધારિત કરવા માટેના માપદંડ વિશે અભ્યાસ કરશો. તમે આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોની ભૂમિકા, તેમની ઊણપથી ઉદ્‌ભવતાં લક્ષણો અને તેમના શોષણની ક્રિયાવિધિ વિશે પણ અભ્યાસ કરીશું. આ પ્રકરણમાં તમને સંક્ષિપ્તમાં જૈવિક નાઇટ્રોજન (N_2) સ્થાપનની ક્રિયાવિધિ અને તેની અગત્ય વિશે માહિતગાર કરાવીશું.

12.1 વનસ્પતિઓમાં ખનીજ તત્ત્વોની આવશ્યકતાઓના અભ્યાસની પદ્ધતિઓ (Methods to Study The Mineral Requirements of Plants)

જુલિયસ વૉન સેચ (1860), એક અગ્રણી જર્મન વનસ્પતિ શાસ્ત્રીએ સૌપ્રથમ દર્શાવ્યું કે વનસ્પતિઓને ભૂમિ કે જમીનની ગેરહાજરીમાં પોષક દ્રાવણમાં પુખ્તાવસ્થા સુધી ઉછેરી શકાય છે. વનસ્પતિઓને પોષક દ્રાવણમાં ઉગાડવાની આ તક્‌નિક **જલસંવર્ધન(Hydroponics)**ના નામથી પ્રચલિત છે. ત્યારબાદ કેટલીક ઉચ્ચ કક્ષાની રીતો કે પદ્ધતિઓ પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લેવાયેલી છે. જેનાથી વનસ્પતિઓ માટે ખનીજ પોષક તત્ત્વોની આવશ્યકતા નક્કી કરવામાં આવી છે. ઉપરોક્ત બધી પદ્ધતિઓના પ્રયોગના નિષ્કર્ષ દ્વારા જણાયું કે વનસ્પતિઓને ભૂમિ વગર પોષક દ્રાવણમાં ઉગાડી શકાય છે. આ પદ્ધતિઓમાં શુદ્ધ કરેલ પાણી તેમજ ખનીજ પોષક તત્ત્વોની આવશ્યકતા હોય છે. શું તમે સમજાવી શકો છો કે તે કેમ આટલું આવશ્યક છે ?

શ્રેણીબદ્ધ પ્રયોગોના અંતે, વનસ્પતિના મૂળને પોષક દ્રાવણમાં રાખવામાં આવ્યા અને તત્ત્વને ઉમેરીને કે દૂર કરીને કે વિવિધ સાંદ્રતા જાળવીને, વનસ્પતિના વૃદ્ધિ માટે યોગ્ય એવું પોષણ દ્રાવણ પ્રાપ્ત થાય છે. આ રીત દ્વારા આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોની ઓળખ થાય છે અને તેઓની ઊણપના

કારણે ઉદ્‌ભવતાં લક્ષણોનું સંશોધન થયું. જલસંવર્ધનની તક્‌નિક દ્વારા શાકભાજી જેવી કે ટામેટા, બીજવિહીન કાકડી અને સલાડ (કચુંબર માટે વપરાતી શાકભાજી) (Lettuce)ને વ્યાપારિક ઉત્પાદનના હેતુથી સફળતાપૂર્વક ઉગાડી શક્યા છીએ. એ ધ્યાન રાખવા યોગ્ય બાબત છે કે વનસ્પતિની ઇષ્ટતમ વૃદ્ધિ માટે પોષક દ્રાવણને પ્રચૂર વાયુમય માધ્યમમાં રાખવામાં આવે છે. જો દ્રાવણમાં હવાનું પ્રમાણ ઓછું હોય તો શું થાય છે ? જલસંવર્ધન તક્‌નિકને **આકૃતિ 12.1 અને 12.2**માં દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 12.1 : પોષક દ્રાવણ સંવર્ધન માટે એક આદર્શ અવસ્થાની રેખાકૃતિ

12.2 આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો (Essential Mineral Elements)

ભૂમિમાં આવેલા મોટા ભાગના ખનીજ તત્ત્વો મૂળ દ્વારા વનસ્પતિઓમાં પ્રવેશી શકે છે. હકીકતમાં સંશોધિત થયેલા 105 તત્ત્વો પૈકી 60 કરતાં વધુ તત્ત્વો વનસ્પતિઓમાં જોવા મળ્યાં છે. કેટલીક વનસ્પતિઓની જાતિઓ સેલેનિયમ(Se)નો સંગ્રહ કરે છે. જ્યારે કેટલીક વનસ્પતિઓ સોનાને (Au), ન્યુક્લીયર પરીક્ષણ સ્થળોની નજીકમાં ઉગતી વનસ્પતિઓ રેડિયોઍક્ટિવ સ્ટ્રૉન્શિયમ(Sr) મેળવે છે. વનસ્પતિઓમાં ખનીજ તત્ત્વોનું ન્યૂનતમ સંકેન્દ્રણ કે સાંદ્રતા (10^{-8} g/mL)ને પણ નક્કી કરવાની તક્‌નિક આજે ઉપલબ્ધ છે. પ્રશ્ન એ થાય છે કે શું બધા વિવિધ વિપરિત ખનીજ તત્ત્વો જે વનસ્પતિઓ મેળવે છે ઉદાહરણ તરીકે ઉપર વર્ણવેલ સોનું અને સ્ટ્રૉન્શિયમ (Sr) વનસ્પતિઓ માટે ખરેખર આવશ્યક છે ? આપણે તે કેવી રીતે નિર્ધારિત કરીએ કે વનસ્પતિઓ માટે તેઓ આવશ્યક છે કે નથી ?

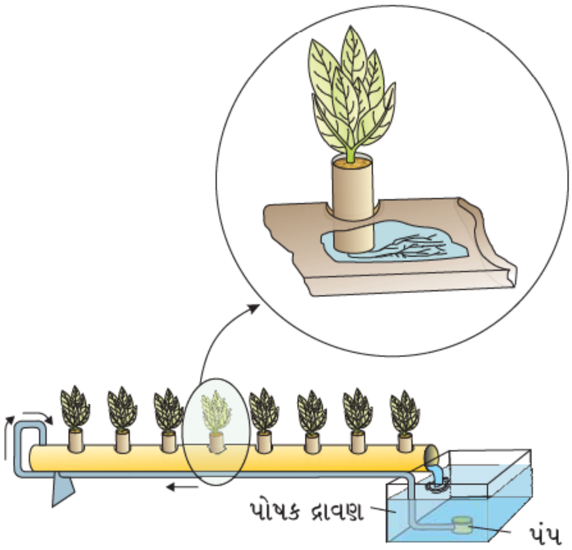
12.2.1 આવશ્યકતા માટેના માપદંડો (Criteria for Essentiality)

કોઈ પણ તત્ત્વની આવશ્યકતાના માપદંડ નીચે પ્રમાણે છે :

(a) તત્ત્વ, વનસ્પતિની સામાન્ય વૃદ્ધિ અને પ્રજનનના હેતુ માટે તદ્દન આવશ્યક હોવું જોઈએ. તે તત્ત્વની ગેરહાજરીમાં વનસ્પતિ પોતાનું જીવનચક્ર પૂરું કરી શકતું નથી કે બીજને સર્જી શકતું નથી.

(b) તત્ત્વની આવશ્યકતા વિશિષ્ટ હોવી જોઈએ અને તેને કોઈ અન્ય તત્ત્વ દ્વારા પ્રતિસ્થાપિત કરી શકાય નહિ. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો કોઈ એક તત્ત્વની ઉણપ કોઈ અન્ય તત્ત્વ દ્વારા દૂર કરી શકાતી નથી.

(c) તત્ત્વ, વનસ્પતિની ચયાપચયની ક્રિયામાં પ્રત્યક્ષ રૂપે ભાગ લેતું હોવું જોઈએ.



આકૃતિ 12.2 : જલસંવર્ધનથી વનસ્પતિઓનું ઉત્પાદન, વનસ્પતિઓને નળીમાં કે ઢાળવાળા સ્થાનો પર ઉછેરવામાં આવે છે. પંપ પોષક દ્રાવણનું તેના સંચય સ્થાનથી નળીના બીજા છેડા તરફ વહન કરે છે. દ્રાવણ નળીની નીચે વહન દરમિયાન ગુરુત્વાકર્ષણને કારણે તે પોતાના સંચય સ્થાને પાછું ફરે છે. આપેલ વ્યવસ્થામાં એવા છોડ દર્શાવવામાં આવેલા છે કે જેના મૂળ સતત વાત પોષક દ્રાવણમાં ડૂબેલા રહે છે. આકૃતિમાં દર્શાવેલ તીર વહનની દિશા દર્શાવે છે.

ઉપરોક્ત માપદંડોને આધારે માત્ર કેટલાક જ ખનીજ તત્ત્વો વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ તેમજ ચયાપચય માટે ચોક્કસપણે આવશ્યક છે તેવું જોવા મળ્યું. આ તત્ત્વોને તેમના જથ્થાને આધારે બે જૂથમાં વહેંચવામાં આવ્યા.

(i) ગુરૂપોષક તત્ત્વો (બૃહદ્પોષક તત્ત્વો), (ii) લઘુપોષક તત્ત્વો (સૂક્ષ્મપોષક તત્ત્વો).

(i) ગુરૂપોષક તત્ત્વો (બૃહદ્પોષક તત્ત્વો) : ગુરૂપોષક તત્ત્વો સામાન્ય રીતે વનસ્પતિની પેશીઓમાં (શુષ્ક પદાર્થના 10m mole kg^{-1} થી) વધુ માત્રામાં આવેલા હોય છે, આ જૂથમાં સમાયેલા ગુરૂપોષક તત્ત્વો - કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, સલ્ફર, પોટૅશિયમ, કૅલ્શિયમ અને મૅગ્નેશિયમ છે. તેમાંથી કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન મુખ્યત્વે CO_2 તેમજ H_2O માંથી પ્રાપ્ત થાય છે. જ્યારે અન્ય ખનીજ તત્ત્વો ભૂમિમાંથી ખનીજ સ્વરૂપે શોષણ પામે છે.

(ii) લઘુપોષક તત્ત્વો (સૂક્ષ્મપોષક તત્ત્વો) : સૂક્ષ્મપોષક તત્ત્વો અથવા લેશ તત્ત્વો કે જેની આવશ્યકતા ઓછી માત્રામાં હોય છે (શુદ્ધ વજનનાં 10m mole kg^{-1} થી ઓછી માત્રામાં). તેમાં આયર્ન (લોહ), મૅંગેનીઝ, કૉપર, મોલિબ્ડેનમ, ઝિંક, બોરોન, ક્લોરિન અને નિકલનો સમાવેશ થાય છે.

ઉપર વર્ણવેલા 17 આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો ઉપરાંત, કેટલાક અન્ય લાભદાયક તત્ત્વો પણ છે, જેવાં કે સોડિયમ, સિલિકોન, કોબાલ્ટ અને સેલેનિયમ. તેઓ ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓ માટે આવશ્યક છે.

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોને તેમના વિવિધ કાર્યોને આધારે સામાન્ય રીતે ચાર જૂથમાં વહેંચી શકાય છે. આ જૂથો આ પ્રમાણે છે :

(i) આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો જૈવિક અણુઓના ઘટક તરીકે હોય છે અને આથી કોષોના રચનાત્મક તત્ત્વ તરીકે ઓળખાય છે. (દા.ત., કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજન).

(ii) આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો જે વનસ્પતિઓમાં ઊર્જા સંબંધિત રાસાયણિક સંયોજનોના ઘટકો છે; દા.ત., હરિત દ્રવ્યમાં મૅગ્નેશિયમ અને ATP નાં બંધારણમાં ફૉસ્ફરસ.

(iii) આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો જે ઉત્સેચકોની સક્રિયતા અને અવરોધકતા સાથે સંકળાયેલા છે ઉદાહરણ તરીકે Mg^{+2} એ રિબ્યુલોઝ બાયફૉસ્ફેટ કાર્બોક્ઝાયલેઝ ઑક્સિજીનેઝ (RuBisCO) અને ફૉસ્ફોઇનોલ પાયરૂવેટ કાર્બોક્ઝાયલેઝ બંનેને સક્રિય કરે છે. આ બંને ઉત્સેચકો પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કાર્બન સ્થાપન માટે અતિ મહત્ત્વપૂર્ણ છે. Zn^{+2} એ આલ્કોહોલ ડીહાઈડ્રોજીનેઝને સક્રિય કરે છે અને Mo, નાઇટ્રોજન ચયાપચય દરમિયાન નાઇટ્રોજીનેઝને સક્રિય કરે છે. શું તમે આ જૂથમાં કેટલાક અન્ય ખનીજ તત્ત્વોનાં નામ ઉમેરી શકો છો ? આ માટે તમારે કેટલાંક જૈવ રાસાયણિક પરિપથોનો અભ્યાસ કરવો આવશ્યક છે, જેનો તમે અગાઉ અભ્યાસ કરેલ છે.

(iv) કેટલા આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો કોષની આસૃતિ ક્ષમતાને બદલે છે. પોટૅશિયમની હાજરી પર્ણરંધ્રો કે વાયુરંધ્રોને ખોલવા અને બંધ કરવામાં અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે. તમે કોષની જલક્ષમતાને નક્કી કરતાં ખનીજ તત્ત્વોના દ્રાવ્ય પદાર્થના સ્વરૂપની ભૂમિકાને યાદ કરો.

12.2.2 ગુરૂ અને લઘુપોષક તત્ત્વોની ભૂમિકા (Role of Macro and Micro-nutrients)

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો ઘણાં કાર્યો કરે છે. તે વનસ્પતિઓના કોષોની વિવિધ ચયાપચયની ક્રિયાઓમાં ભાગ લે છે. જેવી કે કોષરસપટલની પ્રવેશશીલતા, કોષીય પ્રવાહીની આસૃતિ- સાંદ્રતાનું નિયંત્રણ, ઈલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર, બફર ક્રિયાવિધિ, ઉત્સેચકકીય ક્રિયાશીલતા અને મહાઅણુઓ તથા સહઉત્સેચકના મુખ્ય ઘટકોનું કાર્ય કરે છે.

આવશ્યક ખનીજ પોષક તત્ત્વોનાં વિવિધ સ્વરૂપો અને તેમના કાર્યો નીચે પ્રમાણે છે :

નાઈટ્રોજન : આ તત્ત્વની આવશ્યકતા વનસ્પતિઓમાં સૌથી વધારે માત્રામાં હોય છે. આ તત્ત્વનું શોષણ મુખ્યત્વે ભૂમિમાંથી NO_3^- ના સ્વરૂપમાં થાય છે. પરંતુ કેટલીક માત્રામાં NO_2^- કે NH_4^+ ના સ્વરૂપમાં પણ શોષણ પામે છે. આ તત્ત્વની આવશ્યકતા વનસ્પતિઓના બધા જ ભાગોમાં, ખાસ કરીને વર્ધમાન પેશીઓમાં તેમજ ચયાપચયિક સક્રિય કોષોમાં હોય છે. નાઇટ્રોજન એ પ્રોટીન, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ્સ, વિટામિન અને અંતઃસ્ત્રાવોનો એક મુખ્ય બંધારણીય ઘટક છે.

ફૉસ્ફરસ : ફૉસ્ફરસ વનસ્પતિઓ દ્વારા ફૉસ્ફેટ આયનો ($H_2PO_4^{-1}$ કે HPO_4^{-2})ના સ્વરૂપે જમીનમાંથી શોષાય છે. ફૉસ્ફરસ કોષરસપટલ કેટલાક પ્રોટીન, બધા જ ન્યુક્લિઇક ઍસિડ અને ન્યુક્લિઓટાઇડનો બંધારણીય ઘટક છે તથા બધી જ ફૉસ્ફોરાયલેશન પ્રક્રિયા માટે જરૂરી છે.

પોટૅશિયમ : વનસ્પતિઓ દ્વારા તેઓનું શોષણ પોટૅશિયમ આયન(K^+)ના સ્વરૂપે થાય છે. તેની જરૂરિયાત વનસ્પતિઓની વર્ધમાન પેશીઓ, કલિકાઓ, પર્ણો અને મૂળાગ્રમાં વધારે માત્રામાં હોય છે. પોટૅશિયમ, કોષોમાં ધનાયન-ઋણાયન સંતુલન કે આયનિક સંતુલનને જાળવવામાં મદદરૂપ થાય છે. તે પ્રોટીન સંશ્લેષણ, વાયુરંધ્રો કે પર્ણરંધ્રોની ઉઘાડ બંધની ક્રિયામાં, ઉત્સેચકની સક્રિયતામાં અને કોષોની આશૂનતાની જાળવણીમાં મદદરૂપ છે.

કૅલ્શિયમ : વનસ્પતિઓ કૅલ્શિયમ આયન (Ca^{+2})ના સ્વરૂપમાં જમીનમાંથી શોષણ કરે છે. કૅલ્શિયમ વર્ધનશીલ પેશીઓ અને વિભેદન પામતી પેશીઓ માટે જરૂરી હોય છે. કોષવિભાજન દરમિયાન કોષદીવાલના સંશ્લેષણમાં ઉપયોગી છે. ખાસ કરીને મધ્યપટલમાં કૅલ્શિયમ પેક્ટેટ તરીકે તેમજ સમસૂત્રીત્રાકના નિર્માણ દરમિયાન પણ જરૂરી છે. જૂના પર્ણોમાં સંગ્રહ પામે છે. તે કોષરસપટલની સામાન્ય ક્રિયાઓ સાથે પણ સંકળાયેલ છે. તે કેટલાક ઉત્સેચકોને સક્રિય કરે છે અને ચયાપચયિક ક્રિયાઓના નિયમનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

મૅગ્નેશિયમ : તે વનસ્પતિઓ દ્વારા દ્વિસંયોજક મૅગ્નેશિયમ (Mg^{+2}) આયનના સ્વરૂપે શોષણ પામે છે. તે પ્રકાશસંશ્લેષણ અને શ્વસન ક્રિયાના ઉત્સેચકોને સક્રિયતા આપે છે અને DNA અને RNAના સંશ્લેષણમાં ભાગ લે છે. મૅગ્નેશિયમ (Mg) ક્લોરોફિલની વલય રચનાનો બંધારણીય ઘટક છે અને રિબોઝોમના બંધારણને જાળવી રાખવામાં મદદરૂપ થાય છે.

સલ્ફર : વનસ્પતિઓ સલ્ફરને સલ્ફેટ $\left(SO_4^{-2}\right)$ના સ્વરૂપમાં મેળવે છે. તે સિસ્ટીન (Cysteine) અને મિથિયોનીન (Methionine) નામના એમિનો ઍસિડોમાં મળી આવે છે અને કેટલાક સહઉત્સેચકો તેમજ વિટામિનો (થાયેમીન, બાયોટીન, કૉએન્ઝાઈમ A) તથા ફેરેડોક્સીનના મુખ્ય ઘટક છે.

આયર્ન (લોહ) : વનસ્પતિ આયર્ન(લોહ)ને ફેરિક આયન (Fe^{+3})ના સ્વરૂપમાં મેળવે છે. વનસ્પતિઓમાં તેમની આવશ્યકતા, અન્ય લઘુપોષક તત્ત્વની તુલનામાં વધારે માત્રામાં જરૂરી છે. તે ફેરેડૉક્સિન અને સાઈટોક્રોમ જેવા ઇલેક્ટ્રૉન્સ (વીજાણુઓ)ના પરિવહન સાથે સંકળાયેલા પ્રોટીનનો પણ મુખ્ય ઘટક છે. ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન દરમિયાન તેનું Fe^{+2}માંથી Fe^{+3}ના સ્વરૂપમાં પ્રતિવર્તી ઑક્સિડેશન થાય છે. તે કેટાલેઝ ઉત્સેચકને સક્રિય કરે છે અને હરિતદ્રવ્યના નિર્માણ માટે આવશ્યક છે.

મૅંગેનીઝ : મૅંગેનીઝ આયન (Mn^{+2})ના સ્વરૂપમાં તે શોષણ પામે છે. તે પ્રકાશસંશ્લેષણ, શ્વસન અને નાઇટ્રોજન ચયાપચય સાથે સંકળાયેલા અનેક ઉત્સેચકોને સક્રિય કરે છે. મૅંગેનીઝનું શ્રેષ્ઠ કાર્ય પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન પાણીનું વિભાજન કરી ઑક્સિજનને મુક્ત કરવાનું છે.

ઝિંક : વનસ્પતિઓ ઝિંક આયન (Zn^{+2})ના સ્વરૂપે ઝિંક મેળવે છે. તે વિવિધ ઉત્સેચકો, ખાસ કરીને કાર્બોક્ઝાયલેઝને સક્રિય કરે છે. તેની આવશ્યકતા ઑકિઝન સંશ્લેષણમાં પણ હોય છે.

કૉપર : તે ક્યુપ્રિક આયન (Cu^{+2})ના સ્વરૂપે શોષણ પામે છે. તે વનસ્પતિઓની બધી જ ચયાપચય ક્રિયાઓ માટે આવશ્યક છે. આયર્નની જેમ તે પણ રેડૉક્ષ પ્રક્રિયાઓની સાથે સંકળાયેલ કેટલાક ઉત્સેચકોની સાથે સંકળાયેલ રહે છે અને તે પણ પ્રતિવર્તી દિશામાં Cu^{+}માંથી Cu^{+2}માં ઑક્સિડેશન પામે છે.

બોરોન : તે BO_3^{-3} અથવા $B_4O_7^{-2}$ આયનોના સ્વરૂપમાં શોષણ પામે છે. તેની આવશ્યકતા Ca^{+2}ના શોષણ અને ઉપયોગ માટે, પટલની કાર્યશીલતા જાળવવા, પરાગરજના અંકુરણ, કોષ વિસ્તરણ, કોષ વિભેદન તેમજ કાર્બોદિતનાં સ્થળાંતરણમાં ભાગ લે છે.

મોલિબ્ડેનમ : વનસ્પતિઓ તેને મોલિબ્ડેટ આયન $\left(MoO_2^{+2}\right)$ના સ્વરૂપમાં મેળવે છે. તે નાઇટ્રોજન ચયાપચયમાં ભાગ લેતા ઘણા ઉત્સેચકો, જેવાં કે નાઇટ્રોજીનેઝ અને નાઇટ્રેટ રિડક્ટેઝ બંનેનો ઘટક છે.

ક્લોરિન : તે ક્લોરાઇડ આયનના (Cl^{-}) સ્વરૂપમાં શોષણ પામે છે. પોટૅશિયમ (K^{+}) તેમજ સોડિયમ (Na^{+})ની સાથે મળીને તે કોષોમાં દ્રાવ્ય પદાર્થની સાંદ્રતા અને એનાયન કેટાયન સંતુલન કે આયન સંતુલન નક્કી કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. તે પ્રકાશસંશ્લેષણમાં પાણીના વિભાજનની ક્રિયાવિધિ માટે આવશ્યક છે, કે જેથી ઑક્સિજન મુક્ત થાય છે.

12.2.3 આવશ્યક તત્ત્વોની ઊણપનાં લક્ષણો (ચિહ્નો) (Deficiency Symptoms of Essential Elements)

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોની મર્યાદિત પ્રાપ્યતા હોવાને લીધે વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ અવરોધાય છે. આવશ્યક તત્ત્વની જે સાંદ્રતાથી ઓછી સાંદ્રતાએ વનસ્પતિની વૃદ્ધિ અવરોધાય તે સાંદ્રતાને **સંક્રાંતિ સાંદ્રતા (Critical Concentration)** કહે છે. જ્યારે જે તત્ત્વની સાંદ્રતા તેની સંક્રાંતિ સાંદ્રતા કરતાં ઓછી હોય ત્યારે તે તત્ત્વોની ઉણપ છે તેમ કહેવાય.

પ્રત્યેક તત્ત્વ વનસ્પતિઓમાં એક કે વધુ ચોક્કસ સંરચનાત્મક અને કાર્યાત્મક ભૂમિકા ધરાવે છે, કોઈ નિયત તત્ત્વની ગેરહાજરીથી વનસ્પતિઓ કેટલાક બાહ્યાકાર ફેરફારો દર્શાવે છે. આવા બાહ્યાકાર ફેરફારો કોઈ ચોક્કસ તત્ત્વની ઉણપનું સૂચન કરે છે. જેને તત્ત્વની અપ્રાપ્યતાના કે ઉણપીય ચિહ્નો કહે છે. અપર્યાપ્તતાના લક્ષણો તત્ત્વ અનુસાર જુદા જુદા હોય છે. અને તેઓ તેની અપર્યાપ્તતાની પૂર્તિ કરવાથી દૂર થાય છે. આથી જો તે ઊણપો સતત જળવાઈ રહે તો છેવટે વનસ્પતિ મૃત્યુ પામે છે. વનસ્પતિનો જે ભાગ તત્ત્વની અપ્રાપ્યતાના લક્ષણો દર્શાવે છે. તેનો આધાર તત્ત્વની વહનશીલતા પર રહેલો છે. વનસ્પતિઓમાં સક્રિય રીતે વહન પામતા તત્ત્વો જે તરુણ, વિકાસશીલ પેશીઓમાં નિકાસિત થાય છે, તેવા કિસ્સામાં અપર્યાપ્તતાના લક્ષણો (ચિહ્નો) જીર્ણ પેશીઓમાં પહેલાં જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે નાઇટ્રોજન, પોટૅશિયમ અને મૅગ્નેશિયમની ઉણપના લક્ષણો સૌ પ્રથમ જીર્ણ પામેલ પર્ણોમાં જોવા મળે છે. જીર્ણ પર્ણોમાં, તે તત્ત્વ ધરાવતા જૈવિક અણુઓનું વિઘટન થાય છે. જેથી તરુણ પર્ણોમાં તેમના વહનને શક્ય બનાવે છે.

જ્યારે તત્ત્વ અવહનશીલ હોય છે અને પરિપક્વ અંગોમાંથી બહાર નીકળતા નથી ત્યારે અપર્યાપ્તતાના લક્ષણો તરુણ પેશીમાં પહેલા જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે સલ્ફર અને કૅલ્શિયમ તત્ત્વ જે કોષના સંરચનાત્મક

ઘટકના ભાગ રૂપે છે, આમ, તેઓ સરળતાથી છૂટા પડતા નથી. વનસ્પતિઓનાં ખનીજ પોષણનું આ પાસું કૃષિવિદ્યા અને બાગાયતવિદ્યા માટે આવશ્યક અને મહત્ત્વપૂર્ણ છે.

વનસ્પતિઓ દ્વારા દર્શાવાતા ઊણપીય લક્ષણોમાં ક્લોરોસીસ, નેક્રોસીસ, વનસ્પતિની કુંઠિત વૃદ્ધિ, કસમયે પર્ણો અને કલિકાઓનું ખરી પડવું અને કોષવિભાજનને અવરોધે વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. ક્લોરોફિલનો ઘટાડો કે વ્યય થવાથી પર્ણો પીળા બને છે. તેને ક્લોરોસીસ કહે છે. આ લક્ષણ N, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn અને Moની ઉણપને લીધે સર્જાય છે. એ જ રીતે, Ca, Mg, Cu અને Kની ઉણપને કારણે નેક્રોસીસ, એટલે કે પેશીઓનું મૃત્યુ ચોક્કસપણે પર્ણની પેશીઓનું. N, K, S તેમજ Moનો અભાવ કે તેમના ઓછા પ્રમાણને કારણે કોષવિભાજન અવરોધાય. કેટલાંક તત્ત્વો જેવાં કે N, S તેમજ Moની સાંદ્રતા ઓછી થવાને કારણે વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જન વિલંબાય છે.

ઉપરોક્ત વર્ણનથી તમે જોઈ શકો છો કે કોઈ પણ તત્ત્વની ઊણપને કારણે ઘણાં લક્ષણો જોવા મળે છે અને આ એકસરખા લક્ષણો એક કે ઘણા વિવિધ તત્ત્વોની ઊણપથી ઉદ્ભવે છે. આમ, ઊણપ પામતું તત્ત્વ ઓળખવા માટે વનસ્પતિના વિવિધ ભાગોમાં જોવા મળતાં લક્ષણોનો અભ્યાસ કરવો પડે છે અને પ્રમાણિત કોષ્ટક સાથે તુલના કરવી પડે છે. આપણે એ વાતની પણ જાણકારી રાખવી પડે છે કે એક તત્ત્વની ઊણપ જુદી જુદી વનસ્પતિમાં ભિન્ન લક્ષણોની પ્રતિક્રિયા દર્શાવે છે.

12.2.4 લઘુપોષક તત્ત્વોની વિષારિતા (Toxicity of Micronutrients)

લઘુપોષક તત્ત્વોની જરૂરિયાત ન્યૂનતમ માત્રામાં હોય છે, જ્યારે થોડીક માત્રાની ઊણપથી પણ ઉણપજન્ય ચિહ્નો ઉદ્ભવે છે. તથા તેઓની માત્રામાં અલ્પ માત્રામાં પણ જો વધારો થાય તો તે વિષારિતા ઉત્પન્ન કરે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો સાંદ્રતાઓના સંકીર્ણ વિસ્તાર કે જેમાં કોઈ તત્ત્વ અનુકૂળતમ હોય છે. કોઈ પણ ખનીજ આયનની તે સાંદ્રતા જો પેશીઓના શુષ્કદળમાં 10 ટકાનો ઘટાડો થાય, તો તેને વિષારી ગણવામાં આવે છે. આવી તે સંક્રાંતિ સાંદ્રતા વિવિધ લઘુપોષક તત્ત્વોની વચ્ચે ભિન્ન હોય છે. વિષારિતાનાં લક્ષણો ઓળખવા મુશ્કેલ છે. અલગ-અલગ વનસ્પતિઓનાં તત્ત્વોની વિષારિતાના સ્તર ભિન્ન ભિન્ન હોય છે. કોઈક વાર કોઈ એક તત્ત્વનું વધુ પ્રમાણ બીજા તત્ત્વના અંતર્વહનને અવરોધે છે. ઉદાહરણ માટે, પીળાશ પડતી શિરાઓ દ્વારા વાદળી કે જાંબલી રંગના ડાઘાઓ દેખાય છે. જે મૅંગેનીઝની વિષારિતાનું મુખ્ય લક્ષણ છે. તે જાણવું આવશ્યક છે કે આયર્ન તેમજ મૅગ્નેશિયમની સાથે મૅંગેનીઝનો પ્રવેશ અને ઉત્સેચકની સાથે જોડાવા માટે મૅગ્નેશિયમ અને આયર્ન વચ્ચે સ્પર્ધા થાય છે. મૅંગેનીઝ પ્રરોહાગ્રમાં કૅલ્શિયમના શોષણને પણ અવરોધે છે. જેથી મૅંગેનીઝની વધુ માત્રાને લીધે વાસ્તવમાં આયર્ન, મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમની ઊણપ સર્જાય છે. આમ, જે લક્ષણ આપણને મૅંગેનીઝની ઊણપના પ્રતિત થાય છે, તે ખરેખર લોહ (આયર્ન), મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમની ઊણપથી જોવા મળે છે. શું આ જ્ઞાન ખેડૂતો, માળીઓ કે તમારા કિચન-ગાર્ડનમાં તમારા માટે મહત્ત્વનું છે ?

12.3 તત્ત્વોના શોષણની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Absorption of Elements)

વનસ્પતિઓ દ્વારા તત્ત્વોની શોષણની ક્રિયાવિધિનો અભ્યાસ અલગ તારવેલા કોષો, પેશીઓ કે અંગોમાં કરવામાં આવે છે. પ્રથમ તબક્કામાં, આયનોનું અપદ્રવ્ય પથ દ્વારા કોષના મુક્ત અવકાશ (free space) કે બાહ્ય અવકાશ (outer space)માં ઝડપથી અંતઃગ્રહણ થાય છે, જે નિષ્ક્રિય

વહન છે. બીજા તબક્કામાં, આયનોનું કોષના 'આંતરિક અવકાશ' (inner space)માં ધીમું વહન થાય છે, જે સંદ્રવ્યપથ છે. અપદ્રવ્ય પથમાં આયનોનું નિષ્ક્રિય વહન સામાન્ય રીતે આયન માર્ગો (ચેનલો) તથા પાર પટલ પ્રોટીન જે પસંદગીશીલ છિદ્ર તરીકે વર્તે છે. તેના દ્વારા થાય છે. બીજી તરફ સંદ્રવ્ય પથમાં આયનોનો પ્રવેશ અને નિકાલ માટે ચયાપચાયક ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે કે જે એક **સક્રિય** પ્રક્રિયા છે. આયનોના વહનને સામાન્ય રીતે **ફ્લક્સ (Flux)** કહે છે. તેઓ કોષોની અંદરની તરફ વહન પામે તો તેને ઇનફ્લક્સ (Influx) અને કોષોની બહાર વહન પામે તો તેને ઇફ્લક્સ (Efflux) કહે છે તે તમે પ્રકરણ 11માં અભ્યાસ કર્યો છે. વનસ્પતિઓમાં ખનીજ ક્ષારોનું શોષણ અને વહન કેવી રીતે વહન થાય છે.

12.4 દ્રાવ્ય પદાર્થોનું સ્થળાંતરણ (Translocation of Solutes)

ખનીજ ક્ષારો જલવાહકના માધ્યમથી પાણીના ઉર્ધ્વ પ્રવાહની સાથે વહન પામે છે, જે વનસ્પતિમાં બાષ્પોત્સર્જનથી સર્જાતા ખેંચાણ બળ દ્વારા ઉપરની તરફ પાણી ઉર્ધ્વગમન પામે છે. જલવાહક રસના વિશ્લેષણથી ખનીજ ક્ષારોની હાજરીને તેમાં જાણી શકાય છે કે તેઓ ખનીજ ક્ષારો ધરાવે છે. વનસ્પતિઓમાં રેડિયો સમસ્થાનિક(Radioisotope)ના ઉપયોગથી પણ તે પ્રમાણિત કરી શકાય છે કે ખનીજ તત્ત્વો વનસ્પતિઓમાં જલવાહકના માધ્યમથી પરિવહન પામે છે. તમે જલવાહકના માધ્યમથી પાણીના વહનની ચર્ચા પ્રકરણ 11માં કરી ચૂક્યા છો.

12.5 ભૂમિ, આવશ્યક તત્ત્વોના સંચય સ્થાન તરીકે (Soil as Reservour of Essential Elements)

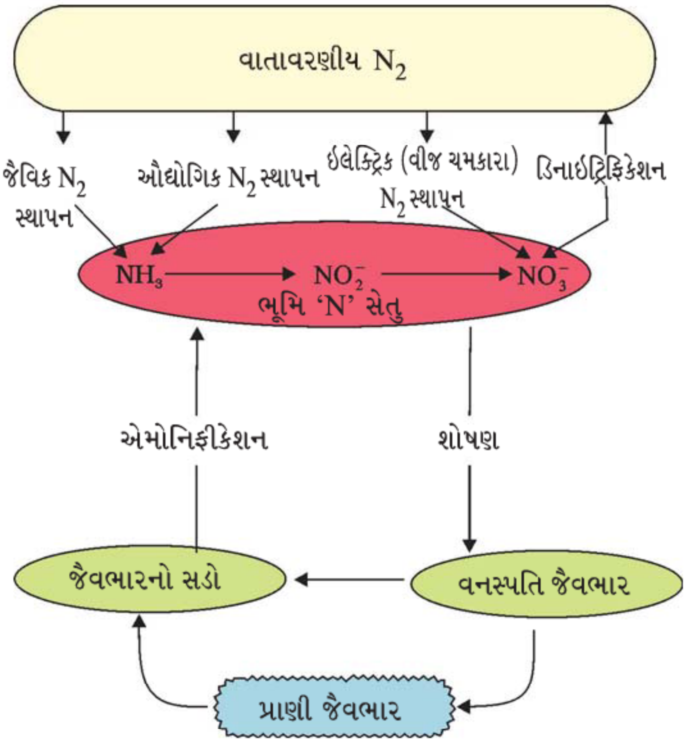
મોટા ભાગનાં ખનીજો વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ માટે આવશ્યક છે અને તેઓ ખડકોના તૂટવાથી તેમજ ક્ષરણ પામવાથી વનસ્પતિઓના મૂળને તેમની પ્રાપ્ત થાય છે. આવી પ્રક્રિયાઓ ભૂમિને દ્રાવ્ય આયનો અને અકાર્બનિક ક્ષારોથી સમૃદ્ધ કરે છે. તેઓ ખડકોમાં રહેલા ખનિજો દ્વારા પ્રાપ્ત થાય છે; જેથી વનસ્પતિ પોષણમાં તેઓની ભૂમિકાને ખનીજ પોષણ કહેવાય છે. ભૂમિ ઘણા પ્રકારના પદાર્થો ધરાવે છે. ભૂમિ માત્ર ખનીજની પ્રાપ્યતા કરતી નથી પરંતુ નાઇટ્રોજન સ્થાપન કરનારા જીવાણુ અને અન્ય સૂક્ષ્મજીવોને સંરક્ષણ આપે છે, પાણીનો સંગ્રહ પણ કરે છે, તેમજ મૂળને હવાની પ્રાપ્યતા બક્ષે છે તથા વનસ્પતિઓનું સ્થાપન કરવા માટેનો આધાર આપે છે. જો કે આવશ્યક ખનીજોની ઊણપ ખેતીવિષયક પાકને નુકસાન પહોંચાડે છે. જેથી કૃત્રિમ ખાતરો દ્વારા આવશ્યકતા પૂરી પાડવામાં આવે છે. ગુરૂપોષક તત્ત્વો (N, P, K, S વગેરે) અને લઘુ પોષક તત્ત્વો (Cu, Zn, Fe, Mn વગેરે) બંને ખાતરોના ઘટકો છે અને તેમને જરૂરિયાત મુજબ ઉમેરવામાં આવે છે.

12.6 નાઇટ્રોજન ચયાપચય (Metabolism of Nitrogen)

12.6.1 નાઇટ્રોજન ચક્ર (Nitrogen Cycle)

જીવંત સજીવોમાં કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન ઉપરાંત નાઇટ્રોજન પણ મુખ્ય તત્ત્વ છે. નાઇટ્રોજન એમિનો ઍસિડ્સ, પ્રોટીન, અંતઃસ્ત્રાવો, હરિત દ્રવ્ય અને મોટા ભાગના વિટામિન્સનો બંધારણીય ઘટક છે. ભૂમિમાં રહેલા મર્યાદિત નાઇટ્રોજન માટે વનસ્પતિએ સૂક્ષ્મ જીવો સાથે સ્પર્ધા

કરવી પડે છે. આમ, નાઇટ્રોજન નૈસર્ગિક તેમજ કૃષિ નિવસનતંત્ર એમ બંને માટે સીમાંતક ખનીજ પોષક તત્ત્વ તરીકે છે. નાઇટ્રોજનમાં નાઇટ્રોજનના બે પરમાણુઓ મજબૂત ત્રણસહસંયોજક બંધથી જોડાયેલા છે ($N \equiv N$), નાઇટ્રોજન (N_2)નું એમોનિયામાં રૂપાંતરણ થવાની પ્રક્રિયાને **નાઇટ્રોજન સ્થાપન** કહે છે. પ્રકૃતિમાં, વીજળીના ચમકારા અને પારજાંબલી વિકિરણો નાઇટ્રોજનને નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ(NO, NO_2, N_2O)માં ફેરવવા માટે ઊર્જા પૂરી પાડે છે. ઔદ્યોગિક દહન, જંગલમાં લાગેલી આગ, વાહનોનો ધુમાડો અને વીજ ઉત્પાદન કેન્દ્ર પણ વાતાવરણીય નાઇટ્રોજન ઑક્સાઈડનો સ્રોત છે. મૃત વનસ્પતિઓ તેમજ પ્રાણીઓમાં આવેલા કાર્બનિક નાઇટ્રોજનનું એમોનિયામાં વિઘટન થવાની ક્રિયાને એમોનીફીકેશન કહેવાય છે. તેમાંથી કેટલોક એમોનિયા બાષ્પીભવન પામીને વાતાવરણમાં પુનઃ પ્રવેશે છે. પરંતુ મોટા ભાગનાં એમોનિયા ભૂમિમાં આવેલા સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા નાઇટ્રેટમાં ફેરવાય છે. જે નીચેના તબક્કાઓ પ્રમાણે થાય છે.



આકૃતિ 12.3 : જે મુખ્ય નાઇટ્રોજન સેતુઓ – વાતાવરણ, ભૂમિ અને જૈવભાર સાથે સંબંધ દર્શાવતું નાઇટ્રોજન ચક્ર

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O \quad \text{.............(i)}$$
$$2NO_2^{-2} + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- \quad \text{.............(ii)}$$

સૌ પ્રથમ એમોનિયાનું ઑક્સિડેશન નાઇટ્રોસોમોનાસ અને/અથવા નાઇટ્રોકોક્સ બેક્ટેરિયા (જીવાણુ) દ્વારા નાઇટ્રાઇટમાં થાય છે. નાઇટ્રાઇટનું નાઇટ્રોબેક્ટર બેક્ટેરિયાની મદદથી નાઇટ્રેટમાં ઑક્સિડેશન થાય છે. આ પ્રક્રિયાઓને **નાઇટ્રિફિકેશન** કહેવાય છે **(આકૃતિ 12.3)**. આ નાઇટ્રિફાઇંગ બેક્ટેરિયા **રસાયણ સ્વોપજીવી (Chemoautotroph)** હોય છે.

વનસ્પતિ આ પ્રકારે નિર્માણ પામેલ નાઇટ્રેટનું શોષણ કરી પર્ણો તરફ વહન કરે છે. પર્ણોમાં, તેનું રીડક્શન કરીને એમોનિયા બનાવે છે કે જે એમિનો ઍસિડનો એમિનો સમૂહ બનાવે છે. ભૂમિમાં આવેલ નાઇટ્રેટ પણ ડિનાઇટ્રિફિકેશન દ્વારા નાઇટ્રોજનમાં રીડક્શન પામે છે. ડિનાઇટ્રિફિકેશનની પ્રક્રિયા સ્યુડોમોનાસ તેમજ થાયોબેસિલસ બેક્ટેરિયા દ્વારા થાય છે.

12.6.2 જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપન (Biological Nitrogen Fixation)

નાઇટ્રોજન હવામાં પ્રચુર માત્રામાં આવેલો હોવા છતાં, ઘણા ઓછા સજીવો નાઇટ્રોજનનો સીધો ઉપયોગ કરી શકે છે. કેટલીક આદિકોષકેન્દ્રીય (પ્રોકેરિયોટિક) જાતિઓમાં જ ફક્ત નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરવા

સક્ષમ છે. સજીવો દ્વારા નાઇટ્રોજનનું એમોનિયામાં રીડક્શન થવાથી તેને **જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપન** કહેવાય છે. નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક કે જે નાઇટ્રોજનનું રીડક્શન કરે છે તે સામાન્યતઃ આદિ કોષકેન્દ્રીય સજીવોમાં વિશિષ્ટપણે આવેલા હોય છે. આવા સૂક્ષ્મજીવો N_2 સ્થાપકો કહેવાય છે.

$$N \equiv N \xrightarrow{\text{નાઇટ્રોજીનેઝ}} NH_3$$

નાઇટ્રોજન સ્થાપક સૂક્ષ્મજીવો મુક્તજીવી (સ્વતંત્ર) કે સહજીવી હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે એ નાઇટ્રોજન સ્થાપક જારક સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ સ્વતંત્ર કે મુક્ત જીવી એઝેટોબેક્ટર (*Azotobacter*) અને બાઇજર્નિકિયા (*Beijernickia*) જ્યારે રોડોસ્પાઇરિલિયમ (*Rhodospirilum*) અજારક પ્રકારના છે અને બેસિલસ (*Bacillus*) મુક્તજીવી છે. વધુમાં તેની સાથે કેટલાક નીલહરિત બેક્ટેરિયા જેવા કે એનાબીના (*Anabaena*), નોસ્ટૉક (*Nostoc*) પણ સ્વતંત્ર કે મુક્ત જીવી નાઇટ્રોજન સ્થાપક છે.

સહજીવી જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપન (Symbiotic Biological Nitrogen Fixation) :

સહજીવી જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપનના કેટલાક પ્રકારોનું જૂથ જાણીતું છે. આ બધામાં મુખ્યત્વે શિમ્બી વનસ્પતિઓના મૂળ (Legume) અને બેક્ટેરિયા (જીવાણુ) વચ્ચે સંબંધ સ્થપાયેલો હોય છે. અલ્ફાલ્ફા (રજકો), સ્વીટ ક્લોવર (કપીલો), વટાણા, મસૂર, બગીચાના વટાણા, બ્રોડ બીન્સ (બાફળા), ક્લોવર બીન (ગંગેટી) (વાલ) વગેરેના મૂળમાં દંડાકાર રાઇઝોબિયમ પ્રજાતિ આ પ્રકારનો સંબંધ ધરાવે છે. સૌથી સામાન્ય સહજીવન મૂળની ગાંઠોના સ્વરૂપમાં થાય છે. આ ગાંઠો મૂળ પરના બહિરુદ્ભેદ છે. (મૂળગંડિકાઓ). લેગ્યુમિનોસ સિવાયની વનસ્પતિઓ(દા.ત. એલ્નસ)ના મૂળ પર સૂક્ષ્મ જીવ ફ્રૅન્કિયા (Frankia) N_2 સ્થાપક ગ્રંથિઓ ગંડિકાઓ ઉત્પન્ન કરે છે. રાઇઝોબિયમ અને ફ્રૅન્કિયા બંને ભૂમિમાં મુક્ત જીવી છે; પરંતુ સહજીવીના રૂપમાં વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરી શકે છે.

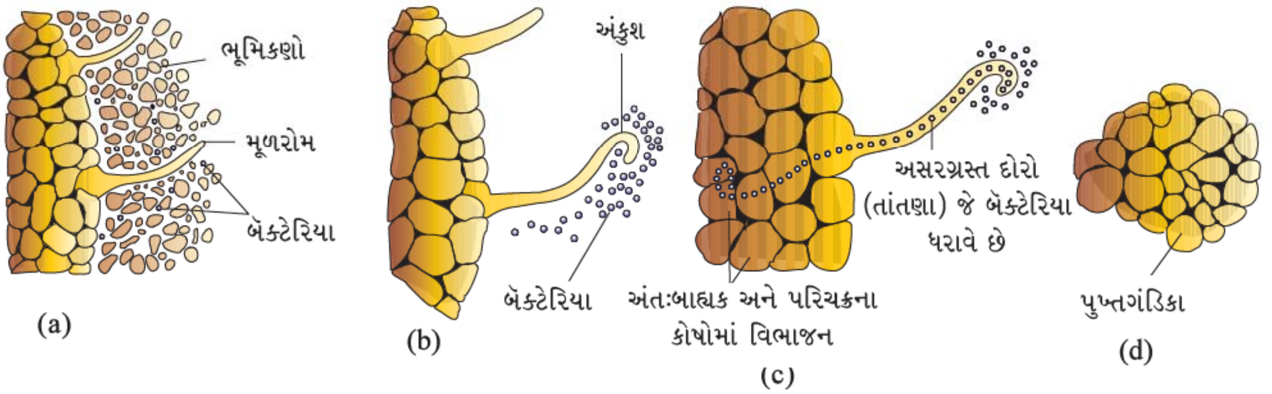
પુષ્પસર્જન પહેલાં કોઈ કઠોળના એક છોડને મૂળથી ઉખાડો, તમે મૂળ પર લગભગ ગોળાકાર બહિરુદ્ભેદ જોઈ શકશો, તે ગંડિકાઓ છે. જો તમે તેઓનો છેદ લઈને કેન્દ્રસ્થ ભાગ જોશો તો તે લાલ કે ગુલાબી રંગનો દેખાય છે. ગંડિકાઓને ગુલાબી કોણ બનાવે છે ? આ રંગ લેગ્યુમિનસ હીમોગ્લોબીન કે લેગહિમોગ્લોબીનને લીધે સર્જાય છે.

મૂળગંડિકાનું નિર્માણ (Nodule Formation) :

ગંડિકા નિર્માણમાં યજમાન વનસ્પતિઓના મૂળ તેમજ રાઇઝોબિયમ બેક્ટેરિયા વચ્ચે થતી ઘણી શ્રેણીબદ્ધ આંતર ક્રિયાઓ સંકળાયેલ છે. ગંડિકા નિર્માણના ચાર તબક્કાઓ નીચે મુજબ છે :

રાઇઝોબિયમ બહુગુણન પામીને મૂળની આસપાસ વસાહત રચે છે અને અધિસ્તર અને મૂળરોમના કોષો સાથે જોડાઈ જાય છે. મૂળરોમમાં વહન પામે છે અને જીવાણુ મૂળરોમમાં પ્રવેશે છે. એક સંક્રમિત તાંતણા જેવી રચના ઉત્પન્ન થાય છે. જે જીવાણુને મૂળના બાહ્યક (Cortex) સુધી લઈ જાય છે કે જ્યાં તેઓ ગંડિકા નિર્માણની શરૂઆત કરે છે. ત્યાર બાદ જીવાણુ તાંતણાથી મુક્ત થઈને કોષોમાં દાખલ થાય છે, જ્યાં તે વિશિષ્ટ નાઇટ્રોજન સ્થાપન કોષોમાં વિભેદન પામે છે. આ પ્રકારે ગંડિકાનું નિર્માણ થાય છે. જે યજમાનની વાહક પેશી સાથે પોષક તત્ત્વોની આપલે માટે સંકળાય છે. આ ઘટનાક્રમ આકૃતિ 12.4માં દર્શાવેલી છે.

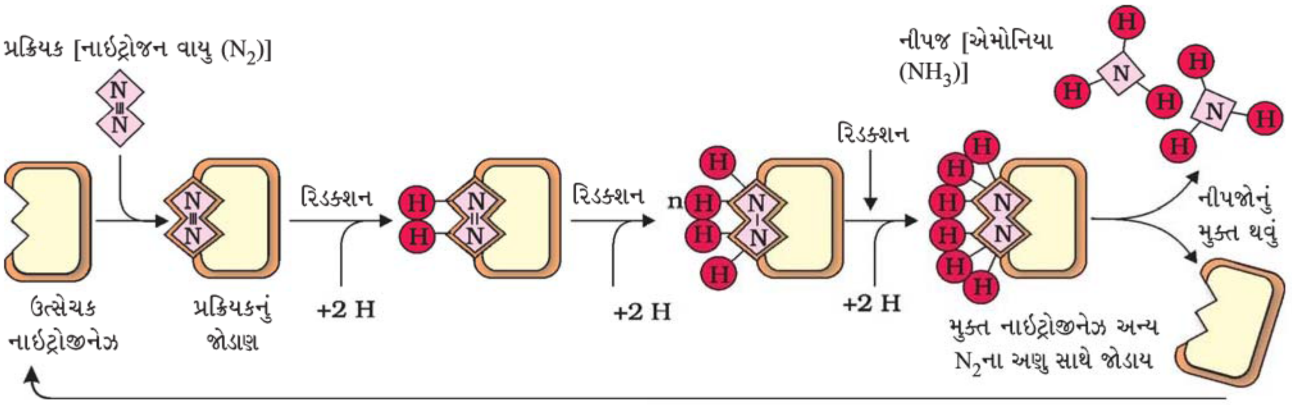
આ ગંડિકાઓમાં નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક તેમજ લેગહીમોગ્લોબિન જેવા બધા જૈવ રાસાયણિક ઘટકો સમાયેલા હોય છે. નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક Mo–Fe યુક્ત પ્રોટીન છે જે વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનને એમોનિયામાં પરિવર્તન કરવા માટે ઉત્પ્રેરિત કરે છે **(આકૃતિ 12.5)**. જે નાઇટ્રોજન સ્થાપનની પ્રથમ સ્થાયી નીપજ છે.



આકૃતિ 12.4 : સોયાબીનમાં મૂળગંડિકાનો વિકાસ (a) રાઇઝોબિયમ જીવાણુ ગ્રહણશીલ મૂળરોમના સંપર્કમાં આવી તેમની નજીક વિભાજીત થાય છે. (b) સંક્રમણ પછી મૂળરોમમાં વલનને પ્રેરિત કરે છે. (c) સંક્રમણ પામેલ રચના (સૂત્ર જેવી) જીવાણુઓનો બાહ્યકની અંદર તરફ લઈ જાય છે. જીવાણુ દંડ (સળિયા) આકારની જીવાણુસમ રચનાઓમાં રૂપાંતરિત થાય છે અને અંતઃબાહ્યક એટલે કે અંતઃસ્તર તેમજ પરિચક્રના કોષોમાં વિભાજન પ્રેરે છે. બાહ્યક અને પરિચક્રના કોષોના વિભાજન તેમજ વૃદ્ધિ, ગંડિકા નિર્માણને પ્રેરે છે. (d) મૂળની વાહક પેશી સાથે સાતત્ય ધરાવતી પુખ્ત મૂળગંડિકા સર્જાય છે. તેનું સમીકરણ આ પ્રકારનું છે.

$$N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16\,ATP \longrightarrow 2NH_3 + H_2 + 16\,ADP + 16P_i$$

નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક આણ્વિક ઑક્સિજન પ્રત્યે અત્યંત સંવેદનશીલ હોય છે. તેને અજારક વાતાવરણની આવશ્યકતા હોય છે. ઉત્સેચકને ઑક્સિજનથી રક્ષિત કરવા માટે ગંડિકા દ્વારા અનુકૂલન સાધેલું હોય છે. આ ઉત્સેચકોની સુરક્ષા માટે ગંડિકાઓ એક ઑક્સિજનગ્રાહી (Scavenger) ધરાવે છે જેને લેગહીમોગ્લોબિન (Lb) કહે છે. તે એક રસપ્રદ બાબત છે કે મુક્તજીવી અવસ્થાઓમાં આવા સૂક્ષ્મજીવો જારક પ્રકારના હોય છે (જ્યાં નાઇટ્રોજીનેઝ ક્રિયાશીલ હોતો નથી) પરંતુ નાઇટ્રોજન સ્થાપનની ઘટના દરમિયાન તેઓ અજારક બને છે. (આથી નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચકની સુરક્ષા કરે છે) ઉપર દર્શાવેલ સમીકરણમાં તમે નોંધ્યું કે નાઇટ્રોજીનેઝ દ્વારા એમોનિયાના સંશ્લેષણ માટે ખૂબ જ વધુ ઊર્જાની



આકૃતિ 12.5 : નાઇટ્રોજન સ્થાપક બેક્ટેરિયામાં જોવા મળતા નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચકીય સંકુલ દ્વારા વાતાવરણમાં રહેલા નાઇટ્રોજન (N_2) વાયુનું એમોનિયામાં રૂપાંતરણના વિવિધ તબક્કાઓ

અનિવાર્યતા હોય છે. (એક NH_3 અણુ માટે 8ATP જોઈએ). આથી જરૂરી ઊર્જા તેઓ યજમાન કોષોમાં થતા શ્વસનમાંથી મેળવે છે.

એમોનિયાનું ભાવિ (Fate of Ammonia)

એમોનિયાના દેહધાર્મિક રીતે નિયત pH આંકે નત્રલીકરણ (પ્રોટોનીકરણ) પામ્યા બાદ NH_4^+ (એમોનિયમ આયન)માં રૂપાંતરિત થાય છે, જ્યારે મોટા ભાગની વનસ્પતિઓ નાઇટ્રેટ તેમજ એમોનિયમ આયનને પણ આયનની જેમ સંચિત કરી શકે છે. પછી તે વનસ્પતિઓ માટે વિષકારક બને છે અને આથી વનસ્પતિઓ તેઓને સંચિત કરી શકતી નથી. આવો, આપણે જોઈએ કે વનસ્પતિઓમાં એમોનિયમ આયન $\left(NH_4^+\right)$ કઈ રીતે એમિનો ઍસિડોનું સંશ્લેષણ કરવા માટે ઉપયોગી છે. આમ થઈ શકવા માટે બે મુખ્ય પરિપથો છે :

(i) **રિડક્ટિવ એમિનેશન :** આ પ્રક્રિયામાં એમોનિયા α - કિટોગ્લુટેરિક ઍસિડની સાથે પ્રક્રિયા કરીને ગ્લુટેમિક ઍસિડ બનાવે છે નીચે આપેલા સમીકરણમાં સૂચિત થાય છે.

$$\alpha - \text{કિટોગ્લુટેરિક ઍસિડ} + NH_4^+ + NADPH \xrightarrow{\text{ગ્લુટેમેટ ડિહાઇડ્રોજીનેઝ}} \text{ગ્લુટેમેટ} + H_2O + NADP$$

(ii) **ટ્રાન્સઍમિનેશન :** આમાં એક એમિનો ઍસિડમાંથી એમિનો સમૂહનું અન્ય કિટો ઍસિડના કિટો સમૂહમાં સ્થળાંતરણ થવાની પ્રક્રિયા સંકળાયેલી છે. ગ્લુટેમિક ઍસિડ મુખ્ય એમિનો ઍસિડ છે, કે જેમાંથી એમિનો સમૂહ (NH_2) સ્થળાંતરણ પામે છે અને આ એમિનો સમૂહ દ્વારા બીજા એમિનો ઍસિડ્સનું નિર્માણ ટ્રાન્સએમિનેશન દ્વારા થાય છે. **ટ્રાન્સએમિનેઝ** ઉત્સેચક આ રીતની બધી પ્રક્રિયાઓને પ્રેરિત કરે છે. ઉદાહરણ માટે,

એમિનો-દાતા એમિનો-ગ્રાહી

વનસ્પતિઓમાં એસ્પરજીન અને ગ્લુટેમિન બે મુખ્ય એમાઇડ મળી આવે છે. જે પ્રોટીનનો રચનાત્મક ભાગ છે. તેઓ બે એમિનો ઍસિડ ક્રમશઃ એસ્પાર્ટિક ઍસિડ અને ગ્લુટેમિક ઍસિડમાંથી પ્રત્યેકની સાથે એમિનો સમૂહ જોડીને કે ઉમેરાઈને નિર્માણ પામે છે. આ પ્રક્રિયામાં ઍસિડનો હાઇડ્રોક્સિલ સમૂહ અન્ય NH_2 મૂલકથી વિસ્થાપિત થાય છે. એમાઇડ્સ કે જે એમિનો ઍસિડ કરતાં વધુ નાઇટ્રોજન ધરાવે છે, આમ તેઓ જલવાહક પેશીઓ દ્વારા વનસ્પતિના અન્ય ભાગોમાં સ્થળાંતરિત થઈ જાય છે, વધુમાં કેટલીક વનસ્પતિઓ (જેવી કે સોયાબીન)ની ગંડિકાઓ ઉત્સ્વેદનના પ્રવાહની સાથે સ્થાયી નાઇટ્રોજનનું યુરિડ્સ (Ureides)ના સ્વરૂપે નિકાલ પામે છે. આ સંયોજનો કાર્બનની તુલનામાં નાઇટ્રોજનનું વધુ પ્રમાણ ધરાવે છે.

સારાંશ

વનસ્પતિ અકાર્બનિક પોષકતત્ત્વો હવા, પાણી અને ભૂમિમાંથી મેળવે છે. વનસ્પતિઓ ઘણા પ્રકારના ખનીજ તત્ત્વોનું શોષણ કરે છે. વનસ્પતિઓને તેમના દ્વારા શોષણ પામેલા બધા પ્રકારના ખનીજ તત્ત્વોની આવશ્યકતા હોતી નથી. અત્યાર સુધી 105 થી પણ વધારે ખનીજ તત્ત્વોનું સંશોધન થયેલું છે તેમાંથી 21થી ઓછા ખનીજ તત્ત્વ વનસ્પતિઓની સામાન્ય વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ માટે અનિવાર્ય તેમજ લાભદાયક હોય છે. વધુ પ્રમાણમાં આવેલા આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો ગુરૂપોષક તત્ત્વો અને ઓછા પ્રમાણમાં

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો લઘુપોષક તત્ત્વો કહેવાય છે. આ તત્ત્વો પ્રોટીન, કાર્બોદિત, ચરબી, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ્સ વગેરે માટે આવશ્યક ઘટક હોય છે અને વનસ્પતિઓની વિવિધ ચયાપચયની પ્રક્રિયાઓમાં ભાગ લે છે. તેમાંથી કોઈ એક આવશ્યક તત્ત્વોની ઉણપને લીધે ઉણપીય લક્ષણો ઉદ્ભવે છે. ઉણપ સંબંધી લક્ષણોમાં ક્લોરોસીસ, નેક્રોસીસ, અવકુંઠિત વૃદ્ધિ, અસમાન કોષવિભાજન વગેરે મુખ્યત્વે દર્શાવાય છે. વનસ્પતિ મૂળ દ્વારા ખનીજ તત્ત્વોને સક્રિય તેમજ નિષ્ક્રિય રીતે શોષણ કરે છે. તે જલવાહક પેશીઓ દ્વારા પાણીના વહનની સાથે વનસ્પતિઓના વિવિધ ભાગોમાં સ્થળાંતરિત થાય છે.

નાઇટ્રોજન, જીવન ટકાવવા માટે અતિ આવશ્યક છે. વનસ્પતિઓ વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનનો ઉપયોગ પ્રત્યક્ષ કે સીધો કરી શકતા નથી. પરંતુ કેટલીક વનસ્પતિઓ ખાસ કરીને લેગ્યુમના (કઠોળના) મૂળ એ નાઇટ્રોજન સ્થાપક બેક્ટેરિયા સાથે સહજીવી થઈ વાતાવરણીય N_2નું જૈવિક રીતે ઉપયોગી સ્વરૂપોમાં પરિવર્તન કરે છે. નાઇટ્રોજન સ્થાપન માટે શક્તિશાળી રીડક્શન અને ATP સ્વરૂપે ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે. નાઇટ્રોજન સ્થાપન સૂક્ષ્મજીવો મુખ્યત્વે, રાઇઝોબિયમથી થાય છે. ઉત્સેચક નાઇટ્રોજીનઝ જે જૈવિક N_2 સ્થાપનમાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે, જે ઑક્સિજન પ્રત્યે સંવેદી હોય છે. મોટા ભાગની પ્રક્રિયાઓ અજારક વાતાવરણમાં થાય છે. ઊર્જા(ATP)ની આવશ્યકતાની પૂર્તતા યજમાન કોષોના જારક શ્વસનમાંથી થાય છે. નાઇટ્રોજન સ્થાપન દ્વારા નિર્માણ પામતા એમોનિયા એ એમિનો ઍસિડના એમિનો સમૂહ સ્વરૂપે સમાઈ જાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. 'વનસ્પતિઓમાં ઉત્તરજીવિતતા માટે આવેલા બધાં તત્ત્વો આવશ્યક હોતા નથી.' ચર્ચા કરો.
2. જલસંવર્ધનમાં ખનીજ પોષણ સાથે સંકળાયેલ અભ્યાસમાં પાણી અને પોષક ક્ષારોની શુદ્ધતા જરૂરી કેમ છે ?
3. ઉદાહરણ સહિત સમજાવો : ગુરુપોષક તત્ત્વો, લઘુપોષક તત્ત્વો, ઉપયોગી પોષક તત્ત્વો, વિષારી તત્ત્વો અને આવશ્યક તત્ત્વો.
4. વનસ્પતિઓના ઓછામાં ઓછી પાંચ ઊણપનાં લક્ષણો આપો. તેનું વર્ણન કરો અને ખનીજોની ઊણપથી તેમનો સહસંબંધ સ્પષ્ટ કરો.
5. ધારો કે એક વનસ્પતિમાં એકથી વધારે તત્ત્વોની ઊણપનાં લક્ષણો જોવા મળે છે તો પ્રાયોગિક રીતે તમે કેવી રીતે તેને ચકાસશો કે કયા ખનીજ તત્ત્વની ઊણપ છે ?
6. કેટલીક વનસ્પતિઓમાં ઊણપનાં લક્ષણો સૌથી પહેલા તરુણ ભાગમાં જ જોવા મળે છે, જ્યારે કેટલીક અન્ય વનસ્પતિઓમાં પરિપક્વ અંગોમાં કેમ જોવા મળે ?
7. વનસ્પતિઓ દ્વારા ખનીજોનું શોષણ કેવી રીતે થાય છે ?
8. રાઇઝોબિયમ દ્વારા વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરવા માટેની જરૂરી શરતો કઈ છે ? અને N_2 સ્થાપનમાં તેમની ભૂમિકા શું છે ?
9. મૂળગંડિકાના નિર્માણ માટે કયા તબક્કા સંકળાયેલા છે ?
10. નીચે આપેલાં વિધાનોમાં કયા સાચાં છે ? જો ખોટું વિધાન હોય તો તેને સાચું લખો :
    (a) બોરોનની ઊણપથી અક્ષ કુંઠિત બને છે.
    (b) કોષમાં આવેલા પ્રત્યેક ખનીજ તત્ત્વ તેના માટે આવશ્યક છે.
    (c) નાઇટ્રોજન પોષક તત્ત્વના સ્વરૂપમાં વનસ્પતિ વધુ અચલિત છે.
    (d) લઘુપોષક તત્ત્વોની આવશ્યકતા નક્કી કરવી અત્યંત સરળ છે, કારણ કે તેઓ ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં જ જરૂરી છે.

પ્રકરણ 13

ઉચ્ચકક્ષાની વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ (Photosynthesis in Higher Plants)

13.1 આપણે શું જાણીએ છીએ ?

13.2 પૂર્વ પ્રયોગો

13.3 પ્રકાશસંશ્લેષણ ક્યાં થાય છે ?

13.4 પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કેટલાં રંજકદ્રવ્યકણો સંકળાયેલા છે ?

13.5 પ્રકાશ પ્રક્રિયા શું છે ?

13.6 ઈલેક્ટ્રૉન (વીજાણુ) પરિવહન

13.7 ATP અને NADPHનો ઉપયોગમાં ક્યાં થાય છે ?

13.8 C_4 પરિપથ

13.9 પ્રકાશશ્વસન

13.10 પ્રકાશસંશ્લેષણ પર અસર કરતાં પરિબળો

માનવી સહિત બધા પ્રાણીઓ, આહાર માટે વનસ્પતિઓ પર આધારિત છે. તમને નવાઈ લાગશે કે વનસ્પતિ પોતાનો આહાર ક્યાંથી મેળવે છે ? વાસ્તવમાં, લીલી વનસ્પતિ તેમના જરૂરી ખોરાકનું સંશ્લેષણ કરે છે અને બાકીના બધા સજીવો પોતાની આવશ્યકતા માટે તેના પર નિર્ભર રહે છે. લીલી વનસ્પતિ 'પ્રકાશસંશ્લેષણ' કરે છે, જે એક એવી દેહધાર્મિક-રાસાયણિક પ્રક્રિયા છે કે જેના દ્વારા કાર્બનિક સંયોજનનું સંશ્લેષણ કરવા માટે પ્રકાશ-ઊર્જાનો ઉપયોગ કરે છે. લીલી વનસ્પતિઓ પ્રકાશસંશ્લેષણ દ્વારા તેમનાં જરૂરી ખોરાક બનાવે છે તેથી તેઓને સ્વયંપોષી કહે છે. તમે અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો કે માત્ર વનસ્પતિઓમાં જ સ્વયંપોષી પોષણ જોવા મળે છે અને બાકીના બધા સજીવો ખોરાક માટે લીલી વનસ્પતિઓ પર નિર્ભર છે. તેઓ વિષમપોષી છે. આમ, બધુ મળીને પૃથ્વી પરના બધા સજીવો ઊર્જા માટે સૂર્યપ્રકાશ પર આધાર રાખે છે. વનસ્પતિઓ દ્વારા સૂર્ય પ્રકાશમાં રહેલી શક્તિનાં ઉપયોગથી પ્રકાશસંશ્લેષણ કરાય છે. જે પૃથ્વી પરના જીવનનો આધાર છે. પ્રકાશસંશ્લેષણ મહત્ત્વપૂર્ણ છે તેના બે કારણ છે : તે પૃથ્વી પર બધા જ પ્રકારના ખોરાકનો પ્રાથમિક સ્રોત છે વનસ્પતિઓ દ્વારા વાતાવરણમાં ઑક્સિજન મુક્ત કરવા માટે પણ જવાબદાર છે. શું તમે ક્યારેય વિચાર્યું છે કે શ્વાસ લેવા માટે ઑક્સિજન ન હોય તો શું થાય ? આ પ્રકરણ પ્રકાશસંશ્લેષણ ક્રિયાવિધિની રચના અને રાસાયણિક શક્તિમાં રૂપાંતર થવાની વિવિધ પ્રક્રિયાઓ પર પ્રકાશ પાડે છે.

13.1 આપણે શું જાણીએ છીએ ? (What do we know ?)

ચાલો, પહેલાં આપણે તે શોધવા પ્રયત્ન કરીએ કે જે આપણે પ્રકાશસંશ્લેષણ વિશે કેટલું જાણીએ છીએ, અગાઉના ધોરણોમાં તમે કેટલાક સરળ પ્રયોગ કર્યા હશે. જેમાં દર્શાવાયું હશે કે ક્લોરોફીલ (પર્ણોમાં આવેલ લીલા રંગનું રંજકદ્રવ્ય હરિતદ્રવ્ય), પ્રકાશ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે આવશ્યક છે.

તમે સ્ટાર્ચના નિર્માણ માટેના બે પર્ણોના પ્રયોગમાં જોયું હશે કે એક પર્ણને કાળા કાગળથી આંશિક રીતે ઢાંકવામાં આવેલું હતું અને બીજાને પ્રકાશમાં ખુલ્લુ રાખવામાં આવેલું હતું. સ્ટાર્ચ માટે આ પર્ણોનું પરીક્ષણ કરવાથી એ વાત સ્પષ્ટ થતી હતી કે પ્રકાશસંશ્લેષણ ક્રિયા સૂર્ય પ્રકાશની

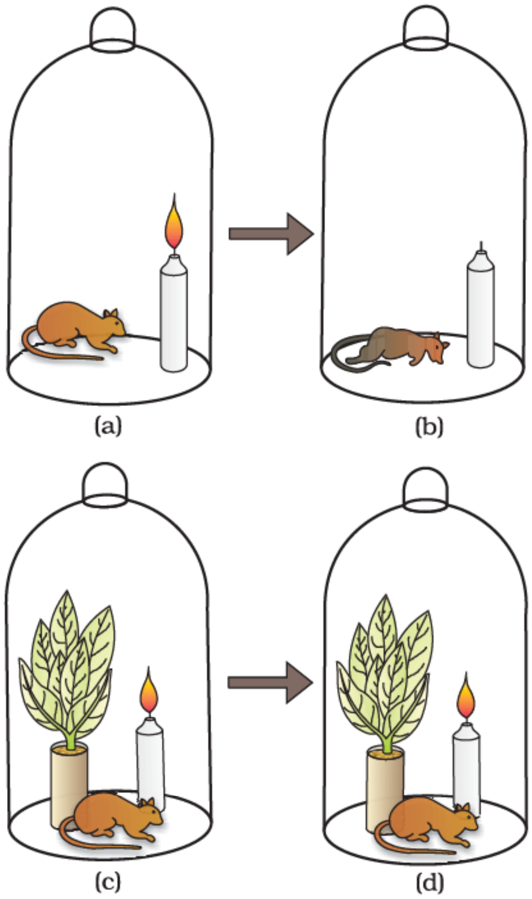
હાજરીમાં લીલા ભાગમાં જ થાય છે.

તમે બીજો એક પ્રયોગ પણ કર્યો જે અર્ધ પર્ણનો પ્રયોગ છે. જેમાં એક પર્ણનો અડધો ભાગ KOHમાં ભીના કરેલા રૂનું પૂમડું ધરાવતી કસનળીમાં રાખ્યો હશે. (KOH એ CO_2નું શોષણ કરે છે). જ્યારે બાકીનો અડધો ભાગ હવામાં ખુલ્લો મૂકવામાં આવેલ હશે. તેના પછરી આ ઉપકરણને થોડાક સમય માટે સૂર્યપ્રકાશમાં મૂકી રાખવામાં આવે છે. કેટલાક સમય પછી તમે સ્ટાર્ચ માટે પર્ણના બે ભાગોનું પરીક્ષણ કરો છો, આ પરીક્ષણથી તમને જ્ઞાન થાય છે કે પર્ણના જે ભાગને કસનળીમાં રાખેલ હતો, તેમાં સ્ટાર્ચનું નિર્માણ થતું નથી. જે ભાગ પ્રકાશમાં હતો, તેમાં સ્ટાર્ચની હાજરી જણાય છે. આ પ્રયોગ દર્શાવે છે કે પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ (CO_2) જરૂરી છે. શું તમે તેની સમજૂતી કરી શકો છો કે આવું તારણ કેવી રીતે મેળવી શકાય છે ?

13.2 પ્રાથમિક પ્રયોગો/પ્રારંભિક પ્રયોગો (Early Experiments)

તે સામાન્ય પ્રયોગોના વિષયમાં જાણવું ખૂબ જ રસપ્રદ હશે કે જેનાથી પ્રકાશસંશ્લેષણનો આપણી સમજમાં ક્રમિક વિકાસ થાય છે.

જૉસેફ પ્રિસ્ટલી (1733-1804) નામના વૈજ્ઞાનિકે 1770માં શ્રેણીબદ્ધ પ્રયોગો કર્યા, જેનાથી જાણવા મળ્યું કે લીલી વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિમાં હવાની એક આવશ્યક ભૂમિકા છે. તમને યાદ હશે કે પ્રિસ્ટલીએ 1774માં ઑક્સિજનની શોધ કરી હતી. પ્રિસ્ટલીએ નિરીક્ષણ કર્યું કે એક બંધ સ્થાન - એક બેલજારમાં સળગતી મીણબત્તી ઝડપથી ઓલવાઈ જાય છે. (આકૃતિ 13.1 a, b, c, d). એ જ રીતે કોઈ ઉંદરનો શ્વાસ બંધ સ્થાનમાં ઝડપથી રૂંધાઈ જાય છે. આ અવલોકનોના આધારે તેમણે એ નિર્ણય કર્યો કે સળગતી મીણબત્તી કે કોઈ પ્રાણી જે હવામાંથી શ્વાસ લે છે, તેઓ બંને કોઈક રીતે, હવાના બંધારણને નુકસાન પહોંચાડે છે. પરંતુ તેમણે બેલજારમાં એક ફુદીનાનો છોડ મૂક્યો તો ઉંદર એમ ને એમ જીવિત જોવા મળ્યો અને મીણબત્તી પણ સતત સળગતી રહી છે. આને આધારે પ્રિસ્ટલીએ નીચે પ્રમાણેની પરિકલ્પના કરી હતી. ''પ્રાણીઓના શ્વસનથી અને સળગતી મીણબત્તી દ્વારા દૂર થયેલ ઑક્સિજનની પૂર્તિ વનસ્પતિ કરે છે.''



આકૃતિ 13.1 : પ્રિસ્ટલીનો પ્રયોગ

તમે કલ્પના કરી શકો છો કે પ્રિસ્ટલીએ એક મીણબત્તી અને એક વનસ્પતિનો ઉપયોગ કરી કેવી રીતે પ્રયોગ કર્યો હશે ? યાદ રાખો કે, થોડા દિવસ બાદ મીણબત્તી સળગી જતી હોવાથી, ફરીથી નવી મીણબત્તી સળગાવવાની જરૂર પડી હતી. પ્રયોગને ગોઠવીને કોઈ પણ ખલેલ વગર તમે મીણબત્તીને સળગાવવા માટે કેટલી રીતો વિચારી શકો છો ?

જૉન ઈન્જેનહાઉસે (1730-1799) પ્રિસ્ટલી દ્વારા ઉપયોગમાં લેવાયેલ સાધન (ઉપકરણ)નો ઉપયોગ કર્યો, પરંતુ તેમણે એકવાર અંધારાવાળી જગ્યામાં અને પછી એકવાર સૂર્યપ્રકાશમાં રાખ્યું હતું, એનાથી એ જાણી શકાયું કે વનસ્પતિઓની આ પ્રક્રિયામાં સૂર્યપ્રકાશ આવશ્યક છે અને સૂર્યપ્રકાશમાં થતી પ્રક્રિયા કે જે સળગતી મીણબત્તી કે શ્વાસ લેવાવાળા પ્રાણીઓ દ્વારા પ્રદુષિત થયેલ હવાને શુદ્ધ કરે છે. ઈન્જેનહાઉસે એક જલીય વનસ્પતિના પ્રયોગમાં દર્શાવેલ હતું કે તીવ્ર સૂર્યપ્રકાશમાં વનસ્પતિના લીલા ભાગોની આસપાસ નાના-નાના પરપોટાં નીકળે છે, જ્યારે અંધારામાં રાખેલ વનસ્પતિમાં આમ થતું નથી. ત્યારબાદ તેમણે આ પરપોટાંઓની

ઓળખ ઑક્સિજનના સ્વરૂપમાં કરી હતી. આમ, તેમણે દર્શાવ્યું કે વનસ્પતિઓનો માત્ર લીલો ભાગ જ ઑક્સિજન મુક્ત કરે છે.

1854 સુધી આ જાણકારી ન હતી, પરંતુ જુલિયસ વૉન સેચ નામના વૈજ્ઞાનિકે પુરાવા સાથે એ સાબિત કર્યું કે જ્યારે વનસ્પતિ વૃદ્ધિ કરે છે ત્યારે ગ્લુકોઝ (શર્કરા) ઉત્પન્ન થાય છે. ગ્લુકોઝ સામાન્ય રીતે સ્ટાર્ચના રૂપમાં સંચય કે સંગ્રહ પામે છે. ત્યારબાદ અભ્યાસ પરથી જાણી શકાયું કે વનસ્પતિમાંનો લીલો પદાર્થ - જેને ક્લોરોફિલ (જેને હાલમાં આપણે હરિતદ્રવ્ય તરીકે ઓળખીએ છીએ) કહે છે, જે વનસ્પતિઓના કોષોમાં આવેલ વિશિષ્ટ અંગિકા (જેને હરિતકણ તરીકે આપણે જાણીએ છીએ)માં હોય છે. તેમણે જણાવ્યું કે વનસ્પતિઓના લીલા ભાગમાં ગ્લુકોઝ બને છે અને ગ્લુકોઝ સામાન્યતઃ સ્ટાર્ચના રૂપમાં સંચિત થાય છે.

હવે તમે ટી. ડબ્લ્યુ. એન્જીલમેન (1843-1909) દ્વારા કરવામાં આવેલા રસપ્રદ પ્રયોગ પર ધ્યાન આપો. તેમણે પ્રિઝમનો ઉપયોગ કરી પ્રકાશને તેના વર્ણપટના ઘટકોમાં વિભાજીત કર્યો અને પછી એક લીલી લીલ ક્લેડોફોરાને જારક બૅક્ટેરિયાયુક્ત દ્રાવણમાં રાખી હતી અને બૅક્ટેરિયાનો ઉપયોગ ઑક્સિજન ક્યાંથી મુક્ત થાય છે તે સ્થાન જાણવા માટે કર્યો હતો. તેમને જાણવા મળ્યું કે બૅક્ટેરિયા મુખ્યત્વે વિભાજીત વર્ણપટના વાદળી તેમજ લાલ પ્રકાશના વિસ્તારોમાં એકત્રિત થયા હતા. આ રીતે પ્રકાશસંશ્લેષણના પ્રથમ સક્રિય વર્ણપટ(First Action Spectrum)નું પ્રથમ વર્ણન કરવામાં આવેલું હતું. તે મોટે ભાગે ક્લોરોફિલ a તેમજ ક્લોરોફિલ bના શોષણ વર્ણપટ સાથે લગભગ સમાનતા ધરાવે છે. (વિભાગ 13.4માં વર્ણન કરેલ છે.)

19મી સદીના મધ્ય સુધી વનસ્પતિમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ વિશે બધી જ મુખ્ય વિશિષ્ટતાઓ અંગે જાણકારી પ્રાપ્ત થઈ ગઈ હતી, જેવી કે, વનસ્પતિઓ પ્રકાશ-ઊર્જાનો ઉપયોગ કરીને CO_2 અને પાણીમાંથી કાર્બોદિતો બનાવે છે. ઑક્સિજન મુક્ત કરતાં સજીવોમાં પ્રકાશસંશ્લેષણની સમગ્ર પ્રક્રિયાની સમજૂતી સમીકરણ દ્વારા રજૂ કરેલ છે.

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{પ્રકાશ}} [CH_2O] + O_2$$

જ્યાં (CH_2O) એક કાર્બોદિત(જેવા કે ગ્લુકોઝ – એક છ કાર્બન ધરાવતી શર્કરા) છે.

કોર્નેલિયસ વાન નીલ(1897-1985) નામના સૂક્ષ્મજીવ વૈજ્ઞાનિકે પ્રકાશસંશ્લેષણની સમજૂતી માટે મહત્ત્વનું યોગદાન આપ્યું. તેમનો અભ્યાસ જાંબલી તેમજ લીલા રંગના બૅક્ટેરિયા પર આધારિત હતો. તેઓએ જણાવ્યું કે પ્રકાશસંશ્લેષણ આવશ્યક રીતે એક પ્રકાશ આધારિત પ્રતિક્રિયા છે કે જેમાં યોગ્ય ઑક્સિડાઈઝેબલ સંયોજનમાંથી પ્રાપ્ત થતાં હાઇડ્રોજન કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું રિડકશન કરીને કાર્બોદિત પદાર્થનું નિર્માણ કરે છે. નીચે આપેલ સમીકરણથી સમજાવવામાં આવે છે.

$$2H_2A + CO_2 \xrightarrow{\text{પ્રકાશ}} 2A + CH_2O + H_2O$$

લીલી વનસ્પતિઓમાં H_2O, એ હાઇડ્રોજન દાતા છે અને ઑક્સિડેશન પામીને O_2માં ફેરવાય છે. કેટલાક સજીવ પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન O_2 મુક્ત કરતા નથી. જ્યારે H_2S જાંબલી તેમજ લીલા-સલ્ફર બૅક્ટેરિયા માટે હાઇડ્રોજન દાતા હોય છે ત્યારે જેતે સજીવ આધારિત 'ઑક્સિડેશન' નીપજ O_2ના સ્થાને સલ્ફર અથવા સલ્ફેટ હોય છે. તેના પરથી તેઓએ નિર્ણય કર્યો કે લીલી વનસ્પતિઓ દ્વારા ઑક્સિજન H_2Oમાંથી મુક્ત થાય છે, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડમાંથી મુક્ત થતો નથી. પછી આ બાબત રેડિયો સમસ્થાનિક પદ્ધતિના ઉપયોગથી સાબિત કરવામાં છે, આથી એટલા માટે સંપૂર્ણ પ્રક્રિયા પ્રકાશસંશ્લેષણની રજૂ કરતું સાચું સમીકરણ નીચે આપ્યું :

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow{\text{પ્રકાશ}} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2$$

જ્યાં, $C_6H_{12}O_6$ એ ગ્લુકોઝ છે. રેડિયો સમસ્થાનિક પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરીને સાબિત કરવામાં આવ્યું કે O_2 પાણીમાંથી મુક્ત થાય છે. નોંધનીય છે કે આ એક ચરણ (Step) ક્રિયા નથી. પરંતુ, ઘણી બધી પ્રક્રિયાઓનું સામૂહિક

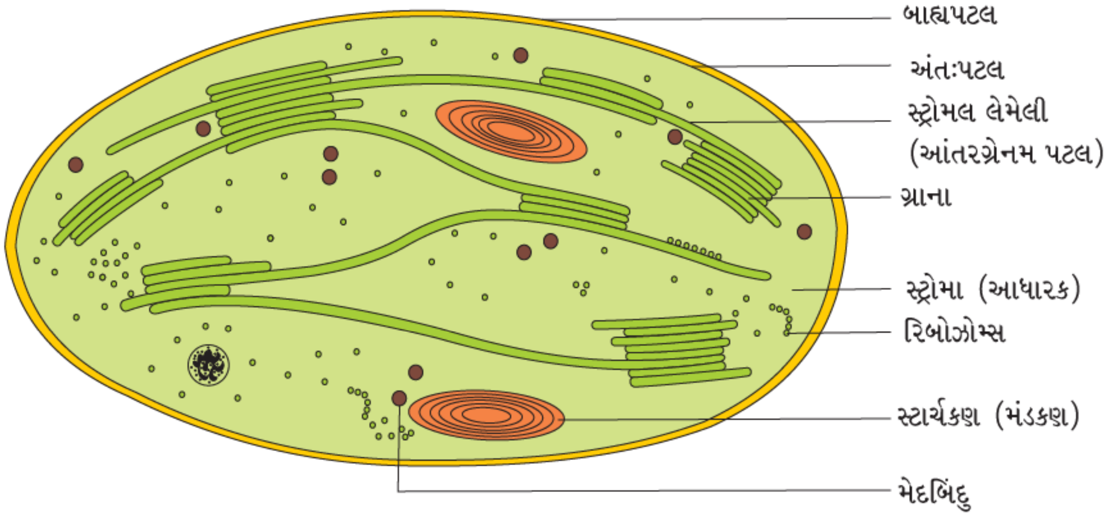
વર્ણન છે જેને પ્રકાશસંશ્લેષણ કહે છે. શું તમે એ સમજાવી શકશો કે ઉપરોક્ત સમીકરણમાં પાણીના 12 અણુઓ પ્રક્રિયક તરીકે ઉપયોગમાં શા માટે લેવાયેલા છે ?

13.3 પ્રકાશસંશ્લેષણ ક્યાં થાય છે ? (Where does Photosynthesis Take Place ?)

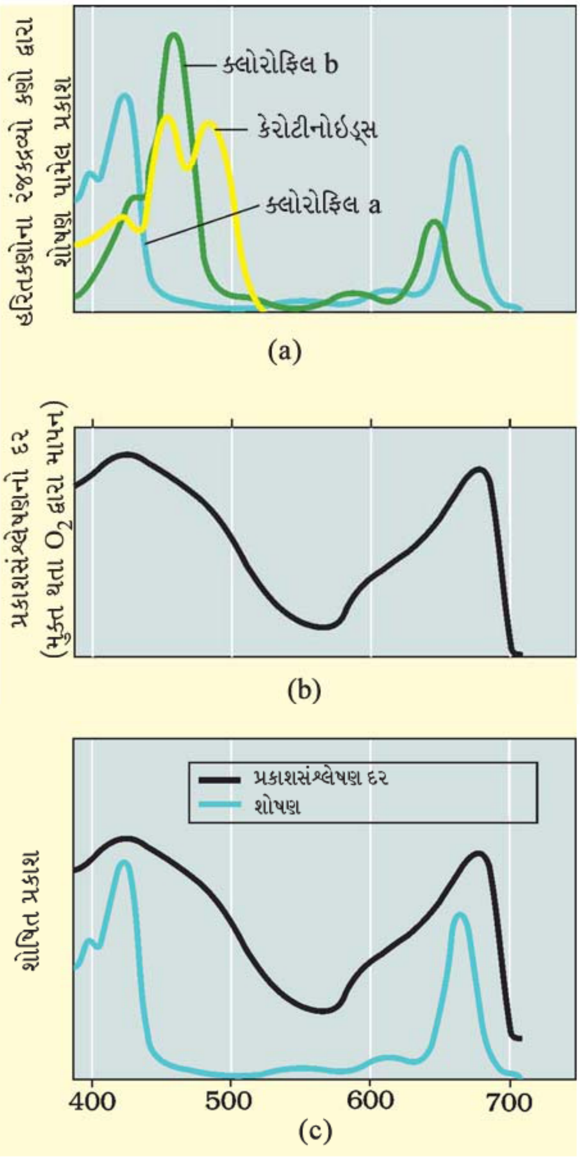
પ્રકરણ **8**માં અભ્યાસ કર્યા પછી નિશ્ચિતપણે તમારો જવાબ હશે કે લીલા પર્ણોમાં અથવા તમે કહી શકશો કે હરિતકણોમાં, તમે બિલકુલ સાચાં છો. પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા વનસ્પતિના લીલા પર્ણોમાં થાય છે પરંતુ તે વનસ્પતિઓના અન્ય લીલા ભાગોમાં પણ થાય છે. શું તમે વનસ્પતિઓના કેટલાક અન્ય ભાગોના નામ જણાવી શકો છો કે જ્યાં પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા થઈ શકે છે ?

તમે અગાઉના એકમમાં અભ્યાસ કર્યો હતો કે પર્ણોની મધ્યપર્ણ પેશીઓના કોષો મોટી સંખ્યામાં હરિતકણો ધરાવે છે. સામાન્યતઃ મધ્યપર્ણ કોષોની કોષદીવાલ નજીક હરિતકણો શ્રેણીબદ્ધ ગોઠવાયેલ હોય છે. જેથી તેઓ ઈષ્ટતમ માત્રામાં આપાત થતાં પ્રકાશને મેળવી શકે છે. શું તમે કહી શકો છો કે હરિતકણો ક્યારે કોષદીવાલની સપાટીને સમાંતરે અને ક્યારે લંબ ગોઠવાયેલા હશે ?

તમે પ્રકરણ **8**માં હરિતકણની સંરચનાનો અભ્યાસ કર્યો છે. હરિતકણમાં એક પટલમય તંત્ર ધરાવતું ગ્રાના, આંતર ગ્રેનમ પટલો (સ્ટ્રોમા લેમીલી) અને તરલ આધારક (ફ્લ્યુઈડ સ્ટ્રોમા) હોય છે. (આકૃતિ 13.2). હરિતકણમાં સુસ્પષ્ટ શ્રમવિભાજન જોવા મળે છે. પટલમય તંત્ર પ્રકાશ-ઊર્જાને વિવિધ રીતે ગ્રહણ કરવા માટે અને ATP તેમજ NADPH સંશ્લેષણ કરવા માટે જવાબદાર છે. આધારક (સ્ટ્રોમા) પ્રદેશમાં ઉત્સેચકીય પ્રક્રિયાઓ શર્કરાના નિર્માણ તરફ દોરી જાય છે, જેનું પછી સ્ટાર્ચમાં રૂપાંતરણ થાય છે. પ્રથમ પ્રક્રિયા પ્રત્યક્ષ રીતે પ્રકાશ દ્વારા સંચાલિત હોવાથી તેને **પ્રકાશ પ્રક્રિયા** કહે છે. બીજી પ્રક્રિયા પ્રકાશ પર આધારિત નથી. પરંતુ પ્રકાશ પ્રક્રિયાની નીપજો પર આધારિત હોય છે (ATP તથા NADPH) આમ, તેને **અંધકાર પ્રક્રિયા** (કાર્બન પ્રક્રિયા) કહે છે. આનો અર્થ એ ન થાય કે તેઓ અંધકારમાં થાય છે કે તેઓ કાશ પર આધાર રાખતી નથી.



આકૃતિ 13.2 : હરિતકણના છેદનું ઇલેક્ટ્રૉન માઇક્રોસ્કોપ દ્વારા રેખાંકિત નિરૂપણ



પ્રકાશની તરંગલંબાઈ નેનો મીટરમાં (nm)

આકૃતિ 13.3(a) : ક્લોરોફિલ a, b અને કેરોટીનોઇડ્સના શોષણ રંગક્રમ પ્રદર્શિત કરતો આલેખ

આકૃતિ 13.3(b) : પ્રકાશસંશ્લેષણ ક્રિયાત્મક રંગક્રમ પ્રદર્શિત કરતો આલેખ

આકૃતિ 13.3(c) : ક્લોરોફિલ aના શોષણ રંગક્રમ પર પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયાત્મક રંગક્રમ વધુ સક્રિયતા દર્શાવતો દૃશ્ય વર્ણપટનો આલેખ.

13.4 પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કેટલા રંજકદ્રવ્યો ભાગ લે છે ? (How Many Pigments are Involved in Photosynthesis ?)

શું તમને ક્યારેય આશ્ચર્ય થયું છે કે એક જ વનસ્પતિના પર્ણોમાં પણ લીલા રંગ માટે વિવિધતા શા માટે અને કેવી રીતે જોવા મળતી હશે ? એક જ વનસ્પતિના વિવિધ પર્ણોમાં પણ આવું શા માટે અને કેવી રીતે હોય છે ? લીલી વનસ્પતિના પર્ણના રંજકદ્રવ્યોનું પેપર ક્રોમેટોગ્રાફી દ્વારા અલગીકરણ કરવાનો પ્રયત્ન કરી આપણે આ પ્રશ્નનો જવાબ આપી શકીએ છીએ. પર્ણોમાં આવેલ રંજકદ્રવ્યોનું ક્રોમેટોગ્રાફીક અલગીકરણ દર્શાવે છે કે પર્ણોનો રંગ કોઈ એક રંજકદ્રવ્યને કારણે નહિ, પરંતુ ચાર પ્રકારના રંજકદ્રવ્યોને કારણે છે : **ક્લોરોફિલ a** (ક્રોમેટોગ્રામમાં ચળકતો કે વાદળી પડતો લીલો રંગ ધરાવે), **ક્લોરોફિલ b** (પીળાશ પડતો લીલો રંગ), **ઝેન્થોફિલ** (પીળો રંગ) અને **કેરોટીનોઇડ્સ**(પીળાશ પડતો નારંગી રંગ)ના કારણે હોય છે. ચાલો, હવે જોઈએ કે પ્રકાશસંશ્લેષણમાં વિવિધ રંજક દ્રવ્યોની ભૂમિકા શું છે ?

રંજક દ્રવ્યો એવા પદાર્થો છે કે જેઓ પ્રકાશની ચોક્કસ તરંગલંબાઈઓનું શોષણ કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. શું તમે અનુમાન કરી શકો છો કે વિશ્વમાં સૌથી પ્રભાવી વનસ્પતિ રંજકદ્રવ્ય કયું છે ? આવો, આપણે ક્લોરોફિલ a રંજકદ્રવ્યની પ્રકાશની વિવિધ તરંગલંબાઈઓનું શોષણ કરવાની ક્ષમતા ધરાવતા આલેખનો અભ્યાસ કરીએ. (આકૃતિ 13.3(a)). અલબત્ત તમે **જાનીવાલીપીનાલા (VIBGYOR)** તરીકે પ્રકાશના દૃશ્ય વર્ણપટની તરંગલંબાઈથી પરિચિત છો.

આકૃતિ 13.3(a)ને જોઈને તમે નક્કી કરી શકશો કે ક્લોરોફિલ a કઈ તરંગલંબાઈઓનું સૌથી વધુ શોષણ કરી શકશે ? શું તે કોઈ અન્ય તરંગલંબાઈએ પ્રકાશ શોષણનો શૃંગ દર્શાવે છે ? જો હા, તો તે કઈ છે ?

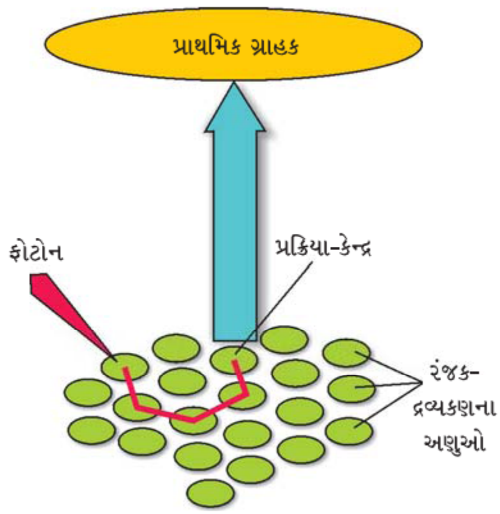
હવે તમે આકૃતિ 13.3(b)ને જુઓ. જે દર્શાવે છે કે કઈ તરંગલંબાઈએ મહત્તમ પ્રકાશસંશ્લેષણ થાય છે. તમે જોઈ શકો છો કે ક્લોરોફિલ a દ્વારા કઈ તરંગલંબાઈનું મહત્તમ શોષણ થાય છે એટલે કે ક્લોરોફિલ a વાદળી અને લાલ રંગની તરંગલંબાઈનું વધુ શોષણ કરે છે. જે પ્રકાશસંશ્લેષણનો ઊંચો દર દર્શાવે છે. આથી, આપણે નિર્ણય કરી શકીએ છીએ કે ક્લોરોફિલ a પ્રકાશસંશ્લેષણ સાથે સંકળાયેલ મુખ્ય રંજકદ્રવ્ય છે પરંતુ આકૃતિ 13.3(c) જોઈને તમે કહી

શકશો કે ક્લોરોફિલ a નો શોષણ વર્ણપટ અને પ્રકાશસંશ્લેષણનો સક્રિય વર્ણપટ એકબીજા સાથે સંપૂર્ણ રીતે આચ્છાદિત થાય છે ?

આ આલેખ, એક સાથે એ દર્શાવે છે કે વર્ણપટના વાદળી તેમજ લાલ પ્રકાશના વિસ્તારમાં મોટા ભાગનું પ્રકાશસંશ્લેષણ થાય છે અને થોડુંઘણું પ્રકાશસંશ્લેષણ દશ્ય વર્ણપટની અન્ય તરંગલંબાઈઓમાં પણ થાય છે. આપણે જોઈએ કે તે કેવી રીતે થાય છે. ક્લોરોફિલ a પ્રકાશનું શોષણ કરનાર મુખ્ય રંજકદ્રવ્ય છે, છતાં પણ થાઈલેકૉઇડમાં રહેલાં અન્ય રંજકદ્રવ્યો જેવાં કે ક્લોરોફિલ b, ઝેન્થોફિલ અને કેરોટીનોઇડ કે જેઓને સહાયક રંજકદ્રવ્યો કહેવાય છે, તેઓ પણ પ્રકાશનું શોષણ કરે છે અને શોષણ પામેલ ઊર્જાને ક્લોરોફિલ a તરફ સ્થળાંતરિત કરે છે. વાસ્તવમાં તે રંજકદ્રવ્યો માત્ર પ્રકાશસંશ્લેષણ માટે અંદર પ્રવેશ પામતા પ્રકાશની ઉપયોગી તરંગલંબાઈઓના વિસ્તારોને વધારતા નથી પરંતુ તેઓ ક્લોરોફિલ a ને ફોટો ઑક્સિડેશન(ક્લોરોફિલનું વિઘટન)થી પણ બચાવે છે.

13.5 પ્રકાશ પ્રક્રિયા શું છે ? (What is Light Reaction ?)

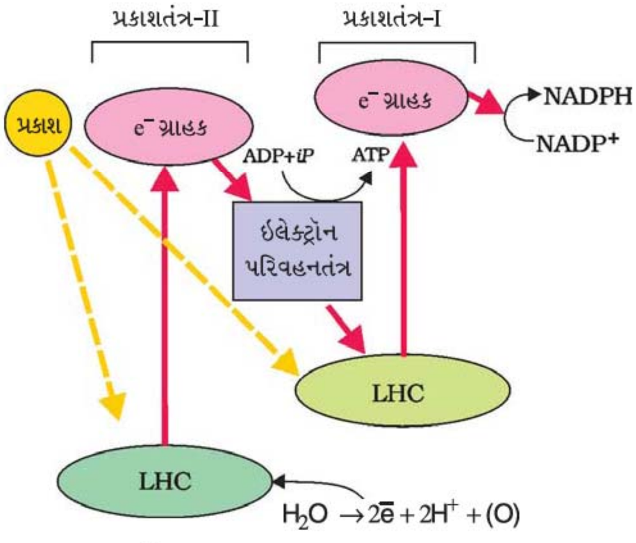
પ્રકાશ પ્રક્રિયા અથવા પ્રકાશ રાસાયણિક તબક્કામાં પ્રકાશનું શોષણ, પાણીનું વિભાજન, ઑક્સિજનનો ઉદ્‌ભવ અને ઉચ્ચ ઊર્જા મૂલ્ય ધરાવતાં મધ્યસ્થીઓ જેવાં કે ATP અને NADPHનો નિર્માણનો પણ સમાવેશ થાય છે. આ પ્રક્રિયામાં અનેક સંકુલો સંકળાયેલા હોય છે. અહીંયાં રંજકદ્રવ્યો બે સ્પષ્ટ અલગ પ્રકાશ રસાયણિક **લાઈટ હાર્વેસ્ટિંગ કૉમ્પ્લેક્સ (પ્રકાશગ્રાહી સંકુલો) (LHC)** જેને **રંજકદ્રવ્ય તંત્ર-I (ફોટોસિસ્ટમ-Ps I)** અને **રંજકદ્રવ્ય તંત્ર-II (ફોટોસિસ્ટમ-Ps II)** ધરાવે છે. પ્રકાશ પ્રક્રિયા દરમિયાન તેમના કાર્યની ક્રમિકતાને આધારે નહીં પણ તેમના નામ સંશોધનના ક્રમને આધારે અપાયેલા છે. LHC પ્રોટીનથી અનુબંધિત હજારો રંજકદ્રવ્યોના અણુઓથી બને છે. પ્રત્યેક ફોટોસિસ્ટમમાં બધા રંજકદ્રવ્યો હોય છે. (સિવાય કે ક્લોરોફિલ aનો એક અણુ જ હોય) જે પ્રકાશગ્રાહી સંકુલ LHCનું નિર્માણ કરે છે, જેને એન્ટેની કે **એન્ટેના** પણ કહે છે. (આકૃતિ 13.4) આ રંજકદ્રવ્યકણો વિવિધ તરંગલંબાઈના પ્રકાશનું શોષણ કરી પ્રકાશસંશ્લેષણને વધારે કાર્યક્ષમ બનાવવામાં મદદરૂપ થાય છે. ક્લોરોફિલ aના એકાકી અણુ **પ્રક્રિયા-કેન્દ્ર** બનાવે છે. બંને ફોટો સિસ્ટમમાં પ્રક્રિયા કેન્દ્ર અલગ હોય છે. Ps-Iમાં પ્રક્રિયા કેન્દ્ર તરીકે ક્લોરોફિલ aનો અણુ 700 nm તરંગલંબાઈએ સર્વોચ્ચ માત્રામાં શોષણ કરે છે. આથી તેને $\mathbf{P_{700}}$ કહે છે. Ps-IIમાં તે 680 nm તરંગલંબાઈએ સૌથી વધુ પ્રકાશનું શોષણ થાય છે. આથી તેને $\mathbf{P_{680}}$ કહે છે. (ફોટો સિસ્ટમ = પ્રકાશતંત્ર)



આકૃતિ 13.4 : લાઈટ હાર્વેસ્ટિંગ સંકુલ (પ્રકાશગ્રાહી સંકુલ)

13.6 ઈલેક્ટ્રૉન પરિવહન (Electron Transport)

ફોટોસિસ્ટમ-IIમાં પ્રક્રિયા-કેન્દ્રમાં આવેલ ક્લોરોફિલ 'a' અણુ 680 nm તરંગલંબાઈવાળા લાલ પ્રકાશનું શોષણ કરે છે, જેના કારણે ઈલેક્ટ્રૉન (વીજાણુ) ઉત્તેજિત થઈને પરમાણુના કેન્દ્રથી દૂરની કક્ષામાં કૂદી જાય છે. આ ઈલેક્ટ્રૉનને એક ઈલેક્ટ્રૉન ગ્રાહી ગ્રહણ કરી લે છે. જે ઈલેક્ટ્રોનને સાયટોક્રોમ ધરાવતા **ઈલેક્ટ્રૉન્સ**



આકૃતિ 13.5 : પ્રકાશ-પ્રક્રિયાની Z-સ્કીમ

ટ્રાન્સપોર્ટ સિસ્ટમ (વીજાણુ પરિવહન તંત્ર)માં લઈ જાય છે. ઑક્સિડેશન - રિડક્શન કે રેડોક્ષ પોટેન્શિયલના માપદંડ અનુસાર અધોગામી (downhill) છે. (આકૃતિ 15.3). જ્યારે પરિવહન શૃંખલામાંથી ઇલેક્ટ્રૉન્સ પસાર થાય છે ત્યારે તેઓનો ઉપયોગ થતો નથી કે વપરાઈ જતા નથી. પરંતુ તેઓ ફોટોસિસ્ટમ-I (Ps-I)ના રંજકદ્રવ્યો આપી દે છે. તેથી સાથે સાથે Ps-Iના પ્રક્રિયા- કેન્દ્રમાં પણ ઇલેક્ટ્રૉન લાલ પ્રકાશની 700 nm તરંગલંબાઈનું શોષણ થવાથી ઉત્તેજિત થાય છે અને તે અન્ય ગ્રાહી અણુ તરફ સ્થળાંતરિત થાય છે. જેની રેડોક્ષ પોટેન્શિયલ વધારે હોય છે. આ ઇલેક્ટ્રૉન્સ પુનઃ અધોગામી ગતિ કરે છે; પરંતુ આ વખતે તે અણુ ઊર્જાથી ભરપૂર $NADP^+$ તરફ ગતિ કરે છે. આ ઇલેક્ટ્રૉન્સનો ઉમેરો થવાથી $NADP^+$નું (રિડક્શન કરી)ને $NADPH + H^+$ બનાવે છે. ઇલેક્ટ્રૉન્સના સ્થળાંતરણની ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન યોજના Ps-IIથી પ્રારંભ થઈ ગ્રાહી એકમ તરફ ઉર્ધ્વગમન પામીને, ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન શૃંખલા દ્વારા Ps-I તરફ અધોગમન થઈ, અન્ય ગ્રાહી એકમોમાં સ્થળાંતર પામી અને છેવટે $NADP^+$ તરફ અધો વહન પામી, $NADP^+$નું રિડક્શન કરી $NADPH + H^+$ બનવા સુધી થાય છે. આ બધી યોજના Z આકારની હોય છે. તેની આ લાક્ષણિકતાઓને કારણે તેને **Z સ્કીમ (Z યોજના)** કહે છે. (આકૃતિ 13.5) આ આકાર ત્યારે બને છે જ્યારે બધા વાહકો એક જ રેડોક્ષ ક્ષમતા માપદંડ પર ક્રમાનુસાર ગોઠવાય છે.

13.6.1 પાણીનું વિભાજન (Splitting of Water)

હવે, પછી તમે પૂછશો કે Ps-II કેવી રીતે ઇલેક્ટ્રૉન સતત પૂરા પાડે છે ? ઇલેક્ટ્રૉન્સ (વીજાણુઓ) જે ફોટોસિસ્ટમ-II (Ps-II)માંથી નીકળે છે. તેમનું સ્થાન નિશ્ચિતરૂપે બીજા ઇલેક્ટ્રૉન લે છે. પાણીના વિભાજનને કારણે ઇલેક્ટ્રૉન્સની પ્રાપ્તિ થાય છે. પાણીના વિભાજનની ક્રિયા Ps-II સાથે સંકળાયેલ છે. પાણી (H_2O), H^+, [O] અને ઇલેક્ટ્રૉનમાં વિભાજન પામે છે. આમાંથી ઉત્પન્ન થતો ઑક્સિજન પ્રકાશસંશ્લેષણની એકમાત્ર વાસ્તવિક નીપજ છે. ઇલેક્ટ્રૉન્સના જરૂરી સ્થાનફેર માટે ફોટોસિસ્ટમ-I (PS-I)માંથી દૂર થયેલ ઇલેક્ટ્રૉન, ફોટોસિસ્ટમ-II (PS-II) દ્વારા પૂરા પાડવામાં આવે છે.

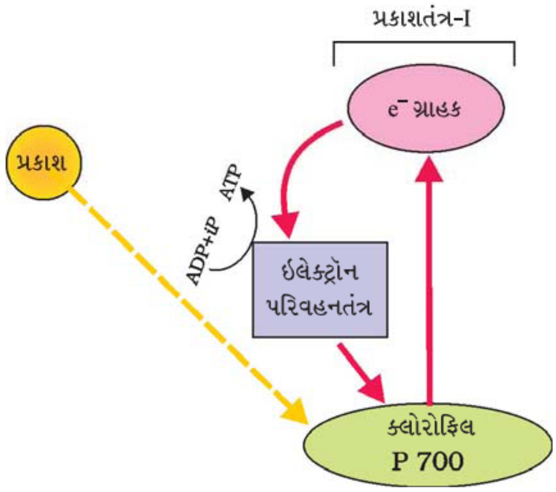
$$2H_2O \longrightarrow 4H^+ + O_2 + 4e^-$$

આપણે તે સારી રીતે જાણી લેવું જોઈએ કે પાણીનું વિભાજન PS-II સાથે સંકળાયેલ છે કે જે આપમેળે ભૌતિક રીતે થાઇલેકૉઇડના પટલની અંદરની તરફ થાય છે. તો પછી આ દરમિયાન પ્રોટોન્સ (H^+) તેમજ O_2 ક્યાં મુક્ત થાય છે ? પોલાણમાં અંદર કે પટલની બહારની તરફ ?

13.6.2 ચક્રીય તેમજ અચક્રીય ફોટોફૉસ્ફોરાયલેશન (Cyclic and Non-Cyclic Photophosphorylation)

સજીવો ઑક્સિડેશન થઈ શકે તેવા પદાર્થોમાંથી ઊર્જા મુક્ત કરી અને તેને રાસાયણિક બંધના સ્વરૂપમાં તે

ઊર્જાને સંચય કરવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. વિશિષ્ટ પદાર્થ જેવાં કે ATP, આ ઊર્જાને પોતાના રાસાયણિક બંધમાં જકડી રાખે છે. કોષો દ્વારા (કણાભસૂત્રો અને હરિતકણોમાં) ATPના સંશ્લેષણની આ પ્રક્રિયાને ફૉસ્ફોરાયલેશન (ફૉસ્ફોરીકરણ) કહે છે. ફોટોફૉસ્ફોરાયલેશન એક એવી પ્રક્રિયા છે કે જેમાં પ્રકાશની હાજરીમાં ADP અને અકાર્બનિક ફૉસ્ફેટ દ્વારા ATPનું સંશ્લેષણ થાય છે. જ્યારે બે પ્રકાશતંત્ર (ફોટોસિસ્ટમ) ક્રમિક કાર્ય કરે છે જેમાં Ps-II પહેલાં અને બીજા ક્રમમાં Ps-I કાર્ય કરે ત્યારે થતી પ્રક્રિયાને અચક્રીય ફોટોફૉસ્ફોરાયલેશન કહે છે. આ બંને ફોટોસિસ્ટમ એક ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન શૃંખલા થઈ જોડાયેલ હોય છે. આપણે અગાઉ Z સ્કીમમાં (સંયોજનમાં) જોયું છે. ATP અને NADP + H^+ બંને આવા પ્રકારના ઇલેક્ટ્રૉન પ્રવાહ દ્વારા સંશ્લેષિત થાય છે. (આકૃતિ 13.5)



આકૃતિ 13.6 : ચક્રીય ફોટોફૉસ્ફોરાયલેશન

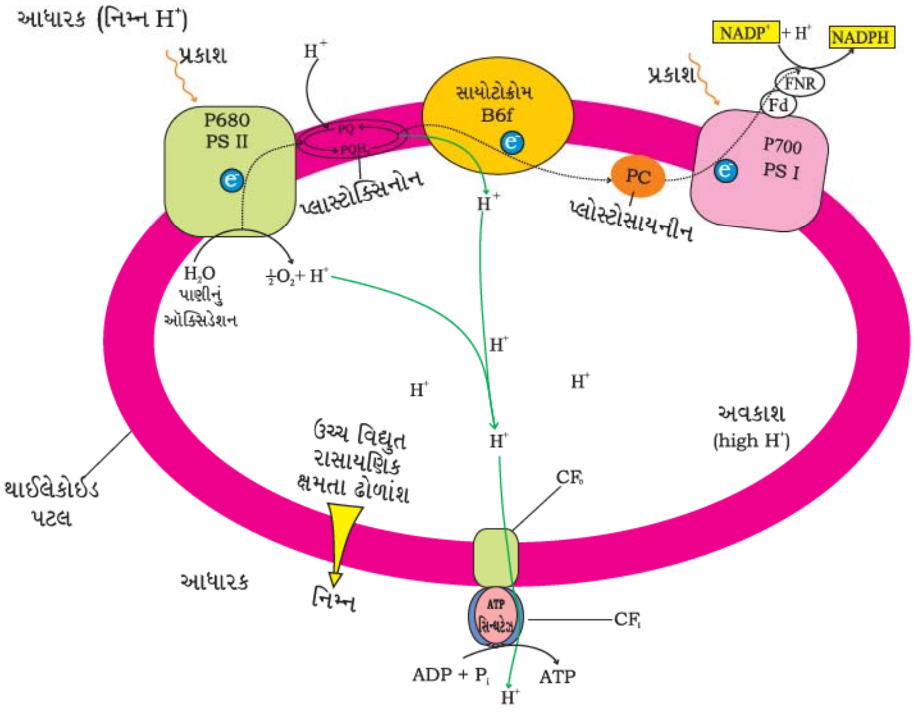
જ્યારે માત્ર PS-I ક્રિયાશીલ હોય છે, ત્યારે ઇલેક્ટ્રૉન ફોટોસિસ્ટમમાં જ ફરતો રહે છે અને ઇલેક્ટ્રૉનના ચક્રીય પ્રવાહને કારણે ફૉસ્ફોરાયલેશન થાય છે. (આકૃતિ 13.6). આ પ્રવાહની સંભવિતતા સ્ટ્રોમા લેમિલી(આંતરગ્રેનમ પટલ)માં હોય છે. જ્યારે ગ્રેનાના પટલ કે ગ્રેનાના પટલોમાં PS-I તેમજ PS-II બંને હોય ત્યારે સ્ટ્રોમા લેમિલીના પટલોમાં (આંતર ગ્રેનન પટલમાં) PS-II તેમજ NADP રિડક્ટેઝ ઉત્સેચક હોતા નથી. ઉત્તેજિત ઇલેક્ટ્રૉન $NADP^+$ તરફ વહન પામતો નથી તે ETS દ્વારા PS-I તરફ ચક્રીય રીતે પાછો ફરે છે. (આકૃતિ 13.6). આમ, ચક્રીય પ્રવાહમાં માત્ર ATPનું સંશ્લેષણ થાય છે પરંતુ NADPH + H^+નું નિર્માણ થતું નથી. ચક્રીય ફોટોફૉસ્ફોરાયલેશન માત્ર ત્યારે જ થાય છે કે જ્યારે તેની ઉત્તેજના માટે પ્રાપ્ત પ્રકાશની તરંગલંબાઈ 680 nmથી વધારે હોય છે.

13.6.3 રસાયણાસૃતિ અધિતર્ક (Chemiosmotic Hypothesis)

ચાલો, હવે આપણે એ સમજવાનો પ્રયત્ન કરીએ કે વાસ્તવિક રીતે ATP નું સંશ્લેષણ હરિતકણમાં કેવી રીતે થાય છે ? આ પ્રક્રિયાનું વર્ણન કરવા માટે રસાયણાસૃતિ (કેમિઓસ્મોટિક) અધિતર્ક રજૂ કરવામાં આવ્યો છે. શ્વસનની જેમ પ્રકાશસંશ્લેષણમાં પણ, ATPનું સંશ્લેષણ પટલની આરપાર પ્રોટોન ઢોળાંશ સાથે સંકળાયેલ છે. આ વખતે આ પટલો થાઇલેકૉઇડના હોય છે. અહીં એક તફાવત એ છે કે પ્રોટોન, થાઇલેકૉઇડના પટલની અંદર અથવા તેના અવકાશમાં સંચિત થાય છે. જ્યારે શ્વસનમાં પ્રોટોન (H^+) કણાભસૂત્રોના આંતરપટલ અવકાશમાં સંચિત થાય છે, જ્યારે ETS (ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર - પ્રકરણ - 14) દ્વારા ઇલેક્ટ્રૉનનું વહન થાય છે.

આવો, હવે એ સમજીએ કે કયાં કારણોસર પટલની આરપાર પ્રોટોન ઢોળાંશ સર્જાય છે ? આપણે એ પ્રક્રિયાઓ પર ધ્યાન આપવું જોઈએ કે જે ઇલેક્ટ્રૉનની સક્રિયતા અને તેઓના પરિવહન દરમિયાન પૂર્ણ થાય છે. જેથી તે તબક્કાઓને સુનિશ્ચિત કરી શકાય જેના કારણે પ્રોટોન ઢોળાંશનો વિકાસ થાય છે. (આકૃતિ 13.7).

(a) જ્યારે પટલની અંદરની તરફ પાણીના અણુનું વિભાજન થાય છે, જેના કારણે ઉત્પન્ન થતાં પ્રોટોન કે હાઇડ્રોજન આયન (H^+) થાઇલેકૉઇડના અવકાશમાં સંચિત થાય છે.



આકૃતિ 13.7 : રસાયણસૃતિ દ્વારા ATPનું સંશ્લેષણ

(b) જેમ કે ઇલેક્ટ્રૉન્સ ફોટોસિસ્ટમમાંથી પસાર થાય છે, ત્યારે પ્રોટોન પટલની આરપાર સ્થળાંતરિત થઈ જાય છે. એવું એટલા માટે થાય છે, કે ઇલેક્ટ્રૉનનો પ્રાથમિક ગ્રાહક કે જે પટલની બહારની તરફ આવેલો હોય છે, તેના પોતાના ઇલેક્ટ્રૉનને એક ઇલેક્ટ્રૉન વાહક તરફ સ્થાનાંતરિત કરતા નથી. પરંતુ હાઇડ્રોજન(H)વાહક તરફ સ્થળાંતરિત કરે છે. આમ, ઇલેક્ટ્રૉન સ્થળાંતરણ સમયે આ અણુ આધારક (સ્ટ્રોમા)માંથી એક પ્રોટોનને દૂર કરે છે; જ્યારે આ અણુ પોતાના ઇલેક્ટ્રૉનને પટલની અંદરની તરફ આવેલા ઇલેક્ટ્રૉન વાહકને આપી દે છે. ત્યારે પટલની અંદર તરફ અથવા પટલના અવકાશ તરફ પ્રોટોન મુક્ત થાય છે.

(c) NADP રિડક્ટેઝ ઉત્સેચક, પટલની બહારની તરફ એટલે કે સ્ટ્રોમા તરફ હોય છે. PS-Iના ઇલેક્ટ્રૉન ગ્રાહીમાંથી આવતા ઇલેક્ટ્રૉનની સાથે સાથે આ પ્રોટોન $NADP^+$ને $NADPH + H^+$માં રિડક્શન કરવા માટે આવશ્યક હોય છે. આ પ્રોટોન સ્ટ્રોમામાંથી પણ દૂર થાય છે.

આમ હરિતરણના આધારક (સ્ટ્રોમા)માં આવેલ પ્રોટોનની સંખ્યા ઘટે છે; જ્યારે થાઇલેકૉઇડના અવકાશમાં પ્રોટોનનો સંગ્રહ થાય છે. આ રીતે થાઇલેકૉઇડ પટલની આરપાર એક પ્રોટોન ઢોળાંશ ઉત્પન્ન થાય છે અને એ જ રીતે પોલાણની pH માં પણ નોંધનીય ઘટાડો થાય છે.

આપણા માટે પ્રોટોન ઢાળ એટલો રસપ્રદ કેમ છે ? પ્રોટોન ઢાળ એટલા માટે મહત્ત્વપૂર્ણ છે કારણ કે ઢોળાંશ તૂટવાથી ATP ઉત્પન્ન થાય છે. પટલમાં આવેલ ATP સિન્થેટેઝ પારપટલ માર્ગ (CFo)ના માધ્યમથી, પટલની અંદરની તરફથી બહાર આધારક તરફ પ્રોટોનની ગતિશીલતાને

કારણે આ ઢોળાંશ તૂટે છે. ATP સિન્થેટેઝ ઉત્સેચક બે ભાગો ધરાવે છે : તેમાં એક CFo કહેવાય છે, જે પટલની અંદર સ્થાપિત હોય છે અને પારપટલ માર્ગની રચના કરે છે. જે પટલની આરપાર પ્રોટોનના બહારની તરફના સરણને અનુકૂળ બનાવે છે. તેનો બીજો ભાગ CF_1 કહેવાય છે અને તે થાઈલેકૉઇડની બહારની સપાટી કે જે આધારક (સ્ટ્રોમા)ની તરફ ઉપસેલ સ્વરૂપે હોય છે. ચોક્કસપણે ઢોળાંશ તૂટવાની ક્રિયા પર્યાપ્ત ઊર્જા પૂરી પાડે છે. જેના કારણે ATP સિન્થેટેઝના CF_1માં સ્વરૂપીય પરિવર્તન આવે છે. જેથી ઉત્સેચકીય ક્રિયા દ્વારા ઊર્જાથી પ્રચુર ATPના ઘણા અણુઓનું સંશ્લેષણ થાય છે.

રસાયણાસૃતિ માટે એક પટલ, એક પ્રોટોન પંપ, પ્રોટોન ઢોળાંશ અને ATP સિન્થેટેઝની આવશ્યકતા હોય છે. એ થાઈલેકૉઇડના અવકાશમાં પ્રોટોનની ઊંચી સાંદ્રતાનું સર્જન કરવા માટે પટલની આરપાર પ્રોટોનને દબાણપૂર્વક મોકલવા માટે ઊર્જાનો ઉપયોગ થાય છે, ATP સિન્થેટેઝ એક ચેનલ કે નલિકામય માર્ગ ધરાવે છે. જે પટલની આરપાર પ્રોટોનને પરવાનગી આપે છે. આ મુક્ત થયેલ પર્યાપ્ત ઊર્જા ATP સિન્થેટેઝ ઉત્સેચકને સક્રિય કરી ATP નિર્માણનું ઉદ્દીપન કરે છે.

ઇલેક્ટ્રૉનના વહનથી ઉત્પન્ન થયેલ NADPHની સાથે સાથે ATP પણ આધારક (સ્ટ્રોમા)માં થતી જૈવસંશ્લેષણની પ્રક્રિયામાં તરત જ ઉપયોગમાં લેવાય છે. જે CO_2ના સ્થાપન તેમજ શર્કરાના સંશ્લેષણ માટે જવાબદાર છે.

13.7 ATP અને NADPH ક્યાં ઉપયોગમાં આવે છે ? (Where are the ATP and NADPH used ?)

આપણે જોયું કે પ્રકાશ પ્રક્રિયાની નીપજ ATP, NADPH અને O_2 છે. તેમાંથી O_2 હરિતકણની બહાર પ્રસરણ પામે છે, જ્યારે ATP અને NADPHનો ઉપયોગ આહાર અથવા ચોક્કસ રીતે શર્કરાનું સંશ્લેષણ કરતી પ્રક્રિયાઓમાં થાય છે. આ પ્રકાશસંશ્લેષણનો **જૈવસંશ્લેષણ** તબક્કો છે. આ પ્રક્રિયા સીધી રીતે પ્રકાશ પર નિર્ભર હોતી નથી, પણ તે CO_2 અને H_2O ઉપરાંત પ્રકાશ પ્રક્રિયાની ઉત્પાદનો (નીપજો) પર આધારિત હોય છે. એટલે કે ATP અને NADPH પર આધારિત હોય છે. તમને કદાચ એ આશ્ચર્ય થશે કે આવું પરીક્ષણ કેવી રીતે કરી શકાય ? તે ખૂબ જ સરળ છે. પ્રકાશની પ્રાપ્યતા અટકાવતા જૈવ સંશ્લેષણ પ્રક્રિયા થોડોક સમય સુધી ચાલુ રહે છે પરંતુ ત્યાર બાદ તે બંધ થઈ જાય છે. જો ફરીથી પ્રકાશ આપવામાં આવે તો તે પુનઃ શરૂ થાય છે.

આમ, જૈવસંશ્લેષણને **અંધકાર પ્રક્રિયા** (Dark Reaction) કહેવું શું ખોટું છે ? તમારા મિત્રો વચ્ચે તેની ચર્ચા કરો.

આવો, હવે જોઈએ કે જૈવસંશ્લેષણ તબક્કામાં ATP અને NADPHનો ઉપયોગ કેવી રીતે થાય છે. આપણે પહેલાં જોયેલું છે કે H_2Oની સાથે CO_2 સંકળાઈને $(CH_2O)_n$ અથવા શર્કરા ઉત્પન્ન કરે છે. વૈજ્ઞાનિકોની ઉત્સુકતાથી તેઓએ એ શોધ્યું કે આ પ્રક્રિયા કેવી રીતે પૂર્ણ થાય છે અથવા એ જાણવું જોઈએ કે CO_2નો પ્રક્રિયામાં પ્રવેશ થવાને લીધે અથવા તેનું સ્થાપન થવાને લીધે પહેલી નીપજ કઈ બને છે. દ્વિતીય વિશ્વયુદ્ધના થોડાક સમય પછી, લાભદાયી ઉપયોગ માટે રેડિયો આઇસોટોપ્સનો ઉપયોગ કરી પ્રયત્ન કરાયો હતો. જેમાં મેલ્વિન કૅલ્વિનનું કાર્ય વખાણવા લાયક હતું. તેઓએ રેડિયો ઍક્ટિવ ^{14}C નો ઉપયોગ કરી લીલમાં પ્રકાશસંશ્લેષણનો અભ્યાસ કર્યો અને સંશોધન કર્યું કે CO_2ના સ્થાપનથી નીપજ તરીકે એક 3 કાર્બન પરમાણુયુક્ત કાર્બનિક ઍસિડ ઉત્પન્ન થાય છે. તેની સાથે જ તેમણે સંપૂર્ણ જૈવસંશ્લેષણ પરિપથના સંશોધનમાં પણ યોગદાન આપ્યુ. આમ, તેને

કેલ્વિનચક્ર કહેવામાં આવ્યું. સૌ પ્રથમ નીપજ **3-ફૉસ્ફોગ્લિસરિક ઍસિડ** તરીકે ઓળખવામાં આવી અથવા ટૂંકમાં, તેને **PGA(3C)** કહે છે. કેટલા કાર્બન પરમાણુઓ તે ધરાવે છે ?

વૈજ્ઞાનિકોએ તે જાણવાનો પણ પ્રયત્ન કર્યો કે શું બધી જ વનસ્પતિઓ CO_2નું સ્થાપન કર્યા પછી પહેલી નીપજ PGA જ બનાવે છે કે પછી અન્ય વનસ્પતિઓમાં કોઈ બીજી નીપજનું નિર્માણ થતું હશે. અન્ય વનસ્પતિ સમૂહોમાં વ્યાપક સંશોધન કરવામાં આવ્યું જ્યાં CO_2નું સ્થાપન થયા પછી પહેલી સ્થાયી નીપજ પુનઃ એક કાર્બનિક ઍસિડ જ હતો, જેમાં કાર્બનના ચાર પરમાણુ હતા. આ ઍસિડ **ઓક્ઝેલો ઍસિટિક ઍસિડ** અથવા OAA તરીકે ઓળખવામાં આવ્યો. ત્યાર પછીથી પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન CO_2ના સ્વાંગીકરણ કે પરિપાચન મુખ્ય બે પ્રકારે થાય છે એમ કહી શકીએ. જે વનસ્પતિઓમાં CO_2નું સ્થાપન થયા પછી પહેલી નીપજ C_3 ઍસિડ(PGA)ની હતી તેમને **C_3 પરિપથ** અને જેમની પ્રથમ નીપજ C_4 ઍસિડ (OAA) હતી તેને **C_4 પરિપથ** કહે છે. આ બંને સમૂહોની વનસ્પતિઓમાં અન્ય આનુષંગિક લાક્ષણિકતાઓ પણ હોય છે, જેની ચર્ચા આપણે પછી કરીશું !

13.7.1 CO_2નો પ્રાથમિક ગ્રાહક (The Primary Acceptor of CO_2)

આવો, હવે આપણે આપણી જાતને જ એક પ્રશ્ન પૂછીએ, જેવી રીતે તે વૈજ્ઞાનિકો દ્વારા પૂછાયેલો હતો કે જેઓ અંધકાર પ્રક્રિયાને સમજવા માટે સંઘર્ષ કરી રહ્યા હતા. તે અણુમાં CO_2નું ગ્રહણ (સ્થાપન) કર્યા પછી કેટલા કાર્બન પરમાણુઓ ધરાવે છે ? PGAના સ્વરૂપમાં ત્રણ (3) કાર્બન પરમાણુઓ ધરાવતો હશે ?

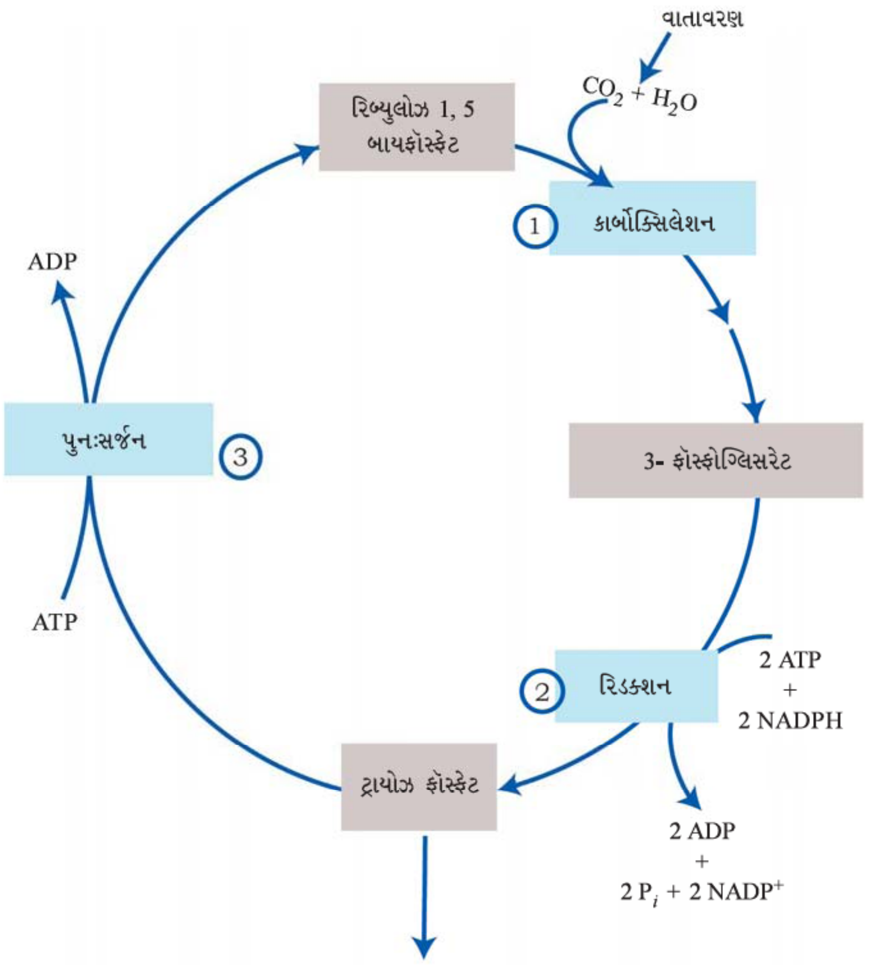
ખૂબ જ અનપેક્ષિત રીતનો અભ્યાસ દર્શાવે છે કે CO_2 ગ્રહણ કરનાર અણુ એક પાંચ કાર્બનયુક્ત કિટોઝ શર્કરા હતી. તે રિબ્યુલોઝ 1-5 બાયફૉસ્ફેટ (RuBP) હતી. શું તમારામાંથી કોઈએ આ સંભાવના વિશે વિચાર્યું હતું ? ચિંતા ન કરો. વૈજ્ઞાનિકોએ પણ આ તારણ સુધી પહોંચવા માટે ઘણો સમય લીધો હતો તેમણે કોઈ નિર્ણય પર પહોંચતા પહેલા ઘણા બધા પ્રયોગો કર્યા હતા. તેઓ એમ પણ માનતા હતા કે પહેલી નીપજ C_3 ઍસિડ હોય, તો પ્રાથમિક ગ્રાહક એ 2 કાર્બનવાળો સંયોજન હશે. તેઓએ 5 કાર્બનવાળો પદાર્થ / સંયોજન RuBpના સંશોધન પહેલા 2 કાર્બનવાળા સંયોજનને ઓળખવા માટેનો પ્રયત્ન ઘણાં વર્ષો સુધી કર્યો.

13.7.2 કેલ્વિનચક્ર (The Calvin Cycle)

કેલ્વિન અને તેમના સાથીદારોએ સંપૂર્ણ પરિપથ વિશેનું સંશોધન કરીને દર્શાવ્યું કે આ પરિપથ એક ચક્રીય ક્રમમાં સંચાલિત છે; જેમાં RuBPનું પુનઃ નિર્માણ થાય છે. આવો, હવે એ જોઈએ કે કેલ્વિનચક્રનો પરિપથ કેવી રીતે સંચાલિત થાય છે અને શર્કરા ક્યાં સંશ્લેષણ પામે છે. આવો, હવે સ્પષ્ટ રીતે સમજી લઈએ કે કેલ્વિનચક્ર **બધી પ્રકાશસંશ્લેષિત વનસ્પતિઓમાં** થાય છે. તેનાથી કોઈ ફેર પડતો નથી કે તે C_3 અથવા C_4 પરિપથ (અથવા કોઈ અન્ય પરિપથ) ધરાવતી હોય. (આકૃતિ 13.8).

કેલ્વિનચક્રને સરળતાથી સમજવા માટે તેનું - કાર્બોક્સિલેશન, રિડક્શન અને પુનઃસર્જન (Regeneration) એમ ત્રણ તબક્કામાં વર્ણન કરાય છે.

(1) કાર્બોક્સીલેશન : તે CO_2 સ્થાપનની પ્રક્રિયા છે કે જેમાં એક સ્થાયી કાર્બનિક મધ્યસ્થી પદાર્થ બને છે. કેલ્વિનચક્રમાં કાર્બોક્સિલેશન એક અતિ નિર્ણાયક તબક્કો છે, જેમાં RuBPના કાર્બોક્સિલેશન માટે CO_2નો ઉપયોગ થાય છે. આ પ્રક્રિયા ઉત્સેચક RuBP કાર્બોક્સિલેઝ દ્વારા ઉત્તેજિત થાય છે, જેના પરિણામ સ્વરૂપે 3-PGAના બે અણુઓ બને છે. ઉપરાંત આ ઉત્સેચક ઑક્સિજીનેશન કરવાની ક્ષમતા પણ ધરાવે છે. આમ, તે વધારે યોગ્ય હશે કે આપણે આ ઉત્સેચકને RuBP કાર્બોક્સિલેઝ – ઑક્સિજીનેઝ અથવા **રુબિસ્કો (RuBisCO)** તરીકે પણ ઓળખીશું.



આકૃતિ 13.8 : કેલ્વિનચક્રને ત્રણ ભાગોમાં વહેંચી શકાય. (1) કાર્બોક્સીલેશન, જે દરમિયાન CO_2 રિબ્યુલોઝ 1-5 બાય ફૉસ્ફેટની સાથે જોડાય છે. (2) રિડક્શન, જે દરમિયાન કાર્બોદિતનું નિર્માણ પ્રકાશ રાસાયણિક પ્રક્રિયાથી બનેલા ATP અને NADPHના વપરાશથી થાય છે અને (3) પુનઃસર્જન, જે દરમિયાન CO_2 ગ્રાહી રિબ્યુલોઝ 1-5 બાયફૉસ્ફેટનું ફરીથી નિર્માણ થાય છે તથા ચક્ર સતત ચાલતું રહે છે.

(2) રિડક્શન : આ ગ્લુકોઝનું નિર્માણ કરતી પ્રક્રિયાઓની એક શૃંખલા છે. આ તબક્કામાં પ્રત્યેક CO_2અણુનું સ્થાપન કરવા માટે ATPના 2 અણુઓનો ઉપયોગ ફૉસ્ફોરાયલેશન માટે અને NADPHના બે અણુઓનો ઉપયોગ રિડક્શન માટે થાય છે. આ પરિપથમાં ગ્લુકોઝનો એક અણુ બનવા માટે CO_2ના 6 અણુઓનું સ્થાપન અને ચક્રનું ચક્રીયકરણ 6 વખત જરૂરી છે.

(3) રિજનરેશન (પુનઃસર્જન) : જો આ ચક્રને અવરોધ કે ખલેલ વિના સતત ચાલતુ રહેવા માટે CO_2ના ગ્રાહી અણુ RuBPનું પુનઃસર્જન થવું જરૂરી છે. પુનઃસર્જનના તબક્કામાં RuBPના નિર્માણ હેતુ ફૉસ્ફોરાયલેશન માટે એક ATPની આવશ્યકતા હોય છે.

એટલા માટે, કેલ્વિનચક્રમાં CO_2ના પ્રત્યેક અણુનો પ્રવેશ કરવા માટે ATPના 3 અણુ અને NADPHના બે અણુઓની આવશ્યકતા હોય છે. અંધકાર પ્રક્રિયામાં વપરાતા ATP અને NADPH અણુની સંખ્યાના તફાવતને પહોંચી વળવા માટે ચક્રીય ફોટો ફૉસ્ફોરાયલેશન થાય છે.

ગ્લુકોઝના એક અણુના નિર્માણ માટે આ ચક્રને 6 વખત ચક્રીયકરણની આવશ્યકતા હોય છે. એ ગણતરી કરો કે કેલ્વિન પરિપથના માધ્યમથી ગ્લુકોઝનાં એક અણુની રચના માટે કેટલા ATP અને NADPHના અણુઓની જરૂર હોય છે.

તમને આ વાતને કદાચ સમજવામાં મદદ મળશે કે કેલ્વિનચક્રમાં શું અંદર પ્રવેશે છે અને શું બહાર નીકળે છે.

અંદર (પ્રક્રિયક)	બહાર (નિપજ)
6 CO_2	એક ગ્લુકોઝ
18 ATP	18 ADP
12 NADPH	12 NADP

13.8 C_4 પરિપથ (The C_4 Pathway)

અગાઉ જણાવ્યા મુજબ, ઉષ્ણ કટિબંધીય વિસ્તારમાં અનુકૂલન પામેલ વનસ્પતિઓ C_4 પરિપથ ધરાવે છે. આ વનસ્પતિઓમાં CO_2નું સ્થાપન થવાથી પહેલી સ્થાયી નીપજ તરીકે C_4 ઓક્ઝેલો ઍસિટિક ઍસિડનું નિર્માણ થાય છે છતાં પણ આના મુખ્ય જૈવસંશ્લેષણ પરિપથ તરીકે C_3 પરિપથ અથવા કેલ્વિનચક્રનો ઉપયોગ કરે છે. ત્યારે C_4 વનસ્પતિઓ, C_3 વનસ્પતિઓ કરતા કઈ રીતે જુદી પડે છે ? આ એક પ્રશ્ન છે જે તમે પૂછી શકો છો.

C_4 વનસ્પતિઓ વિશિષ્ટ હોય છે. તેઓ તેમના પર્ણોમાં એક વિશિષ્ટ પ્રકારની અંતઃસ્થ રચના ધરાવે છે. જે ઊંચા તાપમાનને સહન કરી શકે છે. તેઓ પ્રકાશની વધુ તીવ્રતાની સામે પ્રતિક્રિયા દર્શાવે છે. તેમાં પ્રકાશશ્વસન કહેવાતી પ્રક્રિયાનો અભાવ જોવા મળે છે, તેઓમાં જૈવભારની ખૂબ જ ઊંચી ઉત્પાદકતા હોય છે. આવો, તેઓને એક-એક કરીને સમજીએ.

C_3 અને C_4 પર્ણોનો આયામ છેદ લઈને અભ્યાસ કરો. શું તમને આ બંને છેદમાં કોઈ ભેદ જોવા મળ્યો છે ? શું બંને પર્ણોમાં એક જ પ્રકારની મધ્યપર્ણ પેશી ધરાવે છે ? શું તેઓ વાહીપુલની આસપાસ સમાન પ્રકારના કોષો ધરાવે છે ?

C_4 પરિપથ ધરાવતી વનસ્પતિઓના વાહિપુલની આસપાસ મોટા કોષો આવેલા છે તેને **પુલકંચુક કોષો** કહેવાય છે અને પર્ણોમાં જોવા મળતી આવી અંતઃસ્થ રચના તેને **ક્રેન્ઝ પેશીય સંરચના (અંતઃસ્થ રચના)** કહે છે. અહીંયાં ક્રેન્ઝનો અર્થ એ થાય છે કે આવરવું અને તે કોષોની વિશિષ્ટ ગોઠવણી છે. વાહિપુલની આસપાસ પુલકંચુકીય **કોષોના અનેક સ્તરો** આવેલા હોય છે; તેમાં હરિતકણોની વધુ સંખ્યા તેની લાક્ષણિકતા છે. તેઓની જાડી કોષદીવાલ વાતવિનિમય માટે અપ્રવેશશીલ હોય છે અને આંતરકોષીય અવકાશો હોતા નથી. C_4 વનસ્પતિઓ જેવી કે મકાઈ અથવા જુવારના પર્ણોના છેદ લઈ, ક્રેન્ઝ પેશીય સંરચના (અંતઃસ્થ રચના) તેમજ મધ્યપર્ણ કોષોનું વિતરણ તમને જોવું ગમશે.

તે તમારા માટે રસપ્રદ રહેશે કે તમારી આસપાસની વનસ્પતિઓની વિવિધ જાતિઓનાં પર્ણો એકત્ર કરીને અને તેઓના પર્ણોનો આયામ છેદ લો. સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર વડે વાહિપુલની આસપાસ આવેલા પુલકંચુકને

નિહાળો. પુલકંચુક જે C_4 વનસ્પતિઓ ઓળખવામાં તમને મદદરૂપ થશે.

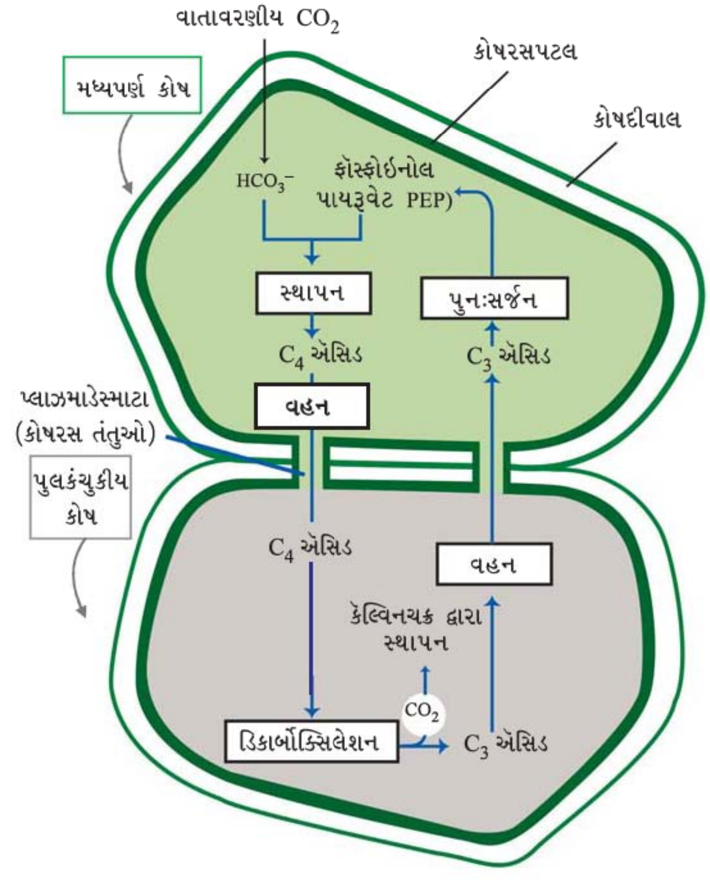
હવે આકૃતિ 13.9માં દર્શાવેલ પરિપથનો અભ્યાસ કરો. આ પરિપથને હેચ અને સ્લેક પરિપથ કહે છે અને આ પણ એક ચક્રીય પ્રક્રિયા છે. ચાલો, તેના તબક્કાઓની નોંધ લઈ પરિપથનો અભ્યાસ કરીએ.

CO_2નો પ્રાથમિક ગ્રાહક એક 3 કાર્બન યુક્ત અણુ **ફૉસ્ફૉઈનોલ પાયરૂવેટ (PEP)** છે. અને તે મધ્યપર્ણ કોષોમાં આવેલ હોય છે. સ્થાપન માટે જવાબદાર ઉત્સેચક PEPcase કે **PEP કાર્બોક્સીલેઝ.** અહીં એ નોંધવું મહત્ત્વનું છે કે મધ્યપર્ણ કોષોમાં રુબિસ્કો (RuBisCO) ઉત્સેચક હોતો નથી. C_4 ઍસિડ OAA મધ્યપર્ણના કોષોમાં નિર્માણ પામે છે.

ત્યારબાદ તે મધ્યપર્ણના કોષોમાં અન્ય 4-કાર્બનયુક્ત સંયોજન મેલિક ઍસિડ કે એસ્પાર્ટિક ઍસિડનું નિર્માણ કરે છે, કે જે પુલકંચુકીય કોષમાં સ્થળાંતરિત થાય છે. પુલકંચુકીય કોષોમાં આ C_4 ઍસિડ વિઘટન પામીને CO_2 અને એક 3-કાર્બનયુક્ત અણુ મુક્ત કરે છે.

3-કાર્બન અણુ પુનઃ મધ્યપર્ણ પેશીના કોષમાં પુનઃ પ્રવેશે છે, જ્યાં તે ફરીથી PEP (ફૉસ્ફોઈનોલ પાયરૂવેટ)માં પરિવર્તિત થાય છે, આ રીતે આ ચક્ર પૂરું થાય છે.

પુલકંચુકીય કોષોમા રહેલ CO_2 એ કૅલ્વિન પરિપથ અથવા C_3 પરિપથમાં પ્રવેશ કરે છે. કૅલ્વિન પરિપથ એક એવો પરિપથ છે જે બધી વનસ્પતિઓમાં સામાન્ય છે. પુલકંચુકીય કોષો રિબ્યુલોઝ બાયફોસ્ફેટ કાર્બોક્સીલેઝ ઑક્સીજીનેઝ **(RuBisCO)** ઉત્સેચકથી પ્રચૂર હોય છે. પરંતુ PEPcaseનો અભાવ હોય છે. આમ, મૂળભૂત પરિપથ કે જેના પરિણામ સ્વરૂપ શર્કરાનું નિર્માણ થાય છે તે કૅલ્વિન પરિપથ - C_3 અને C_4 વનસ્પતિઓમાં સામાન્ય છે.



આકૃતિ 13.9 : હેચ અને સ્લેક પરિપથની રેખાંકન પ્રસ્તુતિ

શું તમે નોંધ્યુ કે દરેક C_3 વનસ્પતિઓના બધા મધ્યપર્ણ કોષોમાં કેલ્વિન પરિપથ જોવા મળે છે ? C_4 વનસ્પતિઓમાં મધ્યપર્ણ કોષોમાં આ પરિપથ જોવા મળતો નથી, પરંતુ પુલકંચુકીય કોષોમાં જ જોવા મળે છે.

13.9 પ્રકાશશ્વસન (Photorespiration)

ચાલો, આપણે એક બીજી પ્રક્રિયા પ્રકાશશ્વસનને જાણવાનો પ્રયત્ન કરીએ, જે C_3 અને C_4 વનસ્પતિઓમાં રહેલો મહત્ત્વનો ભેદ સ્પષ્ટ કરે છે. **પ્રકાશશ્વસન** સમજવા માટે આપણે કેલ્વિન પરિપથનો પ્રથમ તબક્કો અથવા CO_2ના સ્થાપનના પ્રથમ તબક્કાના વિષયમાં કેટલીક વધારે જાણકારી મેળવવી પડે. આ તે પ્રક્રિયા છે જેમાં RuBP, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની સાથે સંયોજાઈને 3PGAના બે અણુઓનું નિર્માણ કરે છે રિબ્યુલોઝ RuBisCO ઉત્સેચક દ્વારા ઉદ્દીપન પામે છે.

$$RuBP + CO_2 \xrightarrow[\text{(RuBisCO)}]{\text{રુબિસ્કો}} 2 \times 3PGA$$

રુબિસ્કો ઉત્સેચક વિશ્વમાં સૌથી વિપુલ પ્રમાણમાં મળતો ઉત્સેચક છે. (તમને આશ્ચર્ય થશે કે કેમ ?) આ ઉત્સેચકનું લક્ષણ એ છે કે તેના સક્રિય સ્થાને CO_2 તેમજ O_2 બંને જોડાઈ શકે છે. એટલા માટે તેને રુબિસ્કો કહે છે. શું તમે વિચારી શકો છો કે આ કેવી રીતે સંભવિત છે ? RuBisCOને O_2 કરતાં CO_2 પ્રત્યે વધુ આકર્ષણ હોય છે. કલ્પના કરો કે જો આવું ન થતું હોત તો શું થાય ? આ જોડાણ ક્ષમતા સ્પર્ધાત્મક હોય છે. O_2 અથવા CO_2 તેમાંથી ઉત્સેચક સાથે કોણ જોડાશે તેનો આધાર તેમની સાપેક્ષ સાંદ્રતા પર રહેલો છે.

C_3 વનસ્પતિઓમાં કેટલાક O_2 રુબિસ્કોની સાથે જોડાય છે. આથી, CO_2ના સ્થાપનમાં ઘટાડો થાય છે. અહીં, પ્રકાશશ્વસનમાં RuBP, 3 PGAના બે અણુઓમાં પરિવર્તિત થવાને બદલે ઑક્સિજન સાથે સંયોજાઈને પરિપથમાં એક ફૉસ્ફોગ્લિસરેટનો ત્રણ કાર્બનયુક્ત અણુ અને એક ફૉસ્ફોગ્લાયકોલેટના અણુનું નિર્માણ કરે છે. પ્રકાશશ્વસનના પરિપથમાં શર્કરા કે ATPનું સંશ્લેષણ થતું નથી, પરંતુ તેના પરિણામ સ્વરૂપ તેમાં ATPના ઉપયોગની સાથે CO_2 પણ મુક્ત થાય છે. પ્રકાશશ્વસન પરિપથમાં ATP કે NADPHનું સંશ્લેષણ થતું નથી. આમ, પ્રકાશશ્વસન એ વ્યયકારક પ્રક્રિયા છે.

C_4 વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશશ્વસન થતું નથી. તેનું કારણ એ છે કે તે એક એવું તંત્ર ધરાવે છે જે ઉત્સેચક સ્થાને CO_2ની સાંદ્રતા વધારી દે છે. એવું ત્યારે જ થાય છે જ્યારે મધ્યપર્ણમાંથી C_4 ઍસિડ પુલકંચુકીય કોષોમાં વિઘટન પામીને CO_2ને મુક્ત કરે છે, જેના પરિણામ સ્વરૂપે CO_2ની અંતઃકોષીય સાંદ્રતા વધતી જાય છે. તેનાથી એ સુનિશ્ચિત થાય છે કે RuBisCO (રુબિસ્કો) **કાર્બોક્સિલેઝ** વધારે કાર્ય કરે છે. અને ઑક્સિજીનેઝ સ્વરૂપે તેની પ્રક્રિયાને ન્યૂનત્તમ કરે છે.

હવે, તમે જાણો છો કે C_4 વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશશ્વસન થતું નથી. હવે સંભવતઃ તમે સમજી ગયા હશો કે આ વનસ્પતિઓમાં ઉત્પાદકતા તેમજ ઉત્પાદન કેમ વધુ સારું હોય છે. તે ઉપરાંત આવી વનસ્પતિઓ ઊંચા તાપમાન સામે સહિષ્ણુતા દર્શાવે છે.

ઉપરોક્ત પરિચર્ચાના આધારે શું તમે તે વનસ્પતિઓની તુલના કરી શકો છો કે, જેઓ C_3 અને C_4 પરિપથ દર્શાવે છે ? આપેલા કોષ્ટકનો ઉપયોગ કરીને આવશ્યક સૂચનાઓ ભરો.

કોષ્ટક 13.1 : C_3 તેમજ C_4 વનસ્પતિઓ વચ્ચેના તફાવત માટે આ કોષ્ટકની કૉલમ 2 અને 3 ને ભરો.

વિશિષ્ટતાઓ	**C_3 વનસ્પતિઓ**	**C_4 વનસ્પતિઓ**	**આમાંથી પસંદ કરો**
કેલ્વિન ચક્ર દર્શાવતા કોષનો પ્રકાર			મધ્યપર્ણ પેશી/પુલકંચુકીય કોષો/બંને
પ્રારંભિક કાર્બોક્સિલેશન પ્રક્રિયા થતી હોય તેવા કોષનો પ્રકાર			મધ્યપર્ણ પેશી/પુલકંચુકીય કોષો/બંને
પર્ણમાં CO_2નું સ્થાપન કરતા કેટલા પ્રકારના કોષો હોય છે			(1) મધ્યપર્ણ પેશી (2) પુલકંચુકના કોષો અને મધ્યપર્ણ પેશી (3) પુલકંચુકના કોષો, લંબોત્તક, શિથિલોતક મધ્યપર્ણ પેશી
CO_2નો પ્રાથમિક ગ્રાહક કયો છે ?			RuBP/PEP/PGA
પ્રાથમિક CO_2 ગ્રાહક કાર્બનની સંખ્યા ?			5 / 4 / 3
CO_2ના સ્થાપનની પ્રાથમિક નીપજ કઈ છે ?			PGA/OAA/RuBP
CO_2ના સ્થાપનની પ્રાથમિક નીપજમાં કેટલા કાર્બન છે ?			3 / 4 / 5
શું વનસ્પતિમાં RuBisCO હોય છે ?			હા/ના/હંમેશાં ન હોય
શું વનસ્પતિમાં PEPcase હોય છે ?			હા/ના/હંમેશાં ન હોય
વનસ્પતિના કયા કોષોમાં RuBisCO હોય છે ?			મધ્યપર્ણ કોષો/પુલકંચુકીય કોષ/કોઈ પણ નહીં
તીવ્ર પ્રકાશની સ્થિતિમાં CO_2ના સ્થાપનનો દર			ઓછો/ વધારે/મધ્યમ
શું પ્રકાશની ઓછી તીવ્રતામાં પ્રકાશશ્વસન થાય છે ?			વધારે/નહિવત્/ક્યારેક
શું પ્રકાશની વધુ તીવ્રતામાં પ્રકાશશ્વસન થાય છે ?			વધારે/નહિવત્/ક્યારેક
શું CO_2ની ઓછી સાંદ્રતામાં પ્રકાશશ્વસન થાય છે ?			વધારે/નહિવત્/ક્યારેક
શું CO_2ની વધુ સાંદ્રતામાં પ્રકાશશ્વસન થશે ?			વધારે/નહિવત્/ક્યારેક
ઇષ્ટમાન તાપમાન			30-40° C/20°-25°C/40°Cથી વધારે
ઉદાહરણો			વિવિધ વનસ્પતિઓના પર્ણોના ઊભા છેદ તથા સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર વડે ક્રેન્ઝ પેશીય સંરચના (અંતઃસ્થ રચના)નું નિરીક્ષણ અને યોગ્ય કૉલમમાં તેમની યાદી

13.10 પ્રકાશસંશ્લેષણને અસર કરતાં પરિબળો (Factors Affecting Photosynthesis)

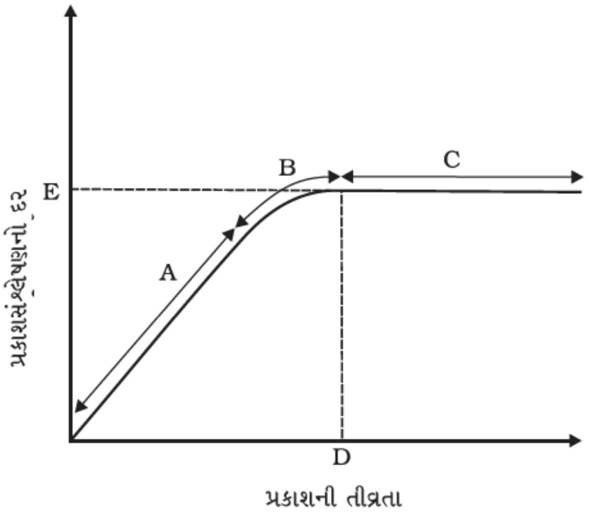
પ્રકાશસંશ્લેષણને અસર કરનારા પરિબળોને સમજવા જરૂરી છે. ખેતીલાયક સહિતની તમામ વનસ્પતિઓનું ઉત્પાદન નિર્ધારિત કરવા માટે પ્રકાશસંશ્લેષણનો દર ખૂબ મહત્ત્વનો છે. પ્રકાશસંશ્લેષણ ઘણાં પરિબળો દ્વારા અસર પામે છે. જે બાહ્ય તેમજ આંતરિક બંને પ્રકારના હોઈ શકે છે. વનસ્પતિ પરિબળોમાં સંખ્યા, પર્ણની, ઉંમર, કદ અને પર્ણવિન્યાસ, મધ્યપર્ણ કોષો અને હરિતકણો, CO_2ની આંતરિક સાંદ્રતા અને ક્લોરોફિલનું પ્રમાણ વગેરે છે. વનસ્પતિ અથવા આંતરિક પરિબળો આનુવંશિક પૂર્વાનુકૂળતા અને વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ પર આધારિત હોય છે.

બાહ્ય પરિબળોમાં સૂર્યપ્રકાશની પ્રાપ્તિ, તાપમાન, CO_2ની સાંદ્રતા અને પાણીનો સમાવેશ થાય છે. વનસ્પતિની પ્રકાશસંશ્લેષણ પ્રક્રિયામાં ઘણા પરિબળો એકસાથે પ્રકાશસંશ્લેષણ કે CO_2ના સ્થાપનને અસર પહોંચાડે છે. છતાં કોઈ પણ એક પરિબળ સિમિત પરિબળ તરીકેનું મુખ્ય કારણ બને છે. આમ, કોઈ પરિબળ જે તેના ઇષ્ટતમ પ્રમાણથી (Sub-optimal level) ઓછો પ્રાપ્ય હશે તે પ્રકાશસંશ્લેષણનો દર નક્કી કરશે.

જ્યારે અનેક પરિબળો કોઈ (જૈવ) રાસાયણિક પ્રક્રિયાને અસર કરે છે તો બ્લૅકમૅન(1905)ના **ન્યૂનતમ કારકોનો નિયમ** અસરકારક બને છે. તે નીચે પ્રમાણે જણાવેલ છે.

તેના અનુસાર જો કોઈ રાસાયણિક પ્રક્રિયા એકથી વધારે પરિબળો દ્વારા અસરકારક બને તો તેના દરનું નિર્ધારણ તેવા કારકથી થશે જે પોતાના ન્યૂનતમ મૂલ્યની નજીક હશે. જો તે પરિબળના પ્રમાણમાં ફેરફાર કરવામાં આવે તો તે પરિબળ, પ્રક્રિયાને સીધી રીતે અસર પહોંચાડી શકે છે.

ઉદાહરણ તરીકે, એક લીલું પર્ણ, ઇષ્ટતમ પ્રકાશ અને CO_2 ની હાજરી હોવા છતાં પણ, જો તાપમાન ખૂબ ઓછું હોય તો પ્રકાશસંશ્લેષણ થઈ શકતું નથી. આ પર્ણમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ ત્યારે જ શરૂ થશે, જ્યારે તેને ઇષ્ટમાન તાપમાન મળશે.



આકૃતિ 13.10 : પ્રકાશની તીવ્રતા વિરુદ્ધ પ્રકાશસંશ્લેષણના દર પર અસર દર્શાવતો આલેખ

13.10.1 પ્રકાશ (Light)

જ્યારે આપણે પ્રકાશને પ્રકાશસંશ્લેષણ પર અસરકારક પરિબળના રૂપમાં લઈએ છીએ ત્યારે આપણે પ્રકાશની ગુણવત્તા, પ્રકાશની તીવ્રતા તથા પ્રકાશ અવધિ વચ્ચેનો ભેદ પારખવો આવશ્યક છે. અહીંયાં પ્રકાશની ઓછી તીવ્રતા એ આપાત થતો પ્રકાશ અને CO_2ના સ્થાપનના દર વચ્ચે એક રેખીય સંબંધ છે. પ્રકાશની વધુ તીવ્રતાઓ આ દરમાં કોઈ વૃદ્ધિ થતી નથી કારણ કે અન્ય પરિબળ સીમિત પરિબળ બની જાય છે. (આકૃતિ 13.10). ધ્યાન આપવા જેવી રસપ્રદ વાત એ છે કે પ્રકાશ સંતૃપ્તિ પૂર્ણ સૂર્ય પ્રકાશના 10 % એ હોય છે. છાયાવાળા કે સઘન જંગલોમાં ઉગતી વનસ્પતિઓ સિવાયની વનસ્પતિઓ માટે પ્રકાશ કદાચ જ પ્રકૃતિમાં સીમાંતક પરિબળ બને છે, એક સીમા પછી આપાત પ્રકાશ ક્લોરોફિલ (હરિતદ્રવ્ય)ના વિઘટનનું કારણ હોય છે. જેનાથી પ્રકાશસંશ્લેષણનો દર ઘટે છે.

13.10.2 કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની સાંદ્રતા (Concentration of Carbon dioxide)

પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) એક મુખ્ય સીમાંતક પરિબળ છે. વાતાવરણમાં CO_2ની સાંદ્રતા ખૂબ જ ઓછી છે. (0.03 અને 0.04 % ની વચ્ચે) CO_2ની સાંદ્રતામાં 0.05% સુધી વધારો કરવામાં આવે તો CO_2 ના સ્થાપન દરમાં વધારો થઈ શકે છે. પરંતુ તેનાથી વધારે માત્રામાં લાંબા સમય સુધી વધારો થાય તો તે હાનિકારક બની શકે છે.

C_3 તેમજ C_4 વનસ્પતિઓ CO_2ની સાંદ્રતા પ્રત્યે ભિન્ન પ્રતિભાવ દર્શાવે છે. ઓછા પ્રકાશની સ્થિતિમાં બંનેમાંથી કોઈપણ સમૂહ CO_2ની વધુ સાંદ્રતાએ પ્રતિક્રિયા દર્શાવતા નથી. પ્રકાશની વધુ તીવ્રતામાં C_3 અને C_4 બંને વનસ્પતિઓના પ્રકાશસંશ્લેષણના દરમાં વધારો થાય છે. અહીંયા એ નોંધવું મહત્ત્વપૂર્ણ છે કે C_4 વનસ્પતિઓ લગભગ 360 μlL^{-1} પર સંતૃપ્તિ દર્શાવે છે. C_3 વનસ્પતિઓ CO_2ની વધુની સાંદ્રતાએ પ્રતિભાવ આપે છે અને 450 μlL^{-1} થી વધુ એ જ સંતૃપ્તિ દર્શાવે છે. આમ, પ્રાપ્ત CO_2નું સ્તર C_3 વનસ્પતિઓ માટે સીમાંતક બને છે.

સાચું એ છે કે C_3 વનસ્પતિઓ CO_2ની વધુ સાંદ્રતામાં પ્રક્રિયા કરે છે અને પ્રકાશસંશ્લેષણના દરમાં વધારો થાય છે જેના ફળસ્વરૂપે ઉત્પાદનમાં વધારો થાય છે અને તે સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ ગ્રીન હાઉસ પાક, જેવાં કે ટામેટા તેમજ સિમલા મરચાંમાં કરવામાં આવે છે. તેમને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડથી ભરપૂર વાતાવરણમાં ઉછેરવાની તક આપવામાં આવે છે જેથી ઉત્પાદકતામાં વધારો થાય.

13.10.3 તાપમાન (Temperature)

અંધકાર પ્રક્રિયા ઉત્સેચકીય પ્રક્રિયા છે. તેથી તાપમાન દ્વારા નિયંત્રિત થાય છે. આમ પ્રકાશ-પ્રક્રિયા પણ તાપમાન સંવેદી છે, પરંતુ તેના પર તાપમાનની ખૂબ જ ઓછી અસર થાય છે. C_4 વનસ્પતિઓ વધુ તાપમાને પ્રતિક્રિયા કરે છે અને તેમાં પ્રકાશસંશ્લેષણનો દર પણ ઊંચો કે વધારે દર્શાવે છે. જ્યારે C_3 વનસ્પતિઓ ખૂબ જ ઓછું ઇષ્ટમાન તાપમાન ધરાવે છે.

વિવિધ વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશ સંશ્લેષણ માટે ઈષ્ટમાન તાપમાન તેમના અનુકૂલિત વસવાટ પર આધાર રાખે છે. સમશીતોષ્ણ વનસ્પતિઓ કરતાં ઉષ્ણ કટિબંધની વનસ્પતિઓમાં ઇષ્ટતમ તાપમાન વધુ હોય છે.

13.10.4 પાણી (Water)

પ્રકાશ પ્રક્રિયામાં પાણી એક મહત્ત્વનું પ્રક્રિયક છે છતાં પાણીની એક પરિબળ તરીકેની પ્રત્યક્ષ રીતે પ્રકાશસંશ્લેષણ પર થતી અસર કરતાં સમગ્ર વનસ્પતિ પર વધારે અસર પડે છે. જલતાણને કારણે પર્ણરંધ્રો બંધ થાય છે. આથી CO_2 ની પ્રાપ્તિમાં ઘટાડો થાય છે. આની સાથે સાથે જલતાણથી પર્ણો વલન પામે છે, જેનાથી પર્ણના સપાટીય ક્ષેત્રફળમાં પણ ઘટાડો થાય છે અને તેમની ચયાપચયિક ક્રિયાઓ પણ ઘટી જાય છે.

સારાંશ

વનસ્પતિઓ ખોરાકને પ્રકાશસંશ્લેષણ દ્વારા તેમનો પોતાનો ખોરાક બનાવે છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન વાતાવરણમાં રહેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને પર્ણોના પર્ણરંધ્રો દ્વારા મેળવે છે અને કાર્બોદિતો - મુખ્યત્વે ગ્લુકોઝ (શર્કરા) તેમજ સ્ટાર્ચ બનાવવામાં ઉપયોગ કરે છે. પ્રકાશસંશ્લેષણની ક્રિયા વનસ્પતિઓના લીલા ભાગો, મુખ્યત્વે પર્ણોમાં થાય છે. પર્ણોમાં આવેલી મધ્યપર્ણ કોષોમાં વધારે માત્રામાં હરિતકણો ધરાવે છે, જે CO_2નું સ્થાપન કરવા માટે જવાબદાર છે. હરિતકણમાં પટલમય ભાગો (ગ્રાના) પ્રકાશ પ્રક્રિયા માટેનું સ્થાન છે જ્યારે રસાયણ સંશ્લેષણ પરિપથ આધારક (સ્ટ્રોમા)માં થાય છે. પ્રકાશસંશ્લેષણ બે તબક્કાઓ ધરાવે છે. પ્રકાશ-પ્રક્રિયા અને અંધકાર પ્રક્રિયા (કાર્બન સ્થાપન પ્રક્રિયા). પ્રકાશ-પ્રક્રિયામાં પ્રકાશ-ઊર્જા એન્ટેનામાં આવેલા રંજકદ્રવ્યકણો દ્વારા શોષણ પામે છે અને પ્રક્રિયા કેન્દ્ર કહેવાતાં વિશિષ્ટ ક્લોરોફિલ a ના અણુઓને મોકલે છે. અહીંયાં બે ફોટો સિસ્ટમ પ્રકાશતંત્ર Ps-I અને Ps-II હોય છે. Ps-Iના પ્રક્રિયા કેન્દ્રમાં ક્લોરોફિલ a નો P_{700}નો અણુ પ્રકાશ તરંગલંબાઈ 700 nmનું શોષણ કરે છે, જ્યારે Ps-IIમાં એક P_{680} પ્રક્રિયા કેન્દ્ર હોય છે જે લાલ પ્રકાશને 680 nmના પ્રકાશનું શોષણ કરે છે. પ્રકાશના શોષણ પછી ઇલેક્ટ્રૉન ઉત્તેજિત થાય છે અને Ps-II અને Ps-I દ્વારા સ્થાનાંતરિત થઈને અંતમાં NADP સુધી પહોંચે છે અને NADPHની રચના કરે છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન થાઈલોકૉઇડના પટલની આરપાર એક પ્રોટોન ઢોળાંશ ઉત્પન્ન થાય છે. ATPase ઉત્સેચકના ભાગો F_0માંથી પ્રોટોનની ગતિના કારણે ઢાળ તૂટે છે અને ATPના સંશ્લેષણ માટે પર્યાપ્ત ઊર્જા મુક્ત થાય છે. પાણીના અણુનું વિઘટન Ps-II ની સાથે સંકળાયેલું છે. પરિણામ રૂપે O_2 તથા પ્રોટોન મુક્ત થાય અને Ps-IIમાં ઇલેક્ટ્રૉનનું સ્થળાંતરણ થાય છે.

કાર્બન સ્થાપન ચક્રમાં, ઉત્સેચકમાં રુબિસ્કો દ્વારા CO_2 એક 5 કાર્બન યુક્ત RuBPની સાથે સંયોજન કરે છે અને 3-કાર્બનયુક્ત PGAના 2 અણુઓમાં રૂપાંતરિત કરે છે. ત્યારબાદ કૅલ્વિનચક્ર દ્વારા તે શર્કરામાં પરિવર્તિત થાય છે અને RuBP પુનઃ સર્જન પામે છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન પ્રકાશ-પ્રક્રિયા દરમિયાન સંશ્લેષિત થયેલા ATP તેમજ NADPH વપરાય છે. C_3 વનસ્પતિઓમાં રુબિસ્કો એક નિરર્થક ઑક્સિજીનેશન પ્રક્રિયાથી પ્રકાશશ્વસનને ઉત્તેજે છે.

કેટલીક ઉષ્ણકટિબંધીય વનસ્પતિઓ ખાસ કે વિશિષ્ટ પ્રકારનું પ્રકાશસંશ્લેષણ દર્શાવે છે, જેને C_4 પરિપથ કહે છે. આ વનસ્પતિઓના મધ્યપર્ણ કોષોમાં પૂર્ણ થતી પ્રક્રિયામાં CO_2ના સ્થાપનથી 4-કાર્બનયુક્ત સંયોજન OAA ઉદ્‌ભવે છે. પુલકંચુકીય કોષમાં કૅલ્વિન પરિપથ થાય છે, જેથી કાર્બોદિતોનું સંશ્લેષણ થાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. કોઈ વનસ્પતિને બાહ્યાકાર લક્ષણોને આધારે શું તમે કહી શકો કે તે C_3 છે કે C_4 છે ? શા માટે અને કેવી રીતે ?
2. કોઈ વનસ્પતિની આંતરિક સંરચનાને જોઈને શું તમે કહી શકો કે તે C_3 છે કે C_4 છે ? સમજૂતી આપો.

3. જો કે C_4 વનસ્પતિઓમાં ખૂબ ઓછા કોષો જૈવસંશ્લેષણ-કૅલ્વિન પરિપથનું વહન કરે છે, છતાં પણ તે વધુ ઉત્પાદકતાવાળી વનસ્પતિઓ છે. શું આ બાબત પર ચર્ચા કરી શકો છો કે આવું શા માટે છે ?
4. RuBisCO એક ઉત્સેચક છે જે કાર્બોક્સિલેઝ અને ઑક્સિજીનેઝના સ્વરૂપે કાર્ય કરે છે. તમે એવું કેમ માનો છો કે C_4 વનસ્પતિઓમાં RuBisCO વધારે માત્રામાં કાર્બોક્સિલેશન કરે છે ?
5. માની લો કે, કોઈ વનસ્પતિઓમાં ક્લોરોફિલ bની ઉચ્ચ સાંદ્રતા ધરાવે છે, પણ તેમાં ક્લોરોફિલ aનો અભાવ છે, શું તે પ્રકાશસંશ્લેષણ કરતી હશે ? તો પછી વનસ્પતિઓ શા માટે ક્લોરોફિલ b અને બીજા ગૌણ (સહાયક) રંજકદ્રવ્ય ધરાવે છે ?
6. જો પર્ણને અંધારામાં રાખવામાં આવે તો તેનો રંગ ક્રમિક પીળા તેમજ લીલાશ પડતો પીળો શા માટે થઈ જશે ? તમારા વિચારમાં કયા રંજકદ્રવ્યકણ વધારે સ્થાયી છે ?
7. એક જ વનસ્પતિના પર્ણના (છાયાવાળી) (નીચેની) બાજુએ જુઓ અને તેની પ્રકાશવાળી (ઉપરની) બાજુ સાથે તુલના કરો અથવા કુંડામાં રાખેલા છોડને સૂર્યપ્રકાશમાં રાખીને તેની છાંયડામાં રાખેલા છોડ સાથે તુલના કરો. તેમાંથી કયા પર્ણો ઘેરો લીલો રંગ ધરાવે છે ? શા માટે ?
8. આકૃતિ 13.10 એ પ્રકાશસંશ્લેષણના દર પર પ્રકાશની અસર દર્શાવે છે. આલેખને આધારે નીચે આપેલ પ્રશ્નોના જવાબ આપો.
   (a) વક્રના કયા બિંદુ અથવા બિંદુઓ પર (A, B અથવા C) પ્રકાશ એક સીમાંતક પરિબળ છે ?
   (b) A વિસ્તારમાં સીમાંતક કારક કે કારકો કયા છે ?
   (c) વક્રમાં C અને D શું પ્રસ્તુત કરે છે ?
9. નીચેના વચ્ચેની તુલના આપો :
   (a) C_3 અને C_4 પરિપથ
   (b) ચક્રીય તેમજ અચક્રીય ફોટોફૉસ્ફોરાયલેશન
   (c) C_3 તેમજ C_4 વનસ્પતિઓમાં પર્ણોની પેશીય સંરચના (અંતઃસ્થ રચના)

પ્રકરણ 14

વનસ્પતિઓમાં શ્વસન (Respiration in Plants)

14.1 શું વનસ્પતિઓ શ્વાચ્છોચ્છ્વાસ દર્શાવે છે ?

14.2 ગ્લાયકોલીસીસ

14.3 આથવણ

14.4 જારક શ્વસન

14.5 શ્વસન સંતુલન ચાર્ટ

14.6 ઉભયધર્મી પરિપથ

14.7 શ્વસનાંક

આપણે બધા જીવંત રહેવા માટે શ્વાસ લઈએ છીએ, પરંતુ જીવન માટે શ્વાસોચ્છ્વાસ લેવો એટલો આવશ્યક કેમ છે ? જ્યારે આપણે શ્વાસોચ્છ્વાસ કરીએ છીએ, ત્યારે શું થાય છે ? શું બધા સજીવો, વનસ્પતિઓ હોય કે સૂક્ષ્મજીવો હોય શ્વાસોચ્છ્વાસ કરે છે ? જો એવું હોય તો કેવી રીતે શ્વાસ લે છે ?

બધા સજીવોને પોતાના રોજિંદા કે દૈનિક જીવનમાં શોષણ, પરિવહન, હલનચલન, પ્રજનન જેવાં કાર્યો કરવા માટે અને ત્યાં સુધી કે શ્વાસોચ્છ્વાસ લેવા માટે પણ ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે. આ બધી ઊર્જા ક્યાંથી આવે છે ? આપણે જાણીએ છીએ કે ઊર્જા માટે આપણે ખોરાક લઈએ છીએ; પરંતુ આ ઊર્જા ખોરાકમાંથી કેવી રીતે મળે છે ? આ ઊર્જા કેવી રીતે ઉપયોગમાં આવે છે ? શું બધા પ્રકારના ખાદ્ય પદાર્થોમાંથી સરખા પ્રમાણની ઊર્જા મળે છે ? શું વનસ્પતિઓ ખોરાક લે છે ? વનસ્પતિઓ આ ઊર્જા ક્યાંથી મેળવે છે ? અને સૂક્ષ્મજીવો આ ઊર્જાની આવશ્યકતા માટે શું ખોરાક મેળવે છે ?

ઉપરોક્ત કરેલા પ્રશ્નોથી તમને આશ્ચર્ય થઈ રહ્યું હશે કે તેઓ અસંબંધિત લાગતા હશે. પરંતુ વાસ્તવમાં શ્વાસોચ્છ્વાસની પ્રક્રિયા તેમજ ખાદ્ય પદાર્થમાંથી મુક્ત થનારી ઊર્જાની પ્રક્રિયામાં ખૂબ વધારે સંબંધ હોય છે. આપણે આ સમજવાનો પ્રયત્ન કરીએ કે આ કેવી રીતે થાય છે ?

જીવન માટે આવશ્યક બધી ઊર્જા કેટલાક મહાઅણુઓના ઑક્સિડેશનથી પ્રાપ્ત થાય છે; જેને ખાદ્ય પદાર્થ કહે છે. માત્ર લીલી વનસ્પતિઓ તેમજ નીલહરિત જીવાણુઓ પોતાનો ખોરાક સ્વયં બનાવી શકે છે. જે પ્રકાશસંશ્લેષણ ક્રિયા દ્વારા પ્રકાશ ઊર્જાને રાસાયણિક ઊર્જામાં રૂપાંતર કરીને ગ્લુકોઝ, સુક્રોઝ તેમજ સ્ટાર્ચના જેવા કાર્બોદિતોના બંધમાં સંચિત કરે છે. આપણે એ યાદ રાખવું જોઈએ કે લીલી વનસ્પતિઓમાં પણ બધા જ કોષો, પેશીઓ અને અંગોમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ થતું નથી. માત્ર તે કોષો, જેમાં હરિતકણો હોય છે કે જે મોટે ભાગે ઉપલા સ્તરમાં સ્થાન પામેલા હોય છે. તેઓ પ્રકાશસંશ્લેષણ કરે છે. કારણ કે લીલી વનસ્પતિઓમાં બધા અંગો, પેશીઓ તેમજ કોષો લીલા હોતા નથી. જેથી તેમાં ખાદ્ય પદાર્થો માટે ઑક્સિડેશનની આવશ્યકતા હોય છે. જેથી ખાદ્ય પદાર્થો હરિતકણ વિહીન ભાગોમાં વહન પામે છે. પ્રાણીઓ વિષમપોષી હોય છે; જેથી તેઓ પોતાનો ખોરાક વનસ્પતિઓમાંથી પ્રત્યક્ષ (શાકાહારી), કે પરોક્ષ(માંસાહારી)ના સ્વરૂપમાં મેળવે છે. મૃતોપજીવી જેવી કે ફૂગ, મૃત કે સડતા પદાર્થો પર નિર્ભર હોય છે. આ જાણી લેવું અત્યંત મહત્ત્વપૂર્ણ

છે કે જીવન માટે આવશ્યક બધા ખાદ્ય પદાર્થો પ્રકાશસંશ્લેષણ દ્વારા પ્રાપ્ત થાય છે. આ પ્રકરણમાં **કોષીય શ્વસન** અથવા **કોષોમાં ખાદ્ય પદાર્થોનું વિઘટન** થવાથી મુક્ત થતી ઊર્જાની ક્રિયાવિધિ અને આ શક્તિના ઉપયોગથી ATPનું સંશ્લેષણ સમજાવેલ છે.

નિઃસંદેહ પ્રકાશસંશ્લેષણ હરિતકણમાં થાય છે. (યુકેરિયોટિક કોષમાં), જો કે ઊર્જા પ્રાપ્ત કરવા માટે જટિલ અણુઓનું વિઘટન કોષરસ અને કણાભસૂત્રોમાં થાય છે. (તે પણ માત્ર યુકેરિયોટિકમાં). જો કે કોષોમાં જટિલ અણુઓના –C–C– (કાર્બન-કાર્બન) બંધનું, ઑક્સિડેશન થવાથી પર્યાપ્ત માત્રામાં ઊર્જાને મુક્ત કરે છે જેને **શ્વસન** કહે છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન જે સંયોજનનું ઑક્સિડેશન થાય છે તેને **શ્વાસ્ય પદાર્થો** કહે છે. સામાન્ય રીતે કાર્બોદિતનું ઑક્સિડેશન થવાથી ઊર્જા મુક્ત થાય છે. પરંતુ કેટલીક વનસ્પતિઓમાં વિશિષ્ટ પરિસ્થિતિઓમાં પ્રોટીન, ચરબી તેમજ ત્યાં સુધી કે કાર્બનિક ઍસિડને પણ શ્વાસ્ય પદાર્થના રૂપમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે. કોષોની અંદર ઑક્સિડેશન દરમિયાન શ્વાસ્ય પદાર્થ આવેલી બધી ઊર્જા કોષમાં એક સાથે મુક્ત થતી નથી કે એક જ તબક્કામાં પણ મુક્ત થતી નથી. આ ઉત્સેચક દ્વારા નિયંત્રિત તબક્કાવાર ધીમી પ્રક્રિયાઓના સ્વરૂપમાં મુક્ત થાય છે, જે રાસાયણિક ઊર્જા ATPના સ્વરૂપમાં સંચિત થાય છે. અહીંયાં એ સમજી લેવું આવશ્યક છે કે શ્વસનમાં ઑક્સિડેશન દ્વારા મુક્ત થતી ઊર્જા સીધી ઉપયોગમાં લેવાતી નથી. પરંતુ આ ATP સંશ્લેષણના ઉપયોગમાં લેવાય છે અને આ ઊર્જા જ્યારે પણ આવશ્યકતા હોય (જ્યાં પણ) ત્યારે તે વિઘટન પામે છે. આ કારણથી ATP કોષ માટે ઊર્જા ચલણના સ્વરૂપમાં કાર્ય કરે છે. ATPમાં સંચય પામેલ ઊર્જા, સજીવોની વિવિધ ઊર્જાની આવશ્યક પ્રક્રિયાઓમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે. શ્વસન દરમિયાન નિર્માણ પામેલો કાર્બનિક પદાર્થ કોષમાં બીજા અણુઓનાં સંશ્લેષણ માટે પૂર્વગામી સ્વરૂપમાં કામમાં આવે છે.

14.1 શું વનસ્પતિઓ શ્વાસોચ્છ્વાસ કરે છે ? (Do Plants Breathe ?)

આ પ્રશ્નનો કોઈ સીધો જવાબ નથી. હા, વનસ્પતિને શ્વસન માટે O_2ની આવશ્યકતા હોય છે અને તેઓ CO_2ને મુક્ત કરે છે. આ કારણથી વનસ્પતિઓમાં એવી વ્યવસ્થા છે, જેમાં O_2ની પ્રાપ્યતા સુનિશ્ચિત થાય છે. વનસ્પતિઓમાં પ્રાણીઓની જેમ વાયુઓના વિનિમય માટે વિશિષ્ટ અંગો હોતા નથી. પરંતુ તેમાં વાયુરંધ્ર અને વાતછિદ્રો આ હેતુ માટે આવેલા છે. શા માટે વનસ્પતિઓમાં શ્વસન અંગો હોતા નથી તેના ઘણા કારણો છે. પહેલું કારણ એ છે કે વનસ્પતિઓના પ્રત્યેક ભાગો પોતાના વાયુઓનાં વિનિમયની આવશ્યકતાનું ધ્યાન રાખે છે. વનસ્પતિઓના એક ભાગમાંથી બીજા ભાગમાં વાયુઓનું વહન ખૂબ જ ઓછું થાય છે. બીજું કારણ એ છે કે વનસ્પતિઓમાં વાયુઓના વિનિમયની વધારે જરૂરિયાત હોતી નથી. મૂળ, પ્રકાંડ તેમજ પર્ણોમાં શ્વસન, પ્રાણીની તુલનામાં ખૂબ ધીમા દરે થાય છે. માત્ર પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન વાયુઓનો વિનિમય વધારે થાય છે અને પ્રત્યેક પર્ણ, સંપૂર્ણ રીતે આ પ્રકારથી અનુકૂલિત થાય છે. આ સમયગાળા દરમિયાન તેમની પોતાની જરૂરિયાતનું ધ્યાન રાખે છે. જ્યારે કોષ પ્રકાશસંશ્લેષણ કરે છે ત્યારે O_2ની હાજરીની કોઈ સમસ્યા હોતી નથી; કારણ કે કોષમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન O_2 મુક્ત થાય છે. ત્રીજું કારણ એ છે કે મોટા કદની ઘટાદાર વનસ્પતિઓમાં વાયુઓ વધારે અંતર સુધી પ્રસરણ પામી શકતા નથી. વનસ્પતિઓમાં પ્રત્યેક જીવંત કોષ વનસ્પતિઓની સપાટીની બિલકુલ નજીક આવેલો હોય છે. પર્ણ માટે આ વિધાન સત્ય છે. તમે એ પૂછી શકો છો કે જાડા, કાષ્ઠીય પ્રકાંડો અને મૂળ માટે શું થાય છે ? પ્રકાંડમાં જીવંત કોષો, છાલ તેમજ છાલની નીચેના

પાતળા સ્તરના સ્વરૂપમાં ગોઠવાયેલ હોય છે. આમાં પણ છિદ્ર હોય છે; જેને વાતછિદ્રો કહે છે. અંદરના કોષો મૃત હોય છે અને તે ફક્ત યાંત્રિક આધાર આપે છે. આમ, વનસ્પતિઓના મોટા ભાગના કોષોની સપાટી હવાના સંપર્કમાં હોય છે. આ ઉપરાંત તે પર્ણ, પ્રકાંડ અને મૂળમાં મૃદુત્તકીય કોષોની શિથિલ ગોઠવણી ધરાવે છે, જે વાયુ અવકાશો તે એકબીજા સાથે સાંકળતું જાળુ બનાવે છે.

ગ્લુકોઝના સંપૂર્ણ દહનથી અંતિમ નીપજના સ્વરૂપમાં CO_2 અને H_2Oની સાથે ઊર્જા મુક્ત થાય છે. જેનો મોટા ભાગનો જથ્થો ઉષ્મા સ્વરૂપે બહાર આવે છે.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ઊર્જા}$$

જો આ ઊર્જા કોષ માટે આવશ્યક હોય. તો તેનો ઉપયોગ કોષમાં બીજા અણુઓનું સંશ્લેષણ કરવામાં થવો જોઈએ. ગ્લુકોઝના અણુનું વિઘટન થવાથી મુક્ત થતી બધી ઊર્જા ઉષ્માના સ્વરૂપમાં વ્યય પામતી નથી. મુખ્ય વાત એ છે કે ગ્લુકોઝનું ઑક્સિડેશન એક તબક્કામાં ન થતાં નાના-નાના અનેક તબક્કાઓમાં થાય છે. જેમાં કેટલાક તબક્કા એટલા મોટા હોય છે કે તેમાંથી મુક્ત થતી ઊર્જા ATPના સંશ્લેષણમાં ઉપયોગમાં આવે છે. આ કેવી રીતે થાય છે ? વાસ્તવમાં આ શ્વસનનો ઇતિહાસ છે.

શ્વસનની ક્રિયાવિધિ દરમિયાન ઑક્સિજનનો ઉપયોગ થાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, પાણી અને ઊર્જા નીપજ તરીકે મુક્ત થાય છે. દહન પ્રક્રિયા માટે ઑક્સિજનની આવશ્યકતા હોય છે પરંતુ, કેટલાક કોષો ઑક્સિજનની હાજરી અને ગેરહાજરીમાં પણ જીવંત રહી શકે છે. *શું તમે એવી પરિસ્થિતિઓ વિશે (અને સજીવો) વિચારી શકો છો. જ્યાં ઑક્સિજન પ્રાપ્ય નથી ?* વિશ્વાસ કરવા માટે પર્યાપ્ત કારણ છે કે પ્રથમ કોષ આ ગ્રહ પર એવા વાતાવરણમાં મળ્યો હતો, જ્યાં ઑક્સિજનની હાજરી ન હતી. આજે પણ, જે કેટલાક સજીવોમાં આપણે જાણીએ છીએ કે તે ઑક્સિજનરહિત વાતાવરણ માટે પોતાને અનુકૂલિત છે. આમાંથી કેટલાક વૈકલ્પિક પણે અજારક છે, જો કે કેટલાક માટે ઑક્સિજનરહિત સ્થિતિની આવશ્યકતા ફરજિયાત હોય છે. પ્રત્યેક સ્થિતિમાં બધા સજીવોમાં ઉત્સેચકીય તંત્ર હોય છે, જે ગ્લુકોઝને ઑક્સિજનની મદદ વગર આંશિક રીતે ઑક્સિડેશન કરે છે. આ પ્રકારે ગ્લુકોઝનું પાયરૂવિક ઍસિડમાં વિઘટન **ગ્લાયકોલીસીસ** કહેવાય છે.

14.2 ગ્લાયકોલીસીસ (Glycolysis)

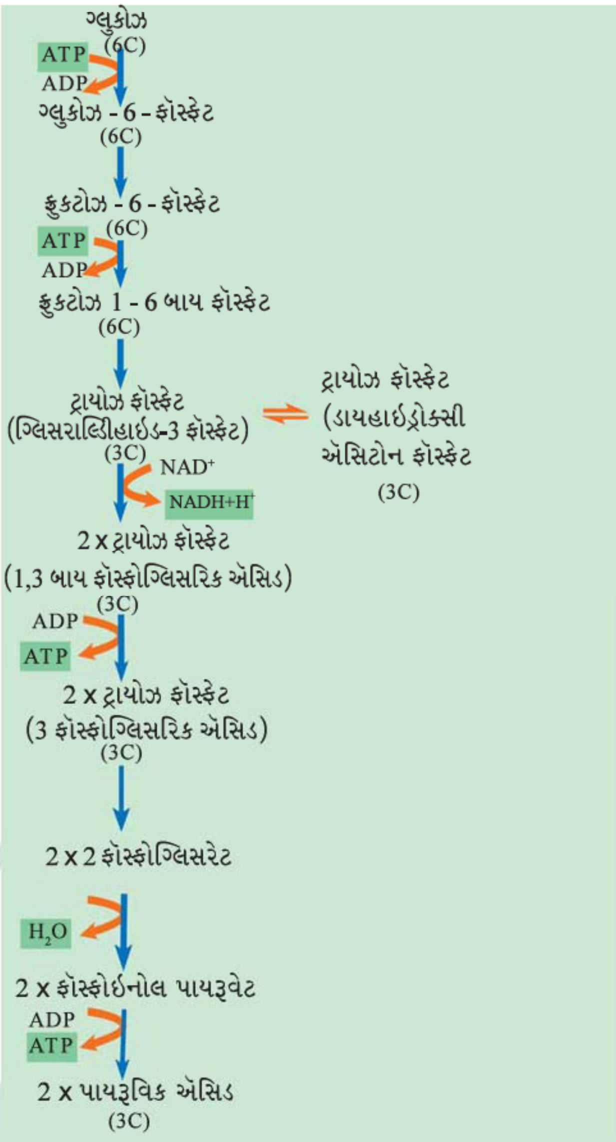
ગ્લાયકોલીસીસ શબ્દની ઉત્પત્તિ ગ્રીક શબ્દ 'ગ્લાઇકોસ'નો અર્થ શર્કરા છે તેમજ 'લાઇસીસ'નો અર્થ તૂટવું કે વિઘટન થાય છે. ગ્લાયકોલીસીસ પ્રક્રિયાનો પ્રસ્તાવ ઇમ્બેડેન, ઓટો મેયરહોફ અને જે પરનાસ દ્વારા અપાયેલ છે અને આને સામાન્યતઃ EMP પરિપથ કહે છે. અજારક સજીવોમાં શ્વસન માત્ર આ પ્રક્રિયા થાય છે. ગ્લાયકોલીસીસ કોષરસમાં થાય છે અને આ બધા સજીવોમાં થાય છે. આ પ્રક્રિયામાં ગ્લુકોઝ આંશિક ઑક્સિડેશન દ્વારા પાયરૂવિક ઍસિડના બે અણુઓમાં ફેરવાય છે. વનસ્પતિઓમાં આ ગ્લુકોઝ, સુક્રોઝમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે, જે પ્રકાશસંશ્લેષણની અંતિમ નીપજ છે અથવા સંચિત કાર્બોદિતમાંથી પ્રાપ્ત થાય છે. સુક્રોઝ ઇન્વર્ટેઝ કે સુક્રેઝ નામના ઉત્સેચકની મદદથી ગ્લુકોઝ અને ફ્રુક્ટોઝમાં રૂપાંતરિત થાય છે. આ બંને મોનો સેકેરાઇડ સરળતાથી ગ્લાયકોલાઇટિક ચક્રમાં પ્રવેશ કરે છે. ગ્લુકોઝ તેમજ ફ્રુક્ટોઝ, હેક્ઝોકાઈનેઝ ઉત્સેચક દ્વારા ફૉસ્ફોરાયલેશન પામીને ગ્લુકોઝ-**6**-ફૉસ્ફેટ બનાવે છે. ગ્લુકોઝનું ફૉસ્ફોરાયલેશનના થયા બાદ તેના સમઘટક ફ્રુક્ટોઝ-**6**-

ફૉસ્ફેટમાં રૂપાંતરિત થાય છે. ગ્લુકોઝ તેમજ ફ્રુક્ટોઝનો ચયાપચયિક પથ એક સરખો હોય છે. ગ્લાયકોલીસીસની વિવિધ પ્રક્રિયાઓ આકૃતિ 14.1માં દર્શાવેલી છે. વિવિધ ઉત્સેચકોના નિયંત્રણ હેઠળની, ગ્લાયકોલીસીસમાં શ્રેણીબદ્ધ દસ (10) પ્રક્રિયાઓ ગ્લુકોઝમાંથી પાયરૂવેટના નિર્માણ માટે થાય છે. ગ્લાયકોલીસીસની વિવિધ પ્રક્રિયાઓના અભ્યાસ દરમિયાન તે પ્રક્રિયાઓ પર ધ્યાન આપો કે જેમાં ATP કે NADH + H^+ (આ કિસ્સામાં)નો ઉપયોગ કે સંશ્લેષણ થાય છે.

ATPનો ઉપયોગ બે તબક્કામાં થાય છે : પહેલો તબક્કો જેમાં ગ્લુકોઝ, ગ્લુકોઝ-6-ફૉસ્ફેટમાં રૂપાંતર પામે છે અને બીજો તબક્કો કે જેમાં ફ્રુક્ટોઝ-6-ફૉસ્ફેટનું ફ્રુક્ટોઝ 1-6-બાયફૉસ્ફેટમાં રૂપાંતરણ થાય છે.

ફ્રુક્ટોઝ 1-6-બાયફૉસ્ફેટ વિઘટિત થઈને ડાયહાઈડ્રોક્સી એસિટોન ફૉસ્ફેટ (DHAP) અને 3-ફૉસ્ફોગ્લિસરાલ્ડીહાઈડ (PGAL) બનાવે છે. જ્યારે 3-ફૉસ્ફોગ્લિસરાલ્ડીહાઈડ (PGAL)નું 1-3 બાયફોસ્ફોગ્લીસરેટ (BPGA)માં રૂપાંતરણ થાય છે ત્યારે NAD^+માંથી NADH+ H^+નું નિર્માણ થાય છે. PGALમાંથી બે સમાન રેડૉક્ષ બે હાઈડ્રોજન પરમાણુ ($2H^+$)ના સ્વરૂપમાં NAD^+ સાથે જોડાઈને સ્થાયી બનીને એક અણુની જેમ સ્થળાંતરિત થાય છે. PGAL ઑક્સિડેશન પામી અકાર્બનિક ફૉસ્ફેટ મળવાથી BPGAમાં રૂપાંતરિત થાય છે. BPGAનું 3-ફૉસ્ફોગ્લિસરિક ઍસિડમાં પરિવર્તન પણ ઊર્જા ત્યાગી પ્રક્રિયા છે. આ ઊર્જાનો ઉપયોગ ATPના સંશ્લેષણમાં થાય છે. PEP (ફૉસ્ફોઈનોલ પાયરૂવેટ)નું પાયરૂવિક ઍસિડમાં રૂપાંતરણ દરમિયાન પણ ATPનું નિર્માણ થાય છે. *શું તમે એ ગણતરી કરી શકો છો કે એક ગ્લુકોઝ અણુમાંથી કેટલા ATPના અણુઓનું પ્રત્યક્ષ સ્વરૂપમાં આ પ્રક્રિયામાં સંશ્લેષણ થાય છે ?*

પાયરૂવિક ઍસિડ ગ્લાયકોલીસીસની મુખ્ય નીપજ છે. પાયરૂવેટના ચયાપચયનું ભવિષ્ય શું છે ? તે કોષોની આવશ્યકતા પર આધારિત છે. મુખ્ય ત્રણ રીતો છે. જેમાં વિવિધ કોષો ગ્લાયકોલીસીસ દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં પાયરૂવિક ઍસિડનો ઉપયોગ કરે છે. તે લેક્ટિક ઍસિડ આથવણ,

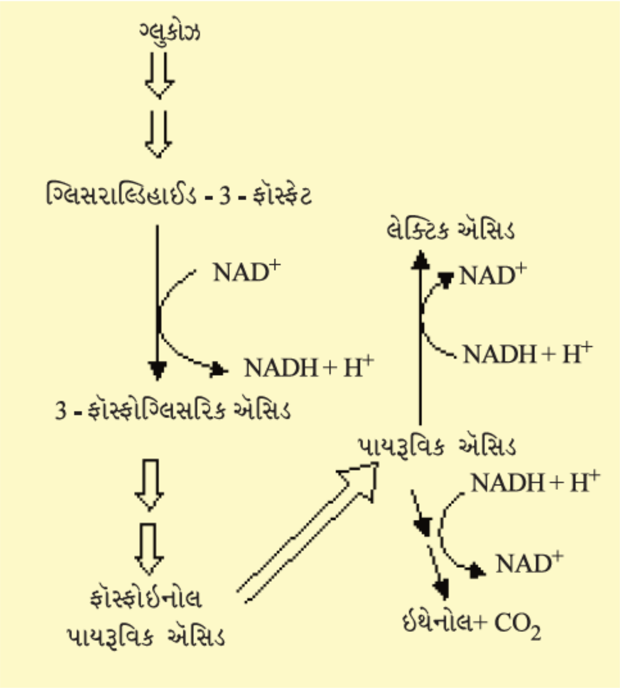


આકૃતિ 14.1 : ગ્લાયકોલીસીસના તબક્કાઓ

આલ્કોહોલિક આથવણ અને જારક શ્વસનમાં ઉપયોગી છે. મોટા ભાગના પ્રોકેરિયોટ્સ અને એકકોષીય યુકેરિયોટ્સમાં આથવણ અજારક પરિસ્થિતિઓમાં થાય છે. ગ્લુકોઝનું પૂર્ણ ઑક્સિડેશનના ફળ સ્વરૂપે CO_2 અને H_2Oનું નિર્માણ કરવા માટે સજીવોમાં ક્રેબ્સચક્ર થાય છે. જેને જારક શ્વસન કે શ્વસન પણ કહે છે. જેમાં O_2ની જરૂરિયાત હોય છે.

14.3 આથવણ (Fermentation)

આથવણમાં યીસ્ટ દ્વારા ગ્લુકોઝનું અજારક પરિસ્થિતિઓમાં અપૂર્ણ ઑક્સિડેશન થાય છે. જેમાં પ્રક્રિયાઓના વિવિધ તબક્કાઓ દ્વારા પાયરૂવિક ઍસિડનું CO_2 તેમજ ઇથેનોલમાં રૂપાંતરણ થાય છે. ઉત્સેચક પાયરૂવિક ઍસિડ ડિકાર્બોક્સીલેઝ તેમજ આલ્કોહોલ ડિહાઈડ્રોજીનેઝ આ પ્રક્રિયાના પ્રેરક ઘટક છે. બીજા સજીવો જેવાં કે કેટલાક બૅક્ટેરિયા પાયરૂવિક ઍસિડમાંથી લેક્ટિક ઍસિડનું નિર્માણ કરે છે. આમાં સમાયેલ તબક્કાઓ આકૃતિ 14.2માં દર્શાવેલ છે. પ્રાણીઓની સ્નાયુ પેશીઓના કોષોમાં કસરત દરમિયાન કે પરિશ્રમ દરમિયાન જ્યારે કોષીય શ્વસન માટે અપૂરતી માત્રામાં ઑક્સિજન હોય છે ત્યારે પાયરૂવિક ઍસિડ લેક્ટેટ ડિહાઈડ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક દ્વારા લેક્ટિક ઍસિડમાં રૂપાંતરિત થાય છે. રીડ્યુસીંગકારક ઘટક $NADH + H^+$, જે બંને પ્રક્રિયાઓમાં NAD^+માં પુનઃ ઑક્સિડેશન પામે છે.



આકૃતિ 14.2 : અજારક શ્વસનના મુખ્ય પરિપથો

લેક્ટિક ઍસિડ અને આલ્કોહોલિક આથવણ બંનેમાં વધારે માત્રામાં ઊર્જા મુક્ત થતી નથી. ગ્લુકોઝમાં રહેલ 7 % થી ઓછી ઊર્જા મુક્ત થાય છે અને તેથી ઊર્જાનો ઉપયોગ ઉચ્ચ ઊર્જાયુક્ત બંધવાળા ATPના નિર્માણમાં થતો નથી. ઍસિડ કે આલ્કોહોલ નિર્માણ કરતી ઉત્પાદનની પ્રક્રિયાઓ હાનિકારક હોય છે. ગ્લુકોઝના એક અણુના આથવણ પછી આલ્કોહોલ કે લેક્ટિક ઍસિડના નિર્માણ દરમિયાન કેટલા વાસ્તવિક ATPનું સંશ્લેષણ થાય છે ? (ગ્લાયકોલીસીસમાં કેટલા અણુ ATP સંશ્લેષણ પામે છે અને કેટલા અણુ ATP વપરાય છે તેની ગણતરી કરીને) જ્યારે આલ્કોહોલનું પ્રમાણ 13 % કે તેનાથી વધારે હોય છે, ત્યારે યીસ્ટ માટે આ વિષાક્ત બને છે, કે તેના મૃત્યુનું કારણ બને છે. નૈસર્ગિક રીતે આથવણ દ્વારા પ્રાપ્ત પીણામાં આલ્કોહોલની મહત્તમ સાંદ્રતા કેટલી હોય છે ? શું તમે વિચારી શકો છો કે માદક પીણામાં આલ્કોહોલનું પ્રમાણ તેમાં આવેલા આલ્કોહોલની સાંદ્રતાથી વધુ કેવી રીતે મેળવી શકાય છે ?

તે કઈ પ્રક્રિયા છે જેના દ્વારા સજીવમાં ગ્લુકોઝનું સંપૂર્ણ ઑક્સિડેશન થાય છે અને આ દરમિયાન મુક્ત ઊર્જા કોષીય ચયાપચયની આવશ્યકતાને અનુસરીને વધારે ATP અણુઓનું સંશ્લેષણ કરે છે ? યુકેરિયોટિક્સમાં આ બધા તબક્કાઓ કણાભસૂત્રોમાં થાય છે અને આ માટે O_2ની જરૂરિયાત હોય છે. **જારક શ્વસન** તે એવી પ્રક્રિયા છે જેના દ્વારા કાર્બનિક પદાર્થોનું O_2ની હાજરીમાં સંપૂર્ણ ઑક્સિડેશન થાય છે અને તેના પછી CO_2, પાણી અને વધુ જથ્થામાં ઊર્જા મુક્ત થાય છે. આ પ્રકારની શ્વસન પ્રક્રિયા સામાન્યતઃ ઉચ્ચ કક્ષાના સજીવોમાં જોવા મળે છે. આપણે આ પ્રક્રિયાઓનો હવે પછીના વિભાગમાં અભ્યાસ કરીશું.

14.4 જારક શ્વસન (Aerobic Respiration)

કણાભસૂત્રોમાં થતી જારક શ્વસનની પ્રક્રિયા દરમિયાન ગ્લાયકોલીસીસની અંતિમ નીપજ પાયરૂવેટ કોષરસમાંથી કણાભસૂત્રોમાં વહન પામે છે. જારક શ્વસનની મુખ્ય ઘટનાઓ નીચે આપેલી છે :

- હાઇડ્રોજન અણુઓના તબક્કાવાર દૂર થવાથી, ત્રણ CO_2 ના અણુઓ મુક્ત થવાથી પાયરૂવેટનું સંપૂર્ણ ઑક્સિડેશન થાય છે.
- ઇલેક્ટ્રૉન (વીજાણુઓ), હાઇડ્રોજન પરમાણુના ભાગ તરીકે દૂર થઈ O_2ના અણુ તરફ વહન પામે છે, તેની સાથે ATPનું સંશ્લેષણ થાય છે.

સૌથી વધારે રસપ્રદ વાત તો એ છે કે પહેલી પ્રક્રિયા કણાભસૂત્રોના મેટ્રિક્સ કે આધારક પ્રદેશમાં થાય છે જ્યારે બીજી પ્રક્રિયા કણાભસૂત્રોના અંતઃ પટલ પર થાય છે.

કોષરસમાં આવેલા કાર્બોદિતનું ગ્લાયકોલાયટિક વિઘટન દ્વારા નિર્માણ પામેલ પાયરૂવેટ, કણાભસૂત્રોના મેટ્રિક્સમાં પ્રવેશ કરે છે. પાયરૂવેટ ડિહાઇડ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક દ્વારા ઑક્સિડેટિવ ડિકાર્બોક્ઝાયલેશનની જટિલ સામૂહિક પ્રક્રિયાને ઉત્તેજન મળે છે. પાયરૂવેટ ડિહાઇડ્રોજીનેઝની સાથે અન્ય સહઉત્સેચક કાર્ય કરે છે. જેવાં કે NAD^+ અને સહઉત્સેચક (CoA).

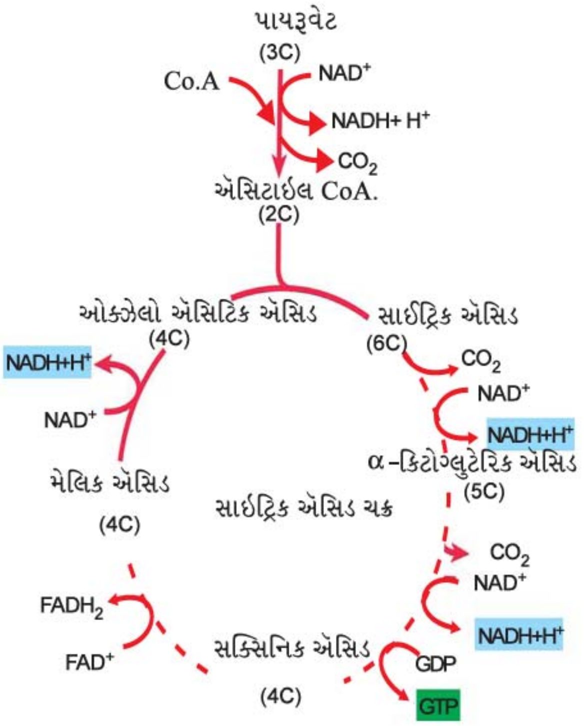
$$\text{પાયરૂવિક ઍસિડ} + Co.A + NAD^+ \xrightarrow[\text{પાયરૂવેટ ડીહાઇડ્રોજીનેઝ}]{Mg^{+2}} \text{ઍસિટાઇલ } CoA + CO_2 + NADH + H^+$$

આ પ્રક્રિયા દરમિયાન પાયરૂવિક ઍસિડના બે અણુઓનું વિઘટન કે અપચય થવાથી NADHના બે અણુઓનું નિર્માણ થાય છે. (ગ્લાયકોલીસીસ દરમિયાન ગ્લુકોઝના એક અણુમાંથી નિર્માણ પામે છે.)

ઍસિટાઈલ CoA ત્યાર બાદ ચક્રિય પથ, ટ્રાયકાર્બોક્સિલિક ઍસિડ ચક્રમાં પ્રવેશ કરે છે. જેની સમજૂતી હાન્સ ક્રેબ્સ નામના વૈજ્ઞાનિકે આપી હોવાને કારણે તેને ક્રેબ્સ ચક્ર કહે છે.

14.4.1 ટ્રાયકાર્બોક્સિલિક ઍસિડ ચક્ર (TCA) [Tricarboxylic Acid Cycle (TCA)]

TCA ચક્રનો પ્રારંભ ઍસિટાઇલ સમૂહની ઓકઝેલો ઍસિટિક ઍસિડ (OAA) અને પાણી સાથે સંગઠિત થવાથી સાઇટ્રિક ઍસિડના નિર્માણ સાથે થાય છે, (આકૃતિ 14.3). આ પ્રક્રિયા સાઇટ્રેટ સિન્થેટેઝ ઉત્સેચક દ્વારા થાય છે અને Co.Aના એક અણુને મુક્ત કરે છે. હવે સાઇટ્રેટનું આઈસો સાઇટ્રેટમાં સમઘટતાકરણ (આઇસોમેરિઝમ) દ્વારા રૂપાંતર થાય છે. આ ડીકાર્બોક્સિલેશનના બે સળંગ તબક્કાઓના દ્વારા આગળ વધે છે. જે આલ્ફા-કિટોગ્લુટેરિક ઍસિડ (α-કિટોગ્લુટેરિક ઍસિડ), ત્યાર પછી સક્સિનાઇલ Co.Aનું નિમાણ કરે છે. સાઇટ્રિક ઍસિડના



આકૃતિ 14.3 : સાઇટ્રિક ઍસિડ ચક્ર

બાકીના તબક્કાઓમાં સક્સિનાઈલ Co.A; OAA (ઓક્ઝેલો ઍસિટિક ઍસિડ)માં ઑક્સિડેશન પામીને ચક્રમાં આગળ વધવામાં મદદરૂપ થાય છે. સક્સિનાઇલ Co.Aમાંથી સક્સિનિક ઍસિડના રૂપાંતરણ દરમિયાન GTPના એક અણુનું નિર્માણ થાય છે. આ પ્રક્રિયાને આધારક આધારિત ફૉસ્ફોરાયલેશન કહે છે. આ યુગ્મ પ્રક્રિયાઓમાં GTP, GDPમાં રૂપાંતરણ પામે છે અને ADPનું ATPમાં નિર્માણ કરે છે. ચક્રમાં ત્રણ સ્થાન એવા છે જેમાં NAD^+નું $NADH + H^+$માં રિડક્શન થાય છે. અને એક સ્થાને FAD^+નું $FADH_2$માં રિડક્શન થાય છે. TCA ચક્ર દ્વારા ઍસિટાઇલ Co.Aનો ઉત્સેચકીય ઍસિડનું નિરંતર ઑક્સિડેશન માટે ઓક્ઝેલો ઍસીટેટના પુનઃ નિર્માણની આવશ્યકતા હોય છે. જે આ ચક્રનો પ્રથમ સભ્ય છે. વધુમાં NAD^+ અને FAD^+નું પુનઃનિર્માણ ક્રમશઃ $NADH + H^+$ અને $FADH_2$માંથી થવું જરૂરી છે. આમ, શ્વસનની આ અવસ્થાના સમીકરણને સંક્ષિપ્તમાં નીચે પ્રમાણે દર્શાવાય છે :

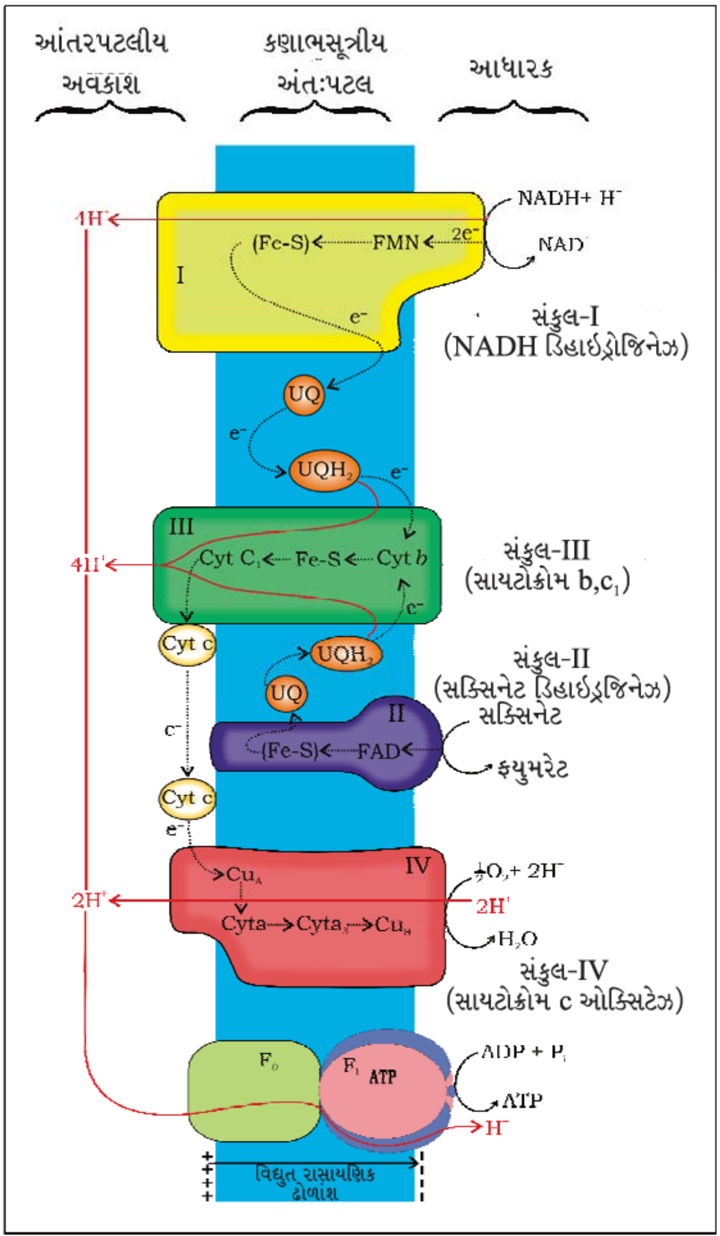
$$\text{પાયરૂવિક ઍસિડ} + 4NAD^+ + FAD^+ + 2H_2O + ADP + P_i \xrightarrow{\text{કણાભસૂત્રના મેટ્રિક્સ (આધારક)}} 3CO_2 + 4NADH + 4H^+ + FADH_2 + ATP$$

અત્યાર સુધી આપણે જોઈ ચૂક્યા છીએ કે ગ્લુકોઝનું વિઘટન થવાથી CO_2 મુક્ત થાય છે. $NADH + H^+$ના આઠ અણુ, $FADH_2$ના બે અણુઓ અને બે ATPના અણુઓ નિર્માણ પામે છે. તમને આશ્ચર્ય થતું હશે કે અત્યાર સુધી શ્વસનની ચર્ચા દરમિયાન ન તો ક્યાંય O_2ના ઉપયોગની અને ન તો ક્યાંય ATPના ઘણા બધા અણુઓના નિર્માણની ચર્ચા કરી છે. આ ઉપરાંત $NADH + H^+$ અને $FADH_2$ના સંશ્લેષણની ભૂમિકા શું હશે ? આપણે એ સમજવું પડશે કે શ્વસનમાં O_2ની ભૂમિકા શું છે ? અને ATP કેવી રીતે નિર્માણ પામે છે ?

14.4.2 ઈલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર અને ઑક્સિડેટિવ ફૉસ્ફોરાયલેશન [Election Transport System (ETS) and Oxidative Phosphorylation]

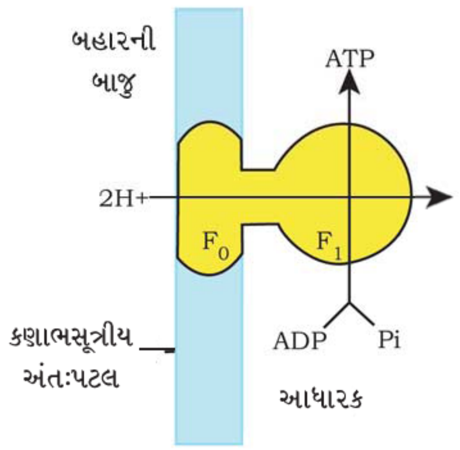
શ્વસન પ્રક્રિયાના હવેના તબક્કામાં $NADH^+ H^+$ અને $FADH_2$માં સંચય પામેલી ઊર્જા મુક્ત થાય તેમજ ઉપયોગમાં લેવાય છે. આ ત્યારે પ્રાપ્ત થાય છે જ્યારે તેઓનું ઑક્સિડેશન ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર દ્વારા થાય છે અને H_2Oના નિર્માણ માટે ઇલેક્ટ્રૉન (વીજાણુ) O_2ને પ્રાપ્ત થાય છે. ચયાપચય પરિપથ જેના દ્વારા ઇલેક્ટ્રૉન એક વાહકથી અન્ય વાહક તરફ જાય છે. તેને **ઈલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર (ETS)** કહે છે, (આકૃતિ 14.4). અને તે કણાભસૂત્રોના અંતઃ પટલમાં થાય છે. કણાભસૂત્રોના આધારકમાં TCA ચક્ર દરમિયાન NADHથી નિર્માણ પામતા ઇલેક્ટ્રૉન, ઉત્સેચક NADH ડિહાઇડ્રોજીનેઝ (સંકુલ - I)

દ્વારા ઑક્સિડાઇઝ થાય છે. ત્યારબાદ ઇલેક્ટ્રૉન અંતઃ પટલમાં આવેલ યુબીક્વિનોન તરફ સ્થળાંતરિત થાય છે. યુબીક્વીનોન $FADH_2$ (સંકુલ - II)ના રિડક્શન દ્વારા તેટલા જ ઇલેક્ટ્રૉન પ્રાપ્ત કરે છે, જે સાઇટ્રિક ઍસિડ ચક્રમાં સક્સિનિક ઍસિડનું ઑક્સિડેશન દરમિયાન ઉત્પન્ન થાય છે. રિડ્યુસ્ડ યુબીક્વિનોન (યુબીક્વિનોલ) ઇલેક્ટ્રૉનને સાયટોક્રોમ તરફ સાયટોક્રોમ b c_1 મારફતે સ્થળાંતરિત કરી તે ઑક્સિડાઈઝ્ડ પામે છે. (સંકુલ - III). સાયટોક્રોમ c એક નાનો પ્રોટીન છે જે અંતઃ પટલની બાહ્ય સપાટી પર જોડાયેલો હોય છે. જે ઇલેક્ટ્રોનને સંકુલ - III અને સંકુલ - IV વચ્ચે સ્થળાંતરિત કરાવનાર, ગતિશીલ વાહકના રૂપમાં કાર્ય કરે છે. સંકુલ - IV સાયટોક્રોમ c ઑક્સિડેઝ સંકુલ છે, જેમાં સાયટોક્રોમ a અને a_3 અને બે કૉપર કેન્દ્ર ધરાવે છે.



આકૃતિ 14.4 : ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર (ETS)

જ્યારે ઇલેક્ટ્રૉન, ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન શૃંખલામાં એક વાહકથી બીજા વાહક સુધી સંકુલ - Iથી સંકુલ - IV દ્વારા પસાર થાય છે, ત્યારે તેઓ ATP સિન્થેટેઝ (સંકુલ - V)થી યુગ્મિત થઈને ADP તેમજ અકાર્બનિક ફૉસ્ફેટ (P_i) દ્વારા ATPનું નિર્માણ કરે છે. આ દરમિયાન સંશ્લેષિત થનારા ATP અણુઓની સંખ્યા ઇલેક્ટ્રૉન દાતા પર નિર્ભર છે. NADHના એક અણુનું ઑક્સિડેશનથી ATPના ત્રણ અણુઓનું નિર્માણ થાય છે. જ્યારે $FADH_2$ના એક અણુમાંથી ATPના બે અણુ બને છે. જો કે શ્વસનની જારક પ્રક્રિયા ઑક્સિજનની હાજરીમાં જ પૂરી થાય છે. પ્રક્રિયાના અંતિમ ચરણમાં ઑક્સિજનની ભૂમિકા સીમિત છે. જો કે ઑક્સિજનની હાજરી અતિ આવશ્યક છે; કારણ કે આ સમગ્ર તંત્રમાંથી H_2 (હાઇડ્રોજન)ને મુક્ત કરીને સમગ્ર પ્રક્રિયાને સંચાલિત કરે છે. ઑક્સિજન અંતિમ હાઇડ્રોજન ગ્રાહકના સ્વરૂપમાં કાર્ય કરે છે. ફોટોફૉસ્ફોરાયલેશન કરતાં વિરુદ્ધ, જ્યાં પ્રોટીન ઢાળનાં નિર્માણમાં પ્રકાશ-ઊર્જાનો ઉપયોગ ફોસ્ફોરાયલેશન માટે થાય છે. શ્વસનની આ પ્રકારની પ્રક્રિયામાં ઑક્સિડેશન રિડક્શન દ્વારા ઊર્જાની પૂર્તિ થાય છે. જેના ફળ સ્વરૂપે આ કારણથી થતી આ ક્રિયાવિધિને ઑક્સિડેટિવ ફોસ્ફૉરાયલેશન કહે છે.



આકૃતિ 14.5 : કણાભસૂત્રોમાં ATP સંશ્લેષણની રેખાંકિત પ્રસ્તુતિ

પટલ સાથે સંકળાયેલ ATP સંશ્લેષણની ક્રિયાવિધિના વિષયમાં તમે પહેલા અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો. જેને અગાઉના પ્રકરણમાં રસાયણાસૃતિ અધિતર્ક (કેમિઑસ્મોટિક સિદ્ધાંત) દ્વારા વર્ણવેલ છે. જેમ કે પહેલા વર્ણવેલું છે કે ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર દરમિયાન મુક્ત ઊર્જાનો ઉપયોગ ATP સિન્થેટેઝ (સંકુલ - V)ની મદદથી ATPનું સંશ્લેષણ થાય છે. આ સંકુલ, બે મુખ્ય ઘટક F_0 તેમજ F_1થી બનેલા છે. (આકૃતિ 14.5). F_1 શીર્ષ પ્રદેશની રચના પરિઘીય પટલમય પ્રોટીન સંકુલની બનેલી છે. જ્યાં અકાર્બનિક ફૉસ્ફેટ અને ADPમાંથી ATPનું સંશ્લેષણ થાય છે. F_0 એક અંતર્ગત કલા પ્રોટીન સંકુલ છે. જે ચૅનલ બનાવે છે. જેના દ્વારા પ્રોટોન આંતરિક પટલને પાર કરે છે. ચૅનલ દ્વારા પ્રોટોન પસાર થવાથી ATPના ઉત્પાદન માટે F_1 ઘટકની ઉત્સેચકીય સપાટી સાથે જોડવામાં આવે છે. ઇલેક્ટ્રૉન પ્રોટોન કેમિકલ ઢોળાંશના ફળ સ્વરૂપે $2H^+$ આયન આંતરપટલીય અવકાશમાંથી F_0માં થઈને કણાભસૂત્રના મેટ્રિક્સ તરફ ગતિ કરે છે. જેથી એક ATPનું સંશ્લેષણ થાય છે.

14.5 શ્વસન સંતુલન ચાર્ટ (The Respiratory Balance Sheet)

પ્રત્યેક ઓક્સિડાઇઝ્ડ ગ્લુકોઝ અણુથી નિર્માણ થનાર વાસ્તવિક ATPની ગણતરી કરવી હવે સંભવિત છે; પરંતુ વાસ્તવમાં આ એક સૈદ્ધાંતિક અભ્યાસ જ રહી ગયો છે. આ ગણતરી કેટલીક નિશ્ચિત કલ્પનાઓને આધારે જ કરી શકાય છે.

- આ એક ક્રમિક, સુવ્યવસ્થિત, ક્રિયાત્મક પરિપથ છે જેમાં એક ક્રિયાસ્થાનથી બીજા ક્રિયાસ્થાનનું નિર્માણ થાય છે, જેમાં ગ્લાયકોલીસીસથી શરૂ થઈ TCA ચક્ર અને ETS પરિપથ એક પછી એક આવે છે.
- ગ્લાયકોલીસીસમાં સંશ્લેષિત NADH કણાભસૂત્રોમાં આવે છે, જ્યાં તેનું ઓક્સિડેટીવ ફૉસ્ફોરાયલેશન થાય છે.
- પરિપથનો કોઈ પણ મધ્યવર્તી બીજા સંયોજનના નિર્માણમાં ભાગ લેતો નથી.
- શ્વસનમાં માત્ર ગ્લુકોઝનો જ ઉપયોગ થાય છે. જેથી બીજા વૈકલ્પિક પ્રક્રિયકો પથમાં કોઈ પણ મધ્યવર્તી તબક્કામાં પ્રવેશ કરતાં નથી.

જો કે આ પ્રકારની કલ્પના સજીવ તંત્રમાં વાસ્તવમાં તર્કસંગત હોતી નથી; બધા પરિપથ એક પછી એક નથી; પણ એક સાથે કાર્ય કરે છે. પરિપથમાં પ્રક્રિયક આવશ્યકતા અનુસાર બહાર અને અંદર આવજા કરી શકે છે. આવશ્યકતા અનુસાર ATPનો ઉપયોગ થઈ શકે છે. ઉત્સેચકીય ક્રિયાઓનો દર ઘણી રીતે નિયંત્રિત થાય છે. છતાં પણ આ ક્રિયા કરવી ઉપયોગી છે; કારણ કે સજીવ તંત્રમાં ઊર્જાના નિષ્કર્ષણ તેમજ સંગ્રહણ માટે તેમની કાર્યદક્ષતા આવકાર્ય છે. આમ; જારક શ્વસન દરમિયાન ગ્લુકોઝના એક અણુમાંથી 38 ATP અણુઓની વાસ્તવિક પ્રાપ્તિ થાય છે.

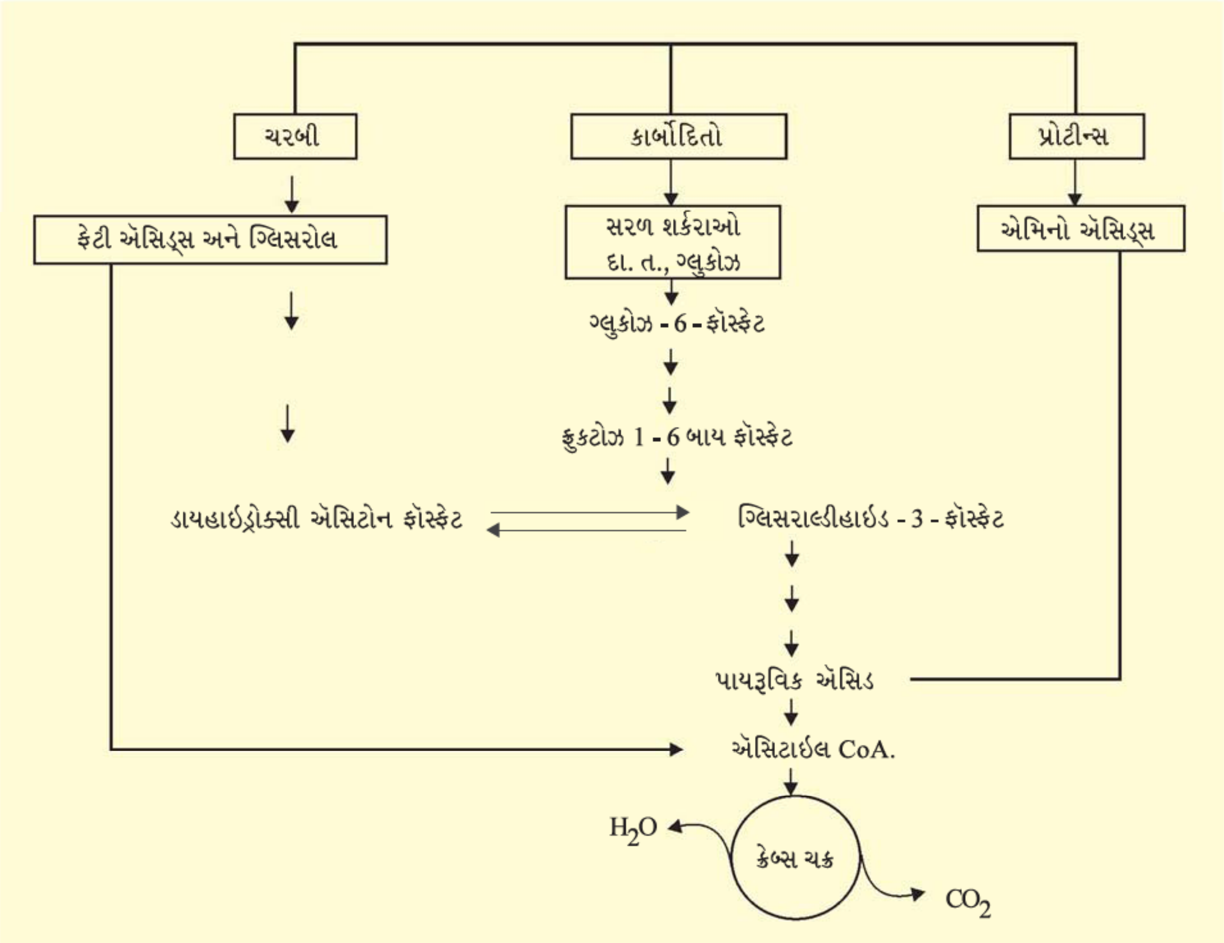
હવે આપણે આથવણ અને જારક શ્વસનની તુલના કરીએ.

- આથવણમાં ગ્લુકોઝનું આંશિક વિઘટન થાય છે જો કે જારક શ્વસનમાં પૂર્ણ વિઘટન થાય છે અને CO_2 તેમજ H_2O નિર્માણ પામે છે.
- આથવણમાં ગ્લુકોઝના અણુમાંથી પાયરૂવિક ઍસિડના નિર્માણ દરમિયાન ATPના બે વાસ્તવિક અણુની પ્રાપ્તિ થાય છે; જ્યારે જારક શ્વસનમાં ખૂબ વધારે ATPના અણુઓ નિર્માણ પામે છે.
- આથવણમાં NADHનું NAD^+માં ઑક્સિડાઇઝ થવું તે મંદ પ્રક્રિયા છે, જ્યારે જારક શ્વસનમાં આ પ્રક્રિયા તીવ્ર ગતિથી થાય છે.

14.6 ઉભયચયાપચયિક પરિપથ (Amphibolic Pathway)

શ્વસન માટે અનુકૂળ પ્રક્રિયક ગ્લુકોઝ છે. શ્વસનમાં બધા કાર્બોદિતનો ઉપયોગ થતાં પહેલાં તેઓ ગ્લુકોઝમાં પરિવર્તિત થાય છે, જેમ કે અગાઉ દર્શાવેલ છે કે બીજા પ્રક્રિયકો પણ શ્વસનમાં ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. પરંતુ તેઓ શ્વસનના પહેલાં તબક્કામાં ઉપયોગમાં લેવાતાં નથી. આકૃતિ 14.6 જુઓ કે જેમાં વિવિધ પ્રક્રિયકો શ્વસન પરિપથમાં કેવી રીતે પ્રવેશે છે. ચરબી સૌથી પહેલાં ગ્લિસરોલ અને ફેટી ઍસિડમાં વિઘટન પામે છે. જો ફેટી ઍસિડ શ્વસનમાં ઉપયોગમાં લેવાય તો તે પહેલાં ઍસિટાઇલ CoA બનાવીને પરિપથમાં પ્રવેશ કરે છે. ગ્લિસરોલ પહેલાં PGALમાં પરિવર્તિત થઈ શ્વસન પરિપથમાં પ્રવેશ કરે છે. પ્રોટીન, પ્રોટીએઝ ઉત્સેચક દ્વારા વિઘટન પામીને એમિનો ઍસિડ બનાવે છે. પ્રત્યેક એમિનો ઍસિડ (ડિએમિનીફીકેશન થયા પછી) પોતાની સંરચનાને આધારે ક્રેબ્સ ચક્રમાં અથવા પાયરૂવેટ અથવા ઍસિટાઇલ CoAના વિવિધ તબક્કાઓમાં પ્રવેશ કરે છે.

શ્વસન દરમિયાન પ્રક્રિયકનું વિઘટન થવાને કારણે શ્વસન ક્રિયામાં પરંપરાગત અપચય પ્રક્રિયા કહે છે અને શ્વસન પરિપથ શ્વસનીય અપચય પરિપથ છે. પરંતુ શું આ સમજ સારી છે ? ઉપર વર્ણવેલ છે કે વિવિધ પ્રક્રિયકો ઊર્જાના હેતુ માટે શ્વસન પરિપથમાં કેવી રીતે પ્રવેશ કરે છે. આ જાણવું મહત્ત્વપૂર્ણ છે કે આ સંયોજન ઉપરોક્ત પ્રક્રિયકનું નિર્માણ કરવા માટે શ્વસનીય પરિપથથી વિખૂટા પડે છે. આમ, શ્વસનીય પરિપથમાં ઉપયોગમાં આવતા પહેલાં ફેટી ઍસિડ પ્રક્રિયક તરીકે પ્રવેશી ઍસિટાઈલ CoAમાં વિઘટન પામે છે. જ્યારે સજીવને ફેટી ઍસિડનું સંશ્લેષણ કરવાની જરૂર પડે છે ત્યારે થાય છે; શ્વસન પરિપથમાંથી ઍસિટાઈલ CoA દૂર થઈ જાય છે. જેથી ફેટી ઍસિડનું સંશ્લેષણ અને વિઘટન બંનેમાં શ્વસન પરિપથનો ઉપયોગ થાય છે. આ પ્રકારે પ્રોટીનનું સંશ્લેષણ તેમજ વિઘટન માટે શ્વસન પથ મધ્યસ્થી બને છે. આ રીતે વિઘટનની પ્રક્રિયા ઓછી થાય છે. સજીવોમાં થતી વિઘટનની પ્રક્રિયાઓ અપચય કહેવાય છે અને સંશ્લેષણની પ્રક્રિયાઓ ચય કહેવાય છે. આમ શ્વસન પરિપથ ચય અને અપચય બંને પ્રકારની પ્રક્રિયાને સમાવે છે. તેથી તેને **એમ્ફિબોલિક પરિપથ (ઉભયચયાપચયિક પરિપથ)** કહેવું વધુ યોગ્ય છે, નહીં કે અપચય પરિપથ કહેવું.



આકૃતિ 14.6 : શ્વસન મધ્યસ્થતા દરમિયાન વિવિધ કાર્બનિક અણુઓનું CO_2 અને H_2Oમાં વિઘટનને દર્શાવતો ચયાપચય પરિપથક્રમનો આંતરસંબંધ દર્શાવતો ચાર્ટ

14.7 શ્વસનાંક (Respiratory Quotient)

હવે શ્વસનની બીજી બાબતને જોઈએ. જેમ કે તમે જાણો છો કે જારક શ્વસન દરમિયાન ઑક્સિજનનો ઉપયોગ થાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ મુક્ત થાય છે. શ્વસન દરમિયાન મુક્ત થતો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ઉપયોગમાં લેવાતા ઑક્સિજનના ગુણોત્તરને **શ્વસનાંક (RQ)** કહે છે.

$$\text{શ્વસનાંક RQ} = \frac{\text{મુક્ત થતા } CO_2\text{નું કદ}}{\text{ઉપયોગમાં લેવાતા } O_2\text{નું કદ}}$$

શ્વસનાંક, શ્વસન દરમિયાન ઉપયોગમાં લેવાયેલ શ્વાસ્ય પદાર્થ પર નિર્ભર કરે છે.

જો કાર્બોદિત પ્રક્રિયકના રૂપમાં હોય તો પૂર્ણ ઑક્સિડેશન થાય છે જેથી શ્વસનાંક 1 થાય છે; મુક્ત થતા CO_2 અને ઉપયોગમાં લેવાતા O_2ની માત્રા સમાન હોય છે. જે સમીકરણથી સ્પષ્ટ થાય છે –

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{ઊર્જા}$$

$$\text{શ્વસનાંક (RQ)} = \frac{6CO_2}{6O_2} = 1.0$$

જ્યારે ચરબી શ્વસનમાં ઉપયોગમાં લેવાય તો તેનો શ્વસનાંક 1.00થી ઓછો હોય છે. ફેટી ઍસિડ ટ્રાયપામિટીનના રૂપમાં ઉપયોગમાં લેવાય છે ત્યારે તેમની ગણતરી આ મુજબ થશે.

$$\underset{\text{ટ્રાયપામિટીન}}{2(C_{51}H_{98}O_6)} + 145O_2 \longrightarrow 102CO_2 + 98H_2O + \text{ઊર્જા}$$

$$\text{શ્વસનાંક (RQ)} = \frac{102CO_2}{145O_2} = 0.7$$

જ્યારે પ્રોટીન શ્વાસ્થ પદાર્થના રૂપમાં ઉપયોગમાં લેવાય ત્યારે તેનો શ્વસનાંકનો ગુણોત્તર લગભગ 0.9 થાય છે.

અહીંયાં, આ જાણવું અતિ મહત્ત્વપૂર્ણ છે કે સજીવોમાં શ્વાસ્થ પદાર્થ મોટે ભાગે એક કરતાં વધારે હોય છે; પરંતુ શુદ્ધ પ્રોટીન તેમજ ચરબી શ્વાસ્ય પદાર્થ તરીકે ક્યારેય ઉપયોગમાં આવતા નથી.

સારાંશ

પ્રાણીઓની જેમ વનસ્પતિઓમાં શ્વસન કે વાતવિનિમયના માટે કોઈ વિશિષ્ટ તંત્ર હોતું નથી. રંધ્ર કે વાતછિદ્રો દ્વારા પ્રસરણની ક્રિયાથી વાયુઓની આપ-લે થાય છે. વનસ્પતિઓમાં લગભગ બધા જીવંત કોષો હવા કે વાયુના સંપર્કમાં હોય છે.

જટિલ કાર્બનિક અણુઓનું ઑક્સિડેશન દ્વારા C–C બંધ તૂટે છે. તે ઉપરાંત કોષમાં ઊર્જાની વધુ માત્રા મુક્ત થાય છે. તેને કોષીય શ્વસન કહે છે. શ્વસન માટે ગ્લુકોઝ સૌથી વધુ ઉપયોગી શ્વાસ્થ પદાર્થ છે. ચરબી તેમજ પ્રોટીનનું વિઘટન થયા બાદ ઊર્જા મુક્ત થાય છે. કોષીય શ્વસનની પ્રારંભિક પ્રક્રિયા કોષરસમાં થાય છે. પ્રત્યેક ગ્લુકોઝના અણુ ઉત્સેચક ઉત્તેજીત કરીને શૃંખલા મય પ્રક્રિયાઓ દ્વારા પાયરૂવિક ઍસિડના 2 અણુઓમાં વિઘટન થાય છે. આ પ્રક્રિયાને ગ્લાયકોલીસીસ કહે છે. પાયરૂવેટનું ભવિષ્ય O_2ની હાજરી અને સજીવ પર નિર્ભર હોય છે. અજારક પરિસ્થિતિઓમાં આથવણ દ્વારા લેક્ટિક ઍસિડ કે આલ્કોહોલ બને છે. આથવણ ઘણા બધા પ્રોકેરિયોટિક, એક કોષીય યુકેરિયોટિક તેમજ અંકુરિત બીજમાં અજારક પરિસ્થિતિઓમાં થાય છે. યુકેરિયોટ સજીવોમાં O_2ની હાજરીમાં જારક શ્વસન થાય છે. પાયરૂવિક ઍસિડનું કણાભસૂત્રોમાં વહન થયા પછી ઍસિટાઇલ CoAમાં રૂપાંતરણ થાય છે, તેની સાથે CO_2 મુક્ત કરે છે. ત્યારબાદ ઍસિટાઇલ CoA, TCA પરિપથ અથવા ક્રેબ્સ ચક્રમાં પ્રવેશ કરે છે. જે કણાભસૂત્રના આધારકમાં થાય છે. ક્રેબ્સ ચક્રમાં $NADH + H^+$ અને $FADH_2$ બને છે. આ અણુઓ તેમજ $NADH + H^+$ જે ગ્લાયકોલીસીસ દરમિયાન બને છે. તેની ઊર્જાનો ઉપયોગ ATPના સંશ્લેષણમાં થાય છે. આ પ્રક્રિયા કણાભસૂત્રના અંતઃ પટલમાં આવેલા ઇલેક્ટ્રૉન વાહકોના તંત્ર દ્વારા થાય છે. જેને ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર કહે છે, અને આ પ્રક્રિયા ઑક્સિડેટિવ ફૉસ્ફોરાયલેશન કહે છે, આ પ્રક્રિયાને અંતે અંતિમ ઇલેક્ટ્રૉન ગ્રાહી O_2 હોય છે, જે પાણીનું રિડક્શન દર્શાવે છે.

શ્વસન પરિપથમાં ચય અથવા અપચય બંને ક્રિયાઓ ભાગ લે છે. જેથી તેને ઉભયધર્મી પરિપથ કહે છે. શ્વસનાંક શ્વસન દરમિયાન શ્વાસ્થ પદાર્થો પર નિર્ભર કરે છે.

સ્વાધ્યાય

1. તફાવત આપો :

   (a) શ્વસન અને દહન

   (b) ગ્લયકોલીસીસ અને ક્રેબ્સ ચક્ર

   (c) જારક શ્વસન અને આથવણ

2. શ્વાસ્થ પદાર્થ શું છે ? સૌથી સામાન્ય શ્વાસ્ય પદાર્થનું નામ આપો.

3. ગ્લાયકોલીસીસનો ચાર્ટ આપો.

4. જારક શ્વસનના મુખ્ય તબક્કા કયા કયા છે ? તે ક્યાં થાય છે ?

5. ક્રેબ્સ ચક્રનો સંપૂર્ણ ચાર્ટ દર્શાવો.

6. ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્રનું વર્ણન કરો.

7. તફાવત આપો / ભેદ આપો :

   (a) જારક શ્વસન અને અજારક શ્વસન

   (b) ગ્લાયકોલીસીસ અને આથવણ

   (c) ગ્લાયકોલીસીસ અને સાઇટ્રિક ઍસિડ ચક્ર

8. શુદ્ધ ATPના અણુઓની પ્રાપ્તિની ગણતરી દરમિયાન તમે શું કલ્પનાઓ કરો છો ?

9. ‘શ્વસન પરિપથ એક ઉભયધર્મી પરિપથ છે.’ તેની ચર્ચા કરો.

10. શ્વસનાંકની વ્યાખ્યા આપો. ચરબી માટેનું તેનું મૂલ્ય શું છે ?

11. ઑક્સિડેટિવ ફૉસ્ફોરાયલેશન શું છે ?

12. શ્વસનમાં પ્રત્યેક તબક્કાવાર મુક્ત ઊર્જાનું મહત્ત્વ શું છે ?

પ્રકરણ 15

વનસ્પતિ વૃદ્ધિ અને વિકાસ (Plant Growth and Development)

15.1 વૃદ્ધિ

15.2 વિભેદન, નિર્વિભેદન અને પુર્નવિભેદન

15.3 વિકાસ

15.4 વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકો

15.5 પ્રકાશાવધિકાળ

15.6 વાસંતીકરણ

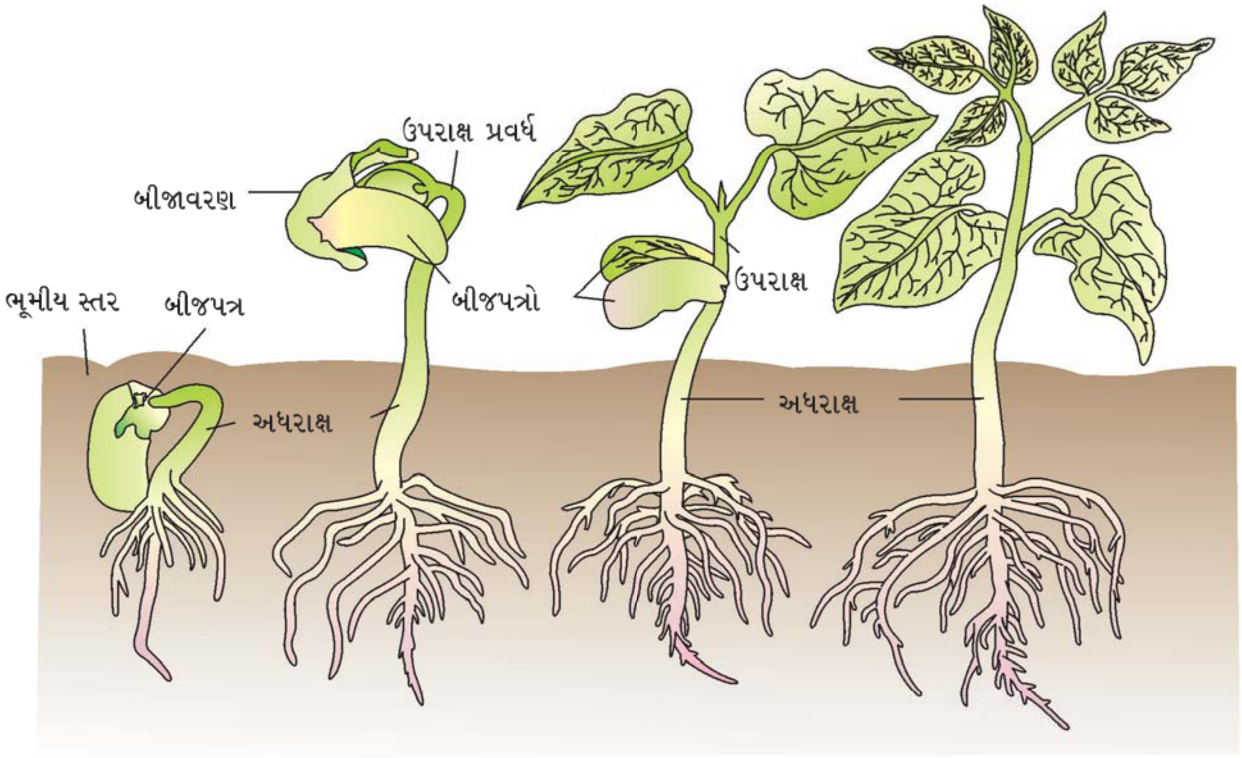
15.7 બીજ સુષુપ્તતા

તમે અગાઉના પ્રકરણ 5માં સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં આયોજનનો અભ્યાસ કર્યો છે. શું તમે કદી વિચાર્યું છે કે મૂળ, પ્રકાંડ, પર્ણો, પુષ્પ, ફળ અને બીજ જેવી સંરચનાઓ ક્યાં અને કેવી રીતે ઉદ્ભવે છે ? અને તે પણ ક્રમબદ્ધ રીતે કઈ રીતે ઉદ્ભવે છે ? હવે, તમે બીજ, અંકુરિત બીજ, રોપાઓ (છોડ) અને પરિપક્વ વનસ્પતિઓ જેવા શબ્દોથી પરિચિત થઈ ગયા છો. તમે એ પણ જોયું કે બધા વૃક્ષ સમયાંતરે ઊંચાઈ તેમજ જાડાઈ (ઘેરાવા)માં સતત વૃદ્ધિ પામે છે. જો કે એક જ વનસ્પતિ પર રહેલા પર્ણો, પુષ્પો અને ફળ એક સરખી મર્યાદિત અવધિ ધરાવતા નથી પરંતુ તેઓ પણ સમયાંતરે ઊગે છે અને ખરી પડે છે. અને આ ક્રમ પુનરાવર્તિત થાય છે. તો પુષ્પસર્જનની ક્રિયા પહેલા વાનસ્પતિક તબક્કો કેમ દર્શાવાય છે ? વનસ્પતિઓના બધા અંગો વિવિધ પ્રકારની પેશીઓથી બન્યા છે. શું કોષ, પેશી કે અંગોની સંરચના અને તેઓ દ્વારા રજૂ થતાં કાર્યોની વચ્ચે કોઈ સંબંધ છે ? શું તેમની રચના અને કાર્યો બદલી શકાય છે ? વનસ્પતિના બધા કોષો યુગ્મનજ કે ફલિતાંડમાંથી સર્જાય છે. ત્યારે પ્રશ્ન એ થાય છે કે શા માટે અને કેવી રીતે તેઓમાં ભિન્ન-ભિન્ન સંરચનાત્મક તેમજ ક્રિયાત્મક વિશેષતાઓ હોય છે ? વિકાસ બે ક્રિયાઓનો સમન્વય છે; વૃદ્ધિ અને વિભેદન. શરૂઆતમાં તે જાણવું આવશ્યક છે કે એક પરિપક્વ વૃક્ષનો વિકાસ એક યુગ્મનજ (એક ફલિત અંડકોષ)થી શરૂ થઈને એક સુનિશ્ચિત તેમજ ઉચ્ચ ક્રમબદ્ધ અનુકૂલિત ઘટનાને અનુસરે છે. આ પ્રક્રિયા, દરમિયાન એક જટિલ શરીર સંરચનાનું નિર્માણ થાય છે, જે મૂળ, પર્ણો, શાખાઓ, પુષ્પો, ફળ તેમજ બીજ ઉત્પન્ન કરે છે અને છેવટે તે મૃત્યુ પામે છે. (આકૃતિ 15.1).

બીજાંકુરણ (Seed Germination)

વનસ્પતિ વૃદ્ધિની ક્રિયાનો પ્રથમ તબક્કો બીજાંકુરણ છે. જ્યારે પર્યાવરણમાં વૃદ્ધિ માટે સાનુકૂળ પરિસ્થિતિ હોય ત્યારે બીજાંકુરણ થાય છે. આવી સાનુકૂળ પરિસ્થિતિઓની ગેરહાજરીમાં બીજાંકુરણ થતું નથી અને તેઓ વૃદ્ધિની ક્રિયાને અમુક સમય સુધી અટકાવે છે, અથવા વિશ્રામ કરે છે. એકવાર સાનુકૂળ પરિસ્થિતિઓ પુનઃ પ્રાપ્ત થાય, ત્યારે બીજ પુનઃ ચયાપચયિક પ્રવૃત્તિઓ દર્શાવે છે અને વૃદ્ધિ પામે છે.

આ પ્રકરણમાં, તમે કેટલાક એવા પરિબળો વિશે અભ્યાસ કરશો કે જેઓ વિકાસની ક્રિયાને સંચાલિત તેમજ નિયંત્રિત કરે છે. આ પરિબળો વનસ્પતિ માટે અંતઃ (આંતરિક) તેમજ બાહ્ય (બહારના) હોય છે.



આકૃતિ 15.1 : વાલના બીજનું અંકુરણ તેમજ બીજાંકુરણ વિકાસ

15.1 વૃદ્ધિ (Growth)

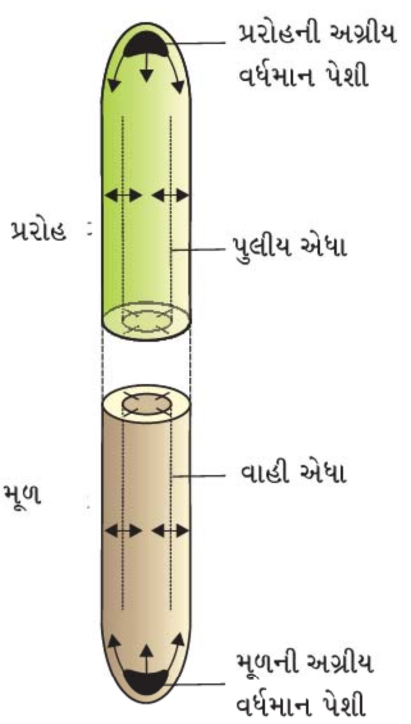
વૃદ્ધિ સજીવની સૌથી મહત્ત્વની આધારભૂત તેમજ સ્પષ્ટ રીતે દેખાતી લાક્ષણિકતા ગણવામાં આવે છે. વૃદ્ધિ શું છે ? વૃદ્ધિને એક અંગ કે તેના કોઈ ભાગ કે સ્વતંત્ર કોષના કદમાં થતા અપરિવર્તનીય (સ્થાયી) વધારા સ્વરૂપે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે. સામાન્યતઃ વૃદ્ધિ ચયાપચયની ક્રિયાઓ સાથે સંકળાયેલ છે. (ચય અને અપચય બંને) જે ઊર્જાના વ્યય પર આધારિત હોય છે. એટલા માટે એક ઉદાહરણ તરીકે પર્ણનું વિસ્તરણ એ વૃદ્ધિ હોય છે. તેમ લાકડાના ટુકડાને જ્યારે પાણીમાં નાંખો છો તો તે કેમ ફૂલે છે ? તેનું વર્ણન કેવી રીતે કરશો ?

15.1.1 વનસ્પતિ વૃદ્ધિ સામાન્ય રીતે અપરિમિત છે (Plant Growth Generally is Indeterminate)

વનસ્પતિ વૃદ્ધિ એક અનોખી રીતે થાય છે; કારણ કે વનસ્પતિઓ તેમના જીવનમાં જીવનભર અમર્યાદિત વૃદ્ધિની ક્ષમતા પ્રાપ્ત કરે છે. આ ક્ષમતાનું કારણ એ છે કે વનસ્પતિના દેહમાં કેટલાક વિશિષ્ટ સ્થાનો પર વર્ધમાન પેશી આવેલી હોય છે. આવી વર્ધમાન પેશીના કોષો વિભાજન તેમજ સ્વયંજનન પામવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. જો કે આ કોષો ઝડપથી વિભાજનની ક્ષમતા ગુમાવી દે છે અને વનસ્પતિ દેહની રચના કરે છે. આ રીતે વૃદ્ધિ જ્યાં વર્ધનશીલ પેશીની ક્રિયાશીલતાથી વનસ્પતિના દેહમાં હંમેશાં નવા કોષોને ઉમેરાય છે. તેને વૃદ્ધિનું નિરંતર (open form of growth) સ્વરૂપ કહી શકાય. જ્યારે વર્ધમાન પેશી પોતાની વિભાજન ક્ષમતા ગુમાવે ત્યારે શું થશે ? શું આવી રીતે ક્યારે થાય છે ?

આપણે પ્રકરણ 6માં મૂળની અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશી અને પ્રરોહની અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશી ઓનો અભ્યાસ

કર્યો છે. તમે જાણો છો કે તેઓ (અગ્રીય, વર્ધનશીલ પેશીઓ) આ વનસ્પતિની પ્રાથમિક વૃદ્ધિ માટે જવાબદાર હોય છે અને મુખ્યત્વે તેઓ વનસ્પતિઓને તેમની અક્ષની આયામ વૃદ્ધિમાં સહભાગી બને છે. તમે એ પણ જાણતા હશો કે દ્વિદળી અને અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં પાર્શ્વીય વર્ધનશીલ, પુલીય એધા (વાહિએધા) અને ત્વક્ષૈધા તેમના જીવનમાં પછી ઉદ્ભવ પામે છે. આ વર્ધમાન પેશીઓ જ્યાં ક્રિયાશીલ હોય છે ત્યાં અંગોની જાડાઈમાં વધારો કરે છે. આને વનસ્પતિની દ્વિતીય વૃદ્ધિના નામથી ઓળખવામાં આવે છે. (આકૃતિ 15.2 જુઓ)



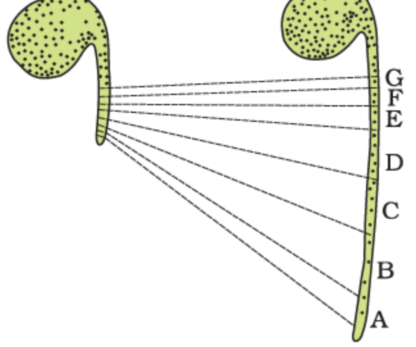
આકૃતિ 15.2 : મૂળની અગ્રસ્થ વર્ધમાન પેશી, પ્રરોહની અગ્રસ્થ વર્ધમાન પેશી અને પુલીય વાહિ એધાના સ્થાનનું રેખાંકિત નિરૂપણ. તીર કોષ અને અંગની વૃદ્ધિની દિશાને દર્શાવે છે.

15.1.2 વૃદ્ધિનું માપન (Growth is Measurable)

કોષીય સ્તરે વૃદ્ધિ, સૈદ્ધાંતિક રીતે કોષરસની માત્રામાં થતા વધારાનું પરિણામ છે. જો કે વૃદ્ધિનું સીધું માપન મુશ્કેલ છે. સામાન્ય રીતે તે જથ્થામાં થતા વધારા કે ઘટાડા આધારે મપાય છે. જેથી વૃદ્ધિને વિવિધ માપદંડો દ્વારા માપી શકાય છે. કેટલાક માપદંડો જેવા કે સામાન્ય વજન (Fresh weight)માં થતો વધારો, શુષ્ક વજન, ક્ષેત્રફળ, કદ અને કોષોની સંખ્યા વગેરે. તમને એ જાણીને અચંબો થશે કે મકાઈના મૂળાગ્રની વર્ધમાન પેશીમાંનો એક કોષ પ્રત્યેક કલાકે 17,500 કે તેના કરતાં વધારે નવા કોષો ઉમેરાય છે. જ્યારે તડબૂચમાં કોષો પોતાના કદમાં 3,50,000 ગણો વધારો કરી શકે છે. પહેલું ઉદાહરણ કોષોની સંખ્યામાં થતી વૃદ્ધિને પ્રસ્તુત કરે છે. જ્યારે તેના પછીનું ઉદાહરણ કોષોના કદમાં વૃદ્ધિ વ્યક્ત કરે છે. જ્યારે પરાગનલિકાની વૃદ્ધિને તેની લંબાઈને અનુલક્ષીને માપી શકાય છે. પૃષ્ઠવક્ષીય પર્ણોમાં તેની સપાટીના ક્ષેત્રફળમાં થતો વધારો પણ વૃદ્ધિ દર્શાવે છે.

15.1.3 વૃદ્ધિના તબક્કાઓ (Phases of Growth)

વૃદ્ધિના સમયગાળાને સામાન્ય રીતે ત્રણ તબક્કામાં વિભાજીત કરવામાં આવે છે. વર્ધમાન તબક્કો, વિસ્તરણ તબક્કો અને પરિપક્વન તબક્કો (આકૃતિ 15.3) આવો, આપણે તેને મૂળાગ્રની ટોચના ભાગને જોઈને સમજીએ. મૂળની ટોચે અને પ્રરોહની ટોચે એમ બંને ભાગોએ કોષો સતત વિભાજન પામતા રહે છે. જે વૃદ્ધિના વર્ધનશીલ તબક્કાને પ્રસ્તુત કરે છે. આ પ્રદેશોના કોષો જીવરસથી ભરપૂર હોય છે અને મોટું, સ્પષ્ટ જોઈ શકાય તેવું કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. તેઓની કોષદીવાલ પ્રાથમિક, પાતળી અને વધુ માત્રામાં સેલ્યુલોઝયુક્ત તેમજ ભરપૂર માત્રામાં કોષરસીયતંતુઓ જોડાણ ધરાવે છે. વર્ધમાન કે વિભાજન પ્રદેશનો

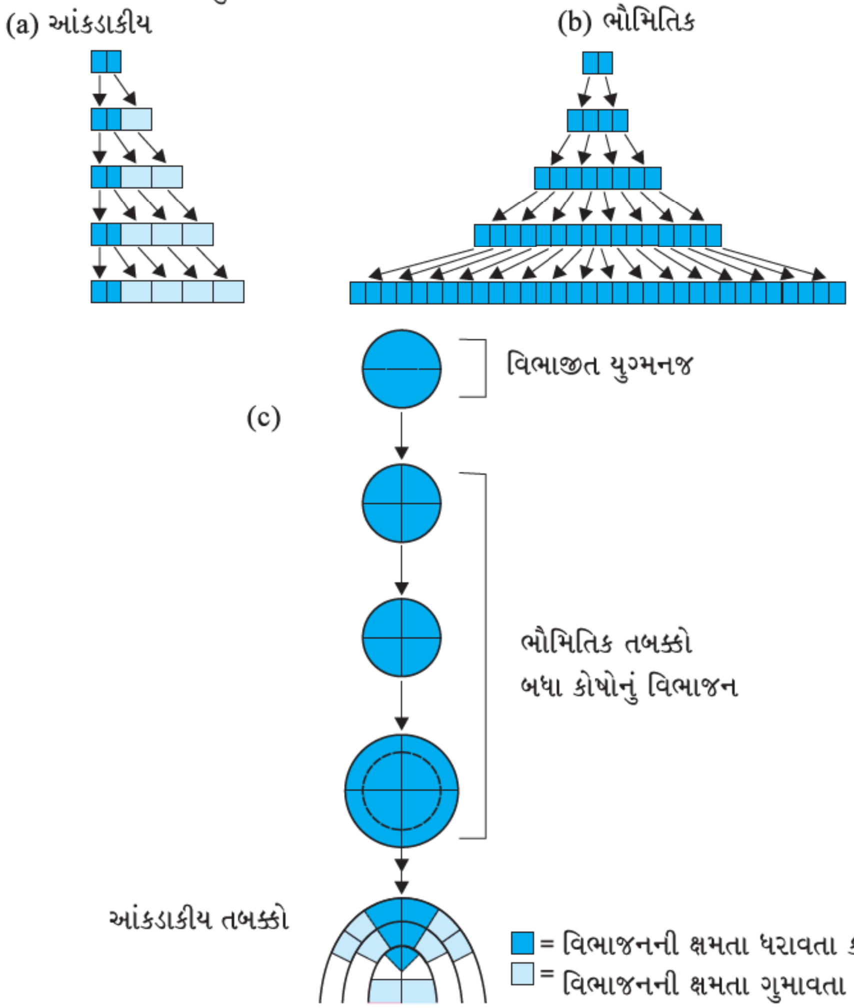


આકૃતિ 15.3 : વિસ્તરણ પ્રદેશોની ઓળખ સમાનાંતર રેખાઓની તક્નિક દ્વારા સમજાય છે. ક્ષેત્ર/પ્રદેશો A, B, C, D જે અગ્ર ભાગોની પછીના છે. તે સૌથી વધુ બધામાં વિસ્તરણ પામે છે.

નીકટવર્તી ભાગ (તરત જ પછી કે ટોચથી સહેજ દૂર) પછી વિસ્તરણ પ્રદેશ આવેલો છે, જેના કોષ વિસ્તરણ પ્રદેશનું પ્રતિનિધિત્વ કરે છે. આ તબક્કામાં કોષો મોટા કદની રસધાનીઓ ધરાવે છે, કોષનું વિસ્તરણ થવું અને નવી કોષદીવાલ બનવી વગેરે આ પ્રદેશની વિશિષ્ટતા છે. ફરીથી અગ્રસ્થ ભાગોથી દૂર કે વિસ્તરણ પ્રદેશની ખૂબ નજીક કે તેની બિલકુલ નીચે આવેલ પ્રદેશ જે પરિપક્વનનો તબક્કો દર્શાવે છે. આ પ્રદેશમાં આવેલા કોષો તેઓનું અંતિમ કદ પ્રાપ્ત કરે છે અને તેઓની કોષદીવાલ જાડી અને મહત્તમ જીવરસ ધરાવે છે. પ્રકરણ 6માં તમે મોટા ભાગની જે પેશીઓ કે કોષોના પ્રકારનો અભ્યાસ છે. જે આ તબક્કાઓને પ્રસ્તુત કરે છે.

15.1.4 વૃદ્ધિ દર (Growth Rates)

પ્રતિ એકમ સમયમાં થતાં વૃદ્ધિના વધારાને વૃદ્ધિ દર કહેવાય છે. આથી, વૃદ્ધિના દરને ગાણિતિક રીતે પણ પ્રસ્તુત કરી શકાય છે. જે (આકૃતિ 15.4)માં દર્શાવેલ છે. એક સજીવ કે સ્નાયુનો ભાગ વિવિધ રીતે વધુ પ્રમાણમાં કોષો ઉત્પન્ન કરી શકે છે.



આકૃતિ 15.4 : વૃદ્ધિનું રેખાંકિત નિરૂપણ પ્રસ્તુતિ : (a) આંકડાકીય વૃદ્ધિ (b) ભૌમિતિક વૃદ્ધિ અને (c) ભ્રૂણ વિકાસ દરમિયાન ભૌમિતિક અને આંકડાકીય તબક્કાઓ દર્શાવાતી વૃદ્ધિ

વૃદ્ધિ એ વૃદ્ધિમાં થતો વધારો છે. જે આંકડાકીય કે ભૌમિતિક હોઈ શકે છે.

આંકડાકીય વૃદ્ધિમાં સમસૂત્રીભાજન કે સમવિભાજનને અનુસરી માત્ર એક બાળકોષ સતત વિભાજન પામે છે. તો જ્યારે બીજાં કોષો વિભેદન તેમજ પરિપક્વ પામે છે. આંકડાકીય વૃદ્ધિની સરળ અભિવ્યક્તિને આપણે ઉદાહરણ તરીકે સતત દરે વિસ્તરણ પામતા મૂળમાં જોઈ શકીએ છીએ. આકૃતિ 15.5ને જુઓ, જેમાં અંગની લંબાઈ અને સમય વિરુદ્ધનો આલેખ દર્શાવેલો છે. જેના પરિણામ સ્વરૂપે રેખીય વક્ર મળે છે. આને આપણે ગાણિતિક રીતે આ રીતે રજૂ કરી શકીએ છીએ -

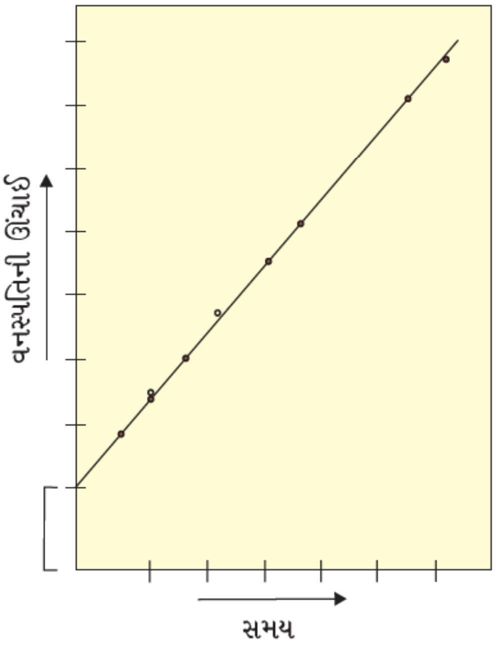
$L_t = L_o + rt$

L_t = t સમયે લંબાઈ

L_o = શૂન્ય સમયે (કે શરૂઆતમાં) લંબાઈ

r = વૃદ્ધિ દર/વિસ્તરણ, પ્રતિ એકમ સમયમાં

t = સમય



આકૃતિ 15.5 : અચળ રેખીય વૃદ્ધિ, લંબાઈ → સમયનો આલેખ

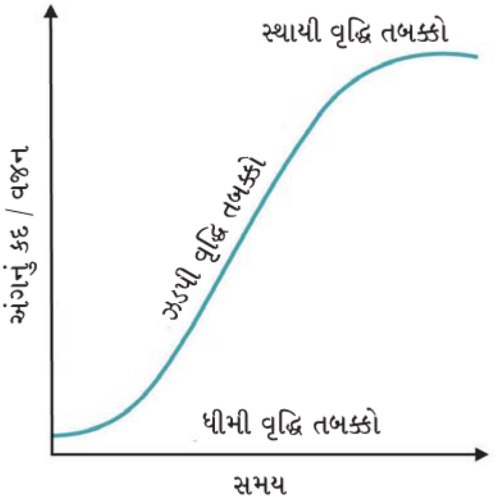
આવો, હવે ભૌમિતિક વૃદ્ધિમાં શું થાય છે તે જોઈએ. મોટા ભાગના તંત્રોમાં પ્રારંભિક વૃદ્ધિ ધીમી (Lag Phase) હોય છે અને તેના પછી વૃદ્ધિ દરમાં ઝડપથી વધારો થાય છે. (Log or exponential phase) અહીંયા બંને સંતતિ કોષો સમવિભાજકો અનુસરે છે, સતત વિભાજન પામે છે. વિભાજન પામવાની ક્ષમતા જાળવે છે અને જો કે સીમિત પોષણની પ્રાપ્યતાને કારણે વૃદ્ધિ ધીમી પડે છે અને સ્થાયી તબક્કા (Stationary Phase) તરફ આગળ વધે છે. જો આપણે સમય વિરુદ્ધ વૃદ્ધિના માપદંડનો આલેખ દોરીએ તો આપણને એક વિશિષ્ટ સિગ્મોઇડ કે S-વક્ર આલેખ મળે છે. (આકૃતિ 15.6). આ S-વક્ર પ્રાકૃતિક પર્યાવરણમાં વિકાસ પામતા બધા સજીવોની લાક્ષણિકતા છે. આ દરેક વનસ્પતિના કોષો, પેશીઓ અને અંગો માટે આદર્શરૂપ છે. શું તમે આવા અન્ય વધારે ઉદાહરણો વિચારી શકો છો ? ઋતુકીય પ્રવૃત્તિ દર્શાવતા એક વૃક્ષમાં તમે કેવા પ્રકારના વક્રની અપેક્ષા કરી શકો છો ? ઝડપી વૃદ્ધિને આ પ્રકારે રજૂ કરી શકાય છે :

$W_1 = W_o e^{rt}$

W_1 = અંતિમ કદ (વજન, ઊંચાઈ, સંખ્યા વગેરે)

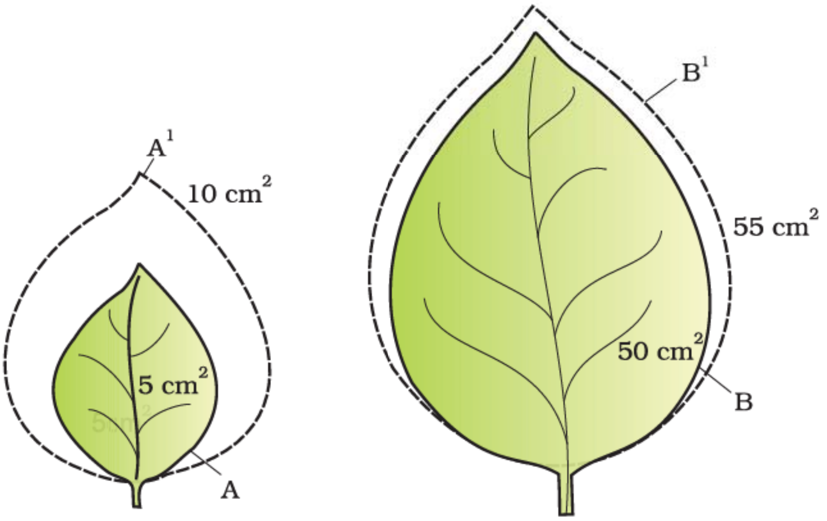
W_o = પ્રારંભિક કદ (શરૂઆતના સમયે)

r = વૃદ્ધિ દર, t = વૃદ્ધિ સમય, e = પ્રાકૃતિક લઘુગુણકનો આધાર.



આકૃતિ 15.6 : સંવર્ધન માધ્યમમાં કોષો અને ઘણી ઉચ્ચ વનસ્પતિઓ તેમજ વનસ્પતિના અંગોનો આદર્શ વૃદ્ધિ વક્ર (S-આકાર-સિગ્મોઇડ)

અહીંયા r = એક સાપેક્ષ વૃદ્ધિ દર છે વનસ્પતિની ક્ષમતાનું માપન પણ છે કે જેના દ્વારા નવા વનસ્પતિ દ્રવ્યો ઉત્પન્ન થાય અને જેને એક કાર્યક્ષમતાના સૂચક આંકના સ્વરૂપે ઉલ્લેખી શકાય છે. આમ, W_1નું અંતિમ કદ, W_oના પ્રારંભિક કદ પર આધારિત છે.



આકૃતિ 15.7 : નિરપેક્ષ અને સાપેક્ષ વૃદ્ધિ દરનું સાંકેતિક નિરૂપણ. બંને પર્ણો A અને B આપેલા સમયમાં પોતાના ક્ષેત્રફળમાં $5\ cm^2$ જેટલો વધારો કરતાં A^1 અને B^1 પર્ણો ઉત્પન્ન કરે છે..

જૈવિક તંત્રોની વૃદ્ધિ વચ્ચે માત્રાત્મક તુલના બે રીતોથી કરી શકાય છે. (1) પ્રતિ એકમ સમયની કુલ વૃદ્ધિની તુલનાને નિરપેક્ષ વૃદ્ધિ દર કહે છે. (2) આપેલ તંત્રની પ્રતિ એકમ સમયે થતી વૃદ્ધિ સામાન્ય આધાર દ્વારા અભિવ્યક્ત કરવામાં આવતી વૃદ્ધિ છે. ઉદાહરણ તરીકે – પ્રતિ એકમે પ્રારંભિક માપદંડને સાપેક્ષ વૃદ્ધિ દર કહે છે. જુઓ આકૃતિ 15.7 જ્યાં A અને B વિવિધ કદના બે પર્ણો દોરેલા છે. જે આપેલ સમયે તેમના વિસ્તારની નિરપેક્ષ વૃદ્ધિ થકી A^1 અને B^1 પર્ણો આપે છે. પરંતુ તેમાંથી એકનો સાપેક્ષ વૃદ્ધિ દર વધારે છે, અને કેમ વધારે છે ?

15.1.5 વૃદ્ધિ માટેની પરિસ્થિતિઓ (Conditions for Growth)

તમે શા માટે એ લખવાનો પ્રયત્ન નથી કરતાં કે વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ માટે જરૂરી પરિસ્થિતિઓ વિશે તમે શું વિચારો છો ? આ સૂચિમાં પાણી, ઑક્સિજન અને પોષક તત્ત્વો વગેરે વૃદ્ધિ માટે અનિવાર્ય તત્ત્વો છે. વનસ્પતિઓના કોષો કોષ વિસ્તરણ દ્વારા પોતાનાં કદમાં વધારો કરીને વૃદ્ધિ પામે છે કે જેના માટે પાણીની જરૂરિયાત હોય છે. કોષોની આશૂનતા પણ વૃદ્ધિના વધારામાં મદદ કરે છે. જેથી કોઈ વનસ્પતિની વૃદ્ધિ અને તે પછીનો વિકાસ તેમાં રહેલા પાણીની સ્થિતિ સાથે સંકળાયેલ છે. વૃદ્ધિ માટે આવશ્યક ઉત્સેચકોની ક્રિયાશીલતા માટે પાણી એક માધ્યમ પૂરું પાડે છે. ઑક્સિજન વૃદ્ધિ પ્રક્રિયાઓ માટે આવશ્યક ચયાપચયિક ઊર્જા મુક્ત કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. વનસ્પતિઓ દ્વારા પોષકદ્રવ્યો (ગુરુ તેમજ લઘુપોષક આવશ્યક તત્ત્વો)ની જરૂરિયાત જીવરસના સંશ્લેષણ અને ઊર્જાના સ્રોતના સ્વરૂપમાં કાર્ય કરવા માટે હોય છે.

વધુમાં, દરેક વનસ્પતિ-સજીવને તેની વૃદ્ધિ માટે ઈષ્ટમાન તાપમાનનો ગાળો આવશ્યક હોય છે. આ તાપમાને કોઈ પણ પ્રકારની વિસંગતતા તેમની ઉત્તરજીવિતતા માટે હાનિકારક બની શકે છે. આ સાથે પર્યાવરણીય સંકેતો જેવાં કે પ્રકાશ તેમજ ગુરુત્વાકર્ષણ પણ વૃદ્ધિની

કેટલીક અવસ્થાઓ કે તબક્કાઓને અસર પહોંચાડે છે.

15.2 વિભેદન, નિર્વિભેદન અને પુનઃવિભેદન (Differentiation, Dedifferentiation and Redifferentiation)

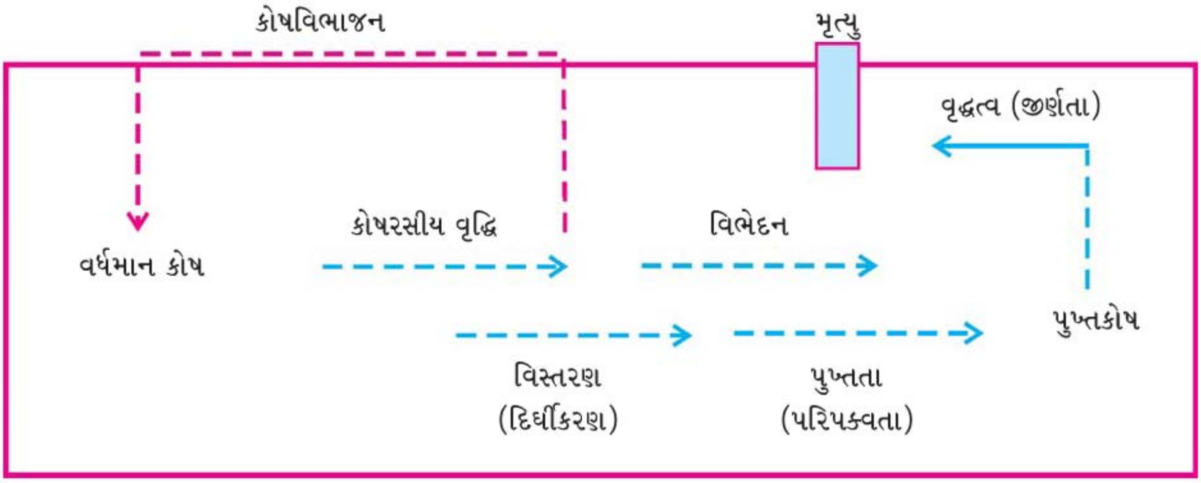
મૂળ અને પ્રકાંડની અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશી અને એધામાંથી ઉદ્ભવ પામેલા કોષો દ્વારા એધા વિભેદિત થાય છે અને વિશિષ્ટ કાર્યો રજૂ કરવા પરિપક્વ બને છે. પરિપક્વતા તરફ આગળ વધવાની કોષોની આ ક્રિયાવિધિને **વિભેદન** કહે છે. વિભેદન દરમિયાન કોષો, કોષદીવાલ તેમજ જીવરસ બંનેમાં કેટલાક વ્યાપક રચનાત્મક ફેરફારોમાંથી પસાર થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે જલવાહિનીના ઘટક સ્વરૂપે કોષો પોતાના જીવરસ ગુમાવે છે તેઓ પણ એક મજબૂત, સ્થિતિસ્થાપક લિગ્નોસેલ્યુલોઝની બનેલી દ્વિતીયક કોષદીવાલોનો વિકાસ કરે છે. જે લાંબા અંતર સુધી ઊંચા તણાવમાં પણ પાણીનું વહન કરવા માટે યોગ્ય હોય છે. તમે વનસ્પતિઓના દેહની વિવિધ અંતઃસ્થ રચનાકીય લાક્ષણિકતાઓ તેમજ તેઓ દ્વારા રજૂ થતાં સંબંધિત કાર્યો વિશે સંબંધ સ્થાપિત કરવાનો પ્રયત્ન કરો.

વનસ્પતિઓ બીજી એક રસપ્રદ ઘટના દર્શાવે છે. જીવંત વિભેદિત કોષો કે જેઓ કેટલીક પરિસ્થિતિઓમાં વિભાજનની ક્ષમતા ગુમાવે છે તે પુનઃ પ્રાપ્ત કરી શકે છે. આ ઘટનાને **નિર્વિભેદન** કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે વર્ધનશીલ પેશીઓ – જેવી કે, આંતરપુલીય એધા તેમજ ત્વક્ષૈધાનું ભ્રમણ પૂર્ણ રીતે વિભેદન પામેલા મૃદુત્તક કોષોમાંથી થાય છે. આ દરમિયાન કેટલીક વર્ધનશીલ પેશીઓ વિભાજનક્ષમ બની કોષો ઉત્પન્ન કરે છે કે જે ફરીથી એક વાર વિભાજનની ક્ષમતા ગુમાવે છે પરંતુ વિશિષ્ટ કાર્યો કરવા માટે પરિપક્વ બને છે એટલે કે **પુર્નવિભેદિત** થઈ જાય છે. કોઈ કાષ્ઠમય દ્વિદળી વનસ્પતિની કેટલીક પેશીઓની નોંધ તૈયાર કરો જે પુર્નવિભેદનની નીપજ હોય. તમે ગાંઠનું વર્ણન કેવી રીતે કરશો ? જે વનસ્પતિ પેશી સંવર્ધન દરમિયાન પ્રયોગશાળાની નિયંત્રિત પરિસ્થિતિમાં વિભાજન કરી શકે છે. તેને શું કહેશો ?

વિભાગ 15.1.1ને યાદ કરો; આપણે જાણ્યું છે કે વનસ્પતિઓમાં વૃદ્ધિ ઉન્નત કે સતત (open) હોય છે એટલે કે તે અપરિમિત કે પરિમિત હોઈ શકે. હવે, આપણે એમ કહી શકીએ કે વનસ્પતિઓમાં વિભેદન સતત હોય છે; કારણ કે એક જ વર્ધમાન પેશીથી નિર્માણ પામેલ પેશી કે કોષો પરિપક્વ બની ભિન્ન સંરચનાઓ ધરાવે છે. કોષો કે પેશીનું અંતિમ પરિપક્વ સ્વરૂપ A ક્યાં સ્થાન પામેલ છે તેનાં પરથી નક્કી થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે મૂળની અગ્રસ્થ વર્ધમાન પેશીથી દૂરસ્થ રહેલા કોષો મૂળટોપ કોષમાં વિભેદન પામે છે. જ્યારે તે પરિઘની તરફ ધકેલી દેવાય તો તેઓ અધિસ્તર સ્વરૂપે પરિપક્વ થાય છે. શું તમે સતત વિભેદનના અન્ય કેટલાક ઉદાહરણ ઉમેરવા માંગો છો કે જે કોષોની સ્થિતિ અને વનસ્પતિ અંગોમાં તેમના સ્થાન સંબંધિત હોય છે ?

15.3 વિકાસ (Development)

વિકાસ એટલે, જેમાં એક સજીવના જીવનચક્રમાં આવનારા બધા જ પરિવર્તનો સમાયેલ છે, જે બીજના અંકુરણથી લઈ વૃદ્ધાવસ્થા (જીર્ણતા)માં જોવા મળે છે. આકૃતિ 15.8માં ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિના કોષોમાં થતા વિકાસની ક્રમિક પ્રક્રિયાઓને રેખાંકન દ્વારા રજૂ કરેલ છે.

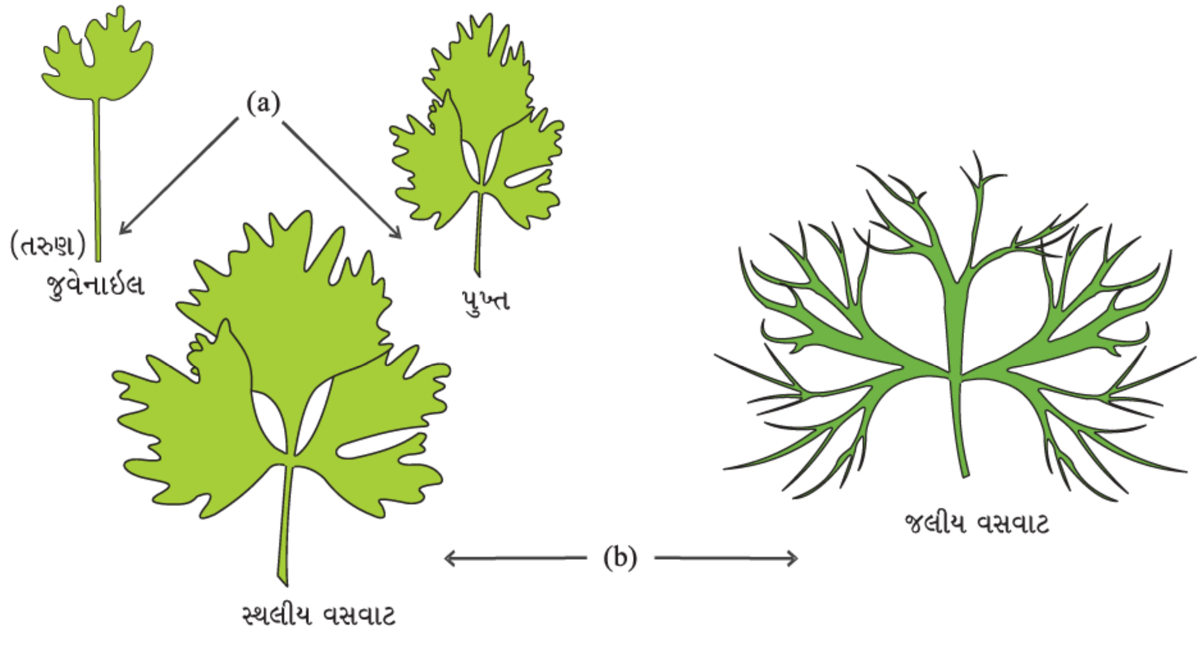


આકૃતિ 15.8 : એક વનસ્પતિ કોષનો વિકાસાત્મક પ્રક્રિયાનો અનુક્રમ

તે પેશીઓ કે અવયવોને પણ લાગુ પડે છે.

વનસ્પતિઓ પર્યાવરણ પ્રત્યેની પ્રતિક્રિયા આપવા વિવિધ પરિપથોને અનુસરે છે કે જીવનના વિવિધ તબક્કાઓમાં વિવિધ સ્તરની સંરચનાઓ બનાવે છે. આ ક્ષમતાને **પ્લાસ્ટિસિટી (સુઘટ્યતા)** કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે કપાસ, કોથમીર કે ધાણા તેમજ લાર્કસ્પર (larkspur)માં વિષમપર્ણતા. આવી વનસ્પતિઓમાં તરુણાવસ્થાના પર્ણો કરતાં પરિપક્વ અવસ્થામાં પર્ણોનો આકાર ભિન્ન હોય છે. બીજી બાજુ, બટરકપમાં સ્થળજ અને જલજ વસવાટમાં પર્ણના આકારની ભિન્નતા પર્યાવરણને કારણે થતું વિષમપર્ણીનું ઉદાહરણ છે. (આકૃતિ 15.9). વિષમપર્ણોની આ દશ્યમાન ઘટના પ્લાસ્ટિસિટી કે સુઘટ્યતાનું એક ઉદાહરણ છે.

આમ, વનસ્પતિના જીવનમાં વૃદ્ધિ, વિભેદન અને વિકાસ ખૂબ જ ગાઢ સંબંધ ધરાવતી ઘટનાઓ છે.



આકૃતિ 15.9 : વિષમપર્ણીતા (a) લાર્કસ્પર (b) બટરકપમાં વિષમપર્ણી

વ્યાપક રૂપે વિકાસને વૃદ્ધિ તેમજ વિભેદનના સરવાળા તરીકે માનવામાં આવે છે. વનસ્પતિઓમાં વિકાસ (વૃદ્ધિ તેમજ વિભેદન બંને) આંતરિક તેમજ બાહ્ય પરિબળોથી નિયંત્રિત હોય છે. આંતરિક પરિબળોમાં અંતઃકોષીય (જનીનિક) કે આંતરકોષીયકારકો (વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકો જેવા રસાયણો)નો સમાવેશ થાય છે; જ્યારે બાહ્ય પરિબળોમાં જેવાં કે પ્રકાશ, તાપમાન, પાણી, ઑક્સિજન અને પોષકદ્રવ્યોનો સમાવેશ થાય છે.

15.4 વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકો (Plant Growth Ragulators) (PGRs)

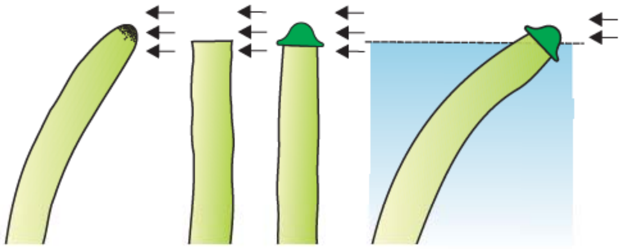
15.4.1 લાક્ષણિકતાઓ (Characteristics)

વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકો (PGRs) વિવિધ રાસાયણિક સંઘટકોવાળા સાદા તથા લઘુ અણુ હોય છે. તે ઈન્ડોલ સંયોજનો (ઇન્ડોલ-3-ઍસિટિક ઍસિડ = IAA); એડેનીનમાંથી વ્યુત્પન્ન પામેલ (N^6 - ફરફ્યુરાઇલ એમિનો પ્યુરિન, કાઇનેટીન), કેરોટીનોઇડ્સમાંથી વ્યુત્પન્ન થયેલ (એબ્સિસિક ઍસિડ = ABA); ટર્પેન્સ (જીબરેલિક ઍસિડ, GA_3) કે વાયુરૂપ (ઇથિલીન, C_2H_4) વગેરે હોઈ શકે છે. વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકોને વનસ્પતિ વૃદ્ધિ પદાર્થો, વનસ્પતિ અંતઃસ્રાવો કે ફાયટોહોર્મોન તરીકે વર્ણવવામાં આવે છે.

વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકો (PGRs)ને જીવંત વનસ્પતિ દેહમાં તેમના કાર્યોને આધારે બે સમૂહોમાં વહેંચી શકાય છે. PGRsનો એક સમૂહ વૃદ્ધિ પ્રેરક ક્રિયાવિધિ સાથે સંકળાયેલા હોય છે, જેમ કે કોષ વિભાજન, કોષ વિસ્તરણ, નિર્માણની રીત, આવર્તનીય વૃદ્ધિ, પુષ્પસર્જન, ફળ નિર્માણ અને બીજ નિર્માણ વગેરે. તેમને વનસ્પતિ વૃદ્ધિ પ્રેરકો પણ કહે છે. દા.ત., ઑક્ઝિન્સ, જીબરેલીન્સ અને સાયટોકાઇનીન્સ. બીજા સમૂહના વૃદ્ધિ નિયામકો (PGRs) એ ઘા રુઝાવાની ક્રિયા તથા જૈવિક કે અજૈવિક તાણ સામે પ્રતિક્રિયા આપવામાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. તેઓ વૃદ્ધિ અવરોધક ક્રિયાવિધિ સાથે પણ સંકળાયેલ છે. જેવી કે સુષુપ્તા અને પતન. એબ્સિસિક ઍસિડ (ABA)એ વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકના આ સમૂહમાં સમાયેલા છે. વાયુમય PGR, ઇથિલિન કોઈ પણ સમૂહની સાથે બંધ બેસે છે. પરંતુ તે વૃદ્ધિની પ્રક્રિયાને વ્યાપક રીતે અવરોધે છે એટલે કે વૃદ્ધિ અવરોધક છે.

15.4.2 વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકોનું સંશોધન (The Discovery of Plant Growth Regulators)

રસપ્રદ રીતે PGRsનાં પાંચ મુખ્ય સમૂહોમાંના પ્રત્યેકનું સંશોધન એક આકસ્મિક સંયોગ ધરાવે છે. આની શરૂઆત ચાર્લ્સ ડાર્વિન અને તેમના પુત્ર ફ્રાન્સીસ ડાર્વિનના અવલોકનથી થઈ છે જ્યારે તેઓએ નિરીક્ષણ કર્યું કે કેનેરી ઘાસ(Canary Grass)ના ભ્રૂણાગ્રચોલ (Colioptile) પ્રકાશના સ્રોત તરફના વિકાસની એકધારી પ્રતિક્રિયા દર્શાવે છે એટલે કે પ્રકાશ ઉદ્ગમની તરફ વૃદ્ધિ (પ્રકાશનું વર્તન) કરે છે. પ્રયોગોની શ્રેણીબદ્ધ ક્રિયાઓ દર્શાવ્યા પછી, એ નિર્ણય આવ્યો કે ભ્રૂણાગ્રચોલની ટોચ **વાહક પ્રેરણ**નું સ્થાન છે તે ભ્રૂણાગ્રચોલના



આકૃતિ 15.10 : ભ્રૂણાગ્રચોલનો અગ્રસ્થ ભાગ કે જે ઓક્ઝિનનો સ્રોત છે તેનું નિદર્શન દર્શાવતો ઉપયોગી પ્રયોગ. તીર- પ્રકાશની દિશાનું નિર્દેશન કરે છે.

સંપૂર્ણ વળાંક માટેનું કારણ છે. (આકૃતિ 15.10). ઓક્ઝિનનું અલગીકરણ એફ. ડબલ્યુ વૅન્ટ દ્વારા જવના બીજાંકુરણના ભ્રૂણાગ્રચોલનો અગ્રસ્થ ભાગ (ટોચ)માંથી કરવામાં આવ્યું હતું.

'બકાને' (Bakane = મૂર્ખ બીજાંકુરણ) એ ડાંગરના છોડ(બીજાંકુરિત રોપા)નો રોગ છે. જે રોગકારક ફૂગ જીબરેલા ફુજીકુરોઇ (*Gibberalla Fugikuroi*)ના દ્વારા થાય છે. ઈ. કરોસોવા (જાપાનીઝ) વૈજ્ઞાનિકે તંદુરસ્ત ડાંગરના બીજાંકુરણ છોડમાં રોગના લક્ષણો જોયા કે જેઓને ફૂગના જંતુમુક્ત ગાળણ (Filtrate)ની સારવાર આપેલ હતી. આ સક્રિય પદાર્થની ઓળખ ત્યાર બાદ જીબરેલિક ઍસિડ તરીકે થઈ.

એફ. સ્કૂગ અને તેમના સાથીદારોએ નિરીક્ષણ કર્યું કે તમાકુના પ્રકાંડના આંતરગાંઠના ભાગોમાંથી કેલસ (અવિભેદિત કોષોનો સમૂહ) ત્યારે જ મેળવી શકાય છે કે જ્યારે ઓક્ઝિન ઉપરાંત વાહક પેશીઓનાં સત્વ, યીસ્ટનું સત્વ, નારિયેળનું દૂધ કે DNA પૂરક સ્વરૂપે માધ્યમમાં આપવામાં આવ્યું હોય મિલરે અને તેના સાથીદારો (1955)એ પછીથી સાઇટોકાઇનેસીસ પ્રેરક સક્રિય પદાર્થની ઓળખ કરી અને તેનું સ્ફટિકીકરણ અને તેઓએ તેને કાઇનેટીન નામ આપ્યું.

1960ના મધ્યમાં ત્રણ અલગ-અલગ સંશોધકોએ વિવિધ પ્રકારના ત્રણ અવરોધકોનું શુદ્ધીકરણ તેમજ રાસાયણિક લાક્ષણિકરણ નોંધ્યું. તેઓના અવરોધક-B, એબ્સિસિન – II તેમજ ડોર્મિન નામ હતા. ત્યારબાદ આ ત્રણેય પદાર્થો રાસાયણિક રીતે એકસરખા સાબિત થયા અને તેમનું નામકરણ એબ્સિસિક ઍસિડના રૂપમાં કરવામાં આવ્યું.

એચ. એચ. કઝિન્સે (1910) નોંધ્યું કે પાકેલા સંતરામાંથી મુક્ત થતો બાષ્પશીલ (Volatile) પદાર્થ તેની નજીકમાં રાખેલા અપરિપક્વ કે કાચા કેળાંને ઝડપથી પકવી નાંખે છે. ત્યારબાદ આ બાષ્પશીલ પદાર્થને ઇથિલિન તરીકે ઓળખવામાં આવ્યો હતો. જે એક વાયુમય PGR છે.

આવો, હવે આપણે આ પાંચ પ્રકારના PGRની દેહધાર્મિક અસરનો અભ્યાસ હવે પછીના વિભાગમાં કરીએ.

15.4.3 વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકોની દેહધાર્મિક અસરો (Physiological Effects of Plant Growth Regulators)

15.4.3.1 ઓક્ઝિન્સ (Auxins)

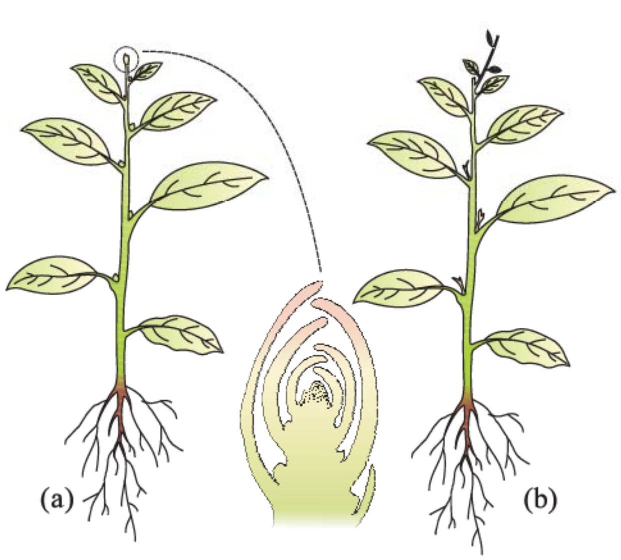
ઑક્ઝિન (ગ્રીક શબ્દ Auxein = to grow એટલે કે વૃદ્ધિ પામવું થાય છે)ને સૌપ્રથમ મનુષ્યના મૂત્રમાંથી અલગીકરણ કરવામાં આવ્યું. ઑક્ઝિન્સ શબ્દનો ઇન્ડોલ-3-ઍસિટિક ઍસિડ (IAA) અને કેટલાક વૃદ્ધિ નિયમનના ગુણધર્મો ધરાવતા અન્ય કુદરતી તેમજ કૃત્રિમ (સંશ્લેષિત) સંયોજનો માટે ઉપયોગ કરાય છે. તેઓ સામાન્ય રીતે પ્રકાંડ તેમજ મૂળની વૃદ્ધિ પામતી ટોચના ભાગે ઉદ્‌ભવે છે અને ત્યાંથી તેમનું વહન કાર્ય સ્થાને થાય છે. ઑક્ઝિન જેવાં કે IAA તેમજ ઇન્ડોલ બ્યુટેરિક ઍસિડ (IBA) વનસ્પતિઓમાંથી અલગ કરી મેળવી શકાય છે. NAA (નેપ્થેલીન ઍસિટિક ઍસિડ) અને 2,4-D (2,4-ડાયક્લોરો ફિનોક્સી ઍસિટિક ઍસિડ) કૃત્રિમ કે સંશ્લેષિત ઑક્ઝિન્સ છે. આ બધા ઑક્ઝિન્સની વ્યાપક રીતે કૃષિવિદ્યા અને બાગાયત વિદ્યાના અભ્યાસમાં ઉપયોગિતા છે.

તેઓ પ્રકાંડના કાપેલા ભાગો કે કલમોમાં મૂળ નિર્માણ માટે મદદરૂપ થાય છે. જે વનસ્પતિનાં પ્રસર્જન માટે વ્યાપક રીતે ઉપયોગમાં લેવાય છે. ઑક્ઝિન્સ પુષ્પસર્જન પ્રેરે છે, ઉદા. અનાનસમાં. તે વનસ્પતિઓના પર્ણો તેમજ ફળોને વહેલા ખરી જતાં અટકાવે છે પરંતુ જીર્ણ તેમજ પરિપક્વ પર્ણો અને ફળોના પતનને પ્રેરે છે.

મોટા ભાગની ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં અગ્ર કલિકા પાર્શ્વ (કક્ષ) કલિકાઓની વૃદ્ધિને અવરોધે છે. આ ઘટનાને **અગ્રીય પ્રભાવિતા (Apical dominance)** કહે છે. પ્રરોહના અગ્રસ્થ

ભાગ (ટોચ)ને કાપીને દૂર કરવાથી (શિરચ્છેદન-decapitation) સામાન્યતઃ પાર્શ્વ કલિકાઓની વૃદ્ધિ પ્રેરાય છે. (જુઓ આકૃતિ 15.11). આ બાબતનો વ્યાપક ઉપયોગ ચાના બગીચામાં રોપાનું ભૂમિમાં આરોપણ કરતી વખતે તેમજ વાડ બનાવવામાં ઉપયોગી બને છે. શું તમે જણાવી શકો, કેમ ?

ઑક્ઝિન્સ અફલિત ફળ વિકાસને પણ પ્રેરે છે. જેમ કે ટામેટામાં. તેનો વ્યાપક રીતે તૃણનાશક તરીકે ઉપયોગ થાય છે. 2-4-D બહોળા પ્રમાણમાં દ્વિદળી નીંદણનો નાશ કરે છે; પરંતુ પરિપક્વ એકદળી વનસ્પતિઓ પર તેની અસર થતી નથી. તેનો ઉપયોગ માળીઓ દ્વારા નીંદણવિહીન લૉન(ઘાસ)ને તૈયાર કરવામાં થાય છે. ઑક્ઝિન્સ જલવાહકના વિભેદનનું નિયંત્રણ કરવામાં અને કોષવિભાજનમાં પણ મદદરૂપ થાય છે.



આકૃતિ 15.11 : વનસ્પતિઓમાં અગ્રીય પ્રભાવિતા : (a) અગ્રસ્થ કલિકાની હાજરીમાં કક્ષકલિકાની વૃદ્ધિ અવરોધાય છે. (b) અગ્રસ્થ કલિકા દૂર કરેલ વનસ્પતિ, કક્ષકલિકાના ટોચના ભાગોથી અગ્રસ્થ ભાગને દૂર કર્યા પછી શાખાઓના સ્વરૂપમાં વૃદ્ધિ થાય છે.

15.4.3.2 જીબરેલીન્સ (Gibberellins)

જીબરેલિન્સ અન્ય પ્રકારનો પ્રેરક PGR છે. 100થી પણ વધુ જીબરેલિન્સ વિવિધ સજીવો જેવા છે. ફૂગ અને ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં નોંધાયા છે. તેઓને GA_1, GA_2, GA_3 અને આ રીતે નામ આપવામાં આવ્યા છે. જો કે જીબરેલિક ઍસિડ (GA_3) એ પહેલાં સંશોધન થયેલ જીબરેલિન્સ છે, અને અત્યારે પણ સૌથી વધારે સઘનતાથી અભ્યાસ કરાયેલ સ્વરૂપ છે. બધા જીબરેલિક ઍસિડ્સ (GA_3) ઍસિડિક હોય છે. તેઓ વનસ્પતિઓમાં એક વ્યાપક માત્રામાં દેહધાર્મિક પ્રતિક્રિયા દર્શાવે છે. તે અક્ષની લંબાઈ વધારવાની ક્ષમતા ધરાવે છે. જેથી, દ્રાક્ષની દાંડીની લંબાઈ વધારવા માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. જીબરેલિન્સ, સફરજન જેવા ફળોની લંબાઈ તેમજ આકારમાં યોગ્ય સુધારો કરવામાં ઉપયોગી છે. તે વૃદ્ધાવસ્થાને ટાળે છે, જેથી ફળ વધારે સમય સુધી વૃક્ષ પર રહે છે અને બજારમાં તેની ઉપલબ્ધતાનો સમય વધારી શકાય છે. GA_3 નો ઉપયોગ દારૂની બનાવટના ઉદ્યોગ એટલે કે આસવ ઉદ્યોગમાં માલ્ટીંગ (Malting) (ધાનને પાણીમાં પલાળીને અંકુરિત કરવાની પ્રક્રિયા) ક્રિયાવિધિને ઝડપી બનાવવા માટે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

શેરડીના પ્રકાંડમાં કાર્બોદિતો ખાંડ કે શર્કરાના રૂપમાં સંગ્રહિત રહે છે. શેરડીની ખેતીમાં જીબરેલિન્સનો છંટકાવ કરવાથી પ્રકાંડની લંબાઈમાં વધારો કરે છે. આ પ્રકારે 20 ટન પ્રતિ એકર વધારે ઉત્પાદન પ્રાપ્ત થાય છે.

જીબરેલિક ઍસિડ (GA_3)નો છંટકાવ કરવાથી તરુણ શંકુદ્રુમ વૃક્ષોમાં તીવ્ર ગતિથી પરિપક્વતા આવે છે, આમ, વહેલાં બીજ ઉત્પાદન થાય છે. જીબરેલિન્સ દ્વારા બીટ, કોબીજ તેમજ અન્ય ગુલાબવત્ પ્રકૃતિ ધરાવતી વનસ્પતિઓમાં બોલ્ટિંગ (પુષ્પસર્જન પહેલાં આંતરગાંઠની લંબાઈમાં વધારો) ક્રિયામાં પણ વધારો કરે છે.

15.4.3.3 સાયટોકાઈનિન્સ (Cytokinins)

સાયટોકાઇનિન્સ કોષરસવિભાજન(સાયટોકાઇનેસીસ) પર વિશિષ્ટ અસર ધરાવે છે અને તે કાઇનેટીન(એડેનીનનું રૂપાંતરિત સ્વરૂપ ધરાવતું એક પ્રકારનું પ્યુરિન) સ્વરૂપે સ્વયંવિખંડનીય પદાર્થ તરીકે હેરિંગ માછલીના શુક્રકોષના DNAમાંથી સંશોધન પામેલ છે. કાઇનેટીન વનસ્પતિઓમાં

નૈસર્ગિક રીતે પ્રાપ્ય નથી. નૈસર્ગિક પદાર્થો તરીકે સાયટોકાઇનીનની શોધ મકાઈના બીજ દેહશેષ (Kernels) અને નારિયેળના દૂધમાંથી ઝિએટીન સ્વરૂપે અલગ કરી શકાય છે. જીએટીનના સંશોધન પછી અનેક સાઇટોકાઇનીનના પ્રાકૃતિક કે નૈસર્ગિક સ્વરૂપ છે અને કોષવિભાજન પ્રેરક પ્રવૃત્તિ ધરાવતા કેટલાક સંશ્લેષિત સંયોજનો ઓળખી શકાયા છે. નૈસર્ગિક સાયટોકાઇનિન્સ વનસ્પતિના એવા પ્રદેશોમાં સંશ્લેષિત થાય છે કે જ્યાં ત્વરિત કોષવિભાજન થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે મૂળની ટોચ, વિકાસશીલ પ્રરોહ કલિકાઓ અને તરુણફળ વગેરે. તે નવા પર્ણો, પર્ણોમાં હરિતકણ, પ્રરોહની પાર્શ્વ વૃદ્ધિ અને અસ્થાનિક પ્રરોહના સર્જનમાં મદદરૂપ થાય છે. સાયટોકાઇનીન અગ્રીય પ્રભાવિતામાંથી મુક્તિ અપાવે છે. તે પોષક દ્રવ્યોના વિતરણને પ્રેરે છે. કે જેનાથી પર્ણોના પતનને ટાળી શકાય છે.

15.4.3.4 ઇથિલીન (Ethylene)

ઇથિલીન એક સરળ વાયુરૂપ PGR છે. તે જીર્ણ પામતી પેશીઓ અને પાકેલાં ફળો દ્વારા વધારે પ્રમાણમાં સંશ્લેષણ પામે છે. ઇથિલીન વનસ્પતિઓની અનુપ્રસ્થ કે સમક્ષિતિજ વૃદ્ધિ, **અક્ષોની જાડાઈમાં વધારો** અને દ્વિદળી બીજના બીજાંકુરણમાં અગ્રીય પ્રવર્ધમય સંરચના પર અસર પહોંચાડે છે. ઇથિલીન મુખ્યત્વે પર્ણો અને પુષ્પોમાં જીર્ણતા તેમજ પતનને પ્રેરે છે. તે ફળોને પકવવામાં ખૂબ જ અસરકર્તા છે. ફળ-પકવનની ક્રિયા દરમિયાન તે શ્વસન દર વધારે છે. શ્વસન દરમાં થતો આ વધારો આકસ્મિક શ્વસન (respiratory climactic) કહે છે.

ઇથિલીન, બીજ અને કલિકાની સુષુપ્તતાને તોડે છે. મગફળીના બીજમાં અંકુરણની શરૂઆત કરાવે છે, બટાટાના ગ્રંથિલનું અંકુરણ કરે છે. ઇથિલીન ઊંડા પાણીમાં ડાંગરના છોડમાં આંતરગાંઠ / પર્ણદંડની લંબાઈને પ્રેરે છે. તે પર્ણો / પ્રરોહના ઉપરી ભાગોને પાણીથી ઉપર રાખવામાં મદદરૂપ થાય છે. ઇથિલીન મૂળની વૃદ્ધિ અને મૂળરોમના નિર્માણને પ્રેરિત કરે છે. જેથી, વનસ્પતિઓમાં શોષણ સપાટી વધારવામાં મદદરૂપ થાય છે.

ઇથિલીન અનાનસમાં પુષ્પ સર્જન કરવાની શરૂઆતમાં ઉપયોગી છે અને ફળને યોગ્ય સમયે પરિપક્વતા તરફ લઈ જવામાં પણ મદદરૂપ થાય છે. આંબામાં પુષ્પસર્જનને પ્રેરિત કરે છે. ઇથિલીન ઘણી દેહધાર્મિક પ્રક્રિયાઓનું નિયમન કરે છે, વળી તે સૌથી વધારે ઉપયોગી PGR છે. ઇથિલીનના સ્રોત તરીકે સૌથી વધારે ઉપયોગી સંયોજન ઇથિફોન (Ethephon) છે. ઇથિફોન જલીય દ્રાવણમાં ત્વરિત રીતે શોષણ પામે છે અને વનસ્પતિમાં વહન પામે છે તથા ધીમે ધીમે ઇથિલીનને મુક્ત કરે છે. એથિફોન ટામેટા તેમજ સફરજન જેવા ફળોમાં પરિપક્વતાનો વેગ વધારે છે અને પુષ્પો તેમજ ફળોનાં પતનની તીવ્રતા દર્શાવે છે. (કપાસ, ચેરી અને અખરોટનું પાતળું થવું.) તે કાકડીમાં માદા પુષ્પોની સંખ્યામાં વધારો કરે છે કે જેથી પાકની ઉત્પાદકતામાં વધારો થાય છે.

15.4.3.5 ઍબ્સિસિક ઍસિડ (Abscisic Acid)

પહેલા જણાવ્યા પ્રમાણે **ઍબ્સિસિક ઍસિડ (ABA)**;ની શોધ પતન તેમજ સુષુપ્તતાના નિયમન કરનારી તેની ભૂમિકા માટે થઈ છે. પરંતુ અન્ય PGRની જેમ તે પણ વનસ્પતિ વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસમાં વ્યાપક પ્રમાણમાં અસર ધરાવે છે. તે એક સામાન્ય વનસ્પતિ વૃદ્ધિ અવરોધક તરીકે કાર્ય કરે છે અને વનસ્પતિ ચયાપચયને અવરોધે છે. ABA બીજનાં અંકુરણને અવરોધે છે. તે વાયુરંધ્રોને બંધ કરવા પ્રેરિત કરે છે અને વનસ્પતિઓને વિવિધ પ્રકારના તણાવો માટેની સહનશીલતામાં વધારો કરવાની ક્ષમતા બક્ષે છે. આ કારણસર તેને તણાવ અંતઃસ્રાવ કે 'Stress Hormone' પણ કહે છે. ABA, બીજના વિકાસ, પરિપક્વતા, સુષુપ્તતા વગેરેમાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. બીજની સુષુપ્તતા પ્રેરિત કરીને, ABA

બીજને શુષ્ક તેમજ વૃદ્ધિ માટે પ્રતિકૂળ પરિબળોથી બચાવે છે. ઘણી બધી પરિસ્થિતિઓમાં, ABA એ જીબરેલિક ઍસિડ (GA_3) માટે એક પ્રતિરોધક (વિરુદ્ધ) ભૂમિકા ભજવે છે.

આપણે સંક્ષિપ્તમાં કહી શકીએ કે વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ, વિભેદન અને વિકાસ માટે એક કે અન્ય પ્રકારના PGR કોઈકને કોઈક ભૂમિકા ભજવે છે. આ ભૂમિકાઓ પૂરક કે પછી પ્રતિરોધક પણ હોઈ શકે છે. આ ભૂમિકાઓ વ્યક્તિગત કે સંયુક્ત રીતે સહાયક હોઈ શકે છે.

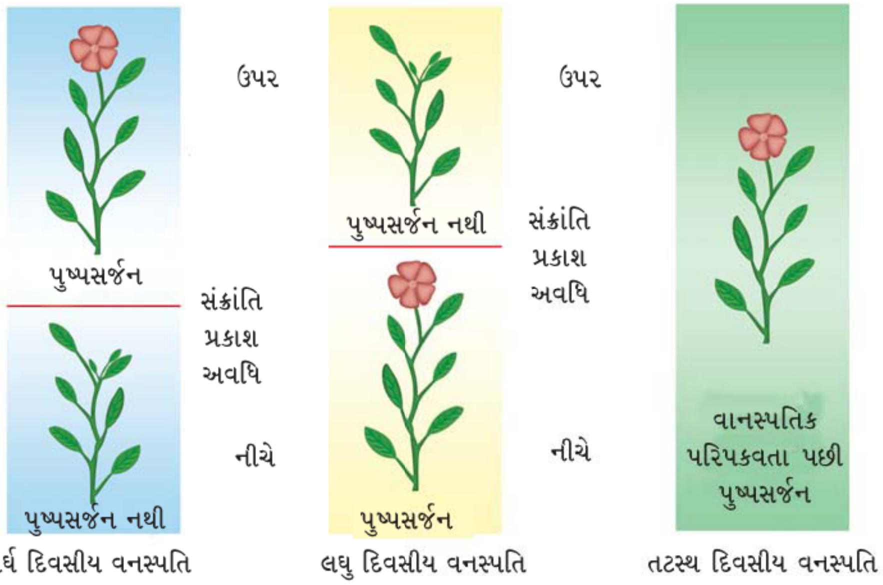
આ રીતે વનસ્પતિઓના જીવનમાં ઘણી ઘટનાઓ થાય છે. જ્યાં એક કરતાં વધારે PGRsની આંતરક્રિયા ઘટનાઓને અસર કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે, બીજ અથવા કલિકામાં સુષુપ્તતા, પતન, વૃદ્ધત્વ કે જીર્ણતા, અગ્રીય પ્રભાવિતા વગેરે.

યાદ રાખો કે PGRની ભૂમિકા એક પ્રકારના આંતરિક નિયંત્રણની હોય છે. જનીનિક નિયંત્રણ તેમજ બાહ્ય પરિબળોની સાથે તે વનસ્પતિની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસમાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા નિભાવે છે. ઘણા બધા બાહ્ય પરિબળો જેવાં કે તાપમાન અને પ્રકાશ, એ વનસ્પતિની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસનું PGRના માધ્યમ દ્વારા નિયંત્રણ કરે છે. એવી કેટલીક ઘટનાઓનાં ઉદાહરણો જેવાં કે વાસંતીકરણ, પુષ્પસર્જન, સુષુપ્તતા, બીજાંકુરણ, વનસ્પતિ હલનચલન વગેરે.

આપણે પ્રકાશ અને તાપમાન (બંને બાહ્ય પરિબળો છે)ની પુષ્પસર્જનના પ્રારંભ માટેની ભૂમિકાનો સંક્ષિપ્તમાં અભ્યાસ કરીશું.

15.5 પ્રકાશ અવધિ (Photoperiodism)

એવું જોવા મળ્યું છે કે કેટલીક વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જનને પ્રેરિત કરવા કે પુષ્પસર્જન વધારવા માટે પ્રકાશનો નિશ્ચિત સમયગાળો આવશ્યક હોય છે. તે પ્રકાશની નિયત અવધિ (સમયગાળો)ના માપનની ક્ષમતા ધરાવતી વનસ્પતિઓમાં પણ જોઈ શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, કેટલીક વનસ્પતિઓને પુષ્પ સર્જન માટે સંક્રાંતિ અવધિથી વધારે કે નિયત પ્રકાશ અવધિથી વધારે પ્રકાશની જરૂર હોય છે. જ્યારે બીજી કેટલીક વનસ્પતિઓમાં પુષ્પ સર્જન માટે પ્રકાશની અવધિ નિયત અવધિ કરતાં ઓછા પ્રકાશની જરૂર હોય છે. જેથી બંને પ્રકારની વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જનની શરૂઆત થઈ શકે છે. પહેલા પ્રકારની વનસ્પતિઓના સમૂહને



આકૃતિ 15.12 : પ્રકાશ અવધિકાળ – દીર્ઘ દિવસીય, લઘુ દિવસીય તેમજ તટસ્થ દિવસીય વનસ્પતિઓ

દીર્ઘ દિવસીય વનસ્પતિઓ કહે છે અને તેના પછીની બીજા પ્રકારની વનસ્પતિઓને **લઘુ દિવસીય વનસ્પતિઓ** કહે છે. જુદી જુદી વનસ્પતિઓ માટે પ્રકાશ અવધિનો સમયગાળો જુદો જુદો હોય છે. એવી ઘણી બધી વનસ્પતિઓ છે કે જેઓને પ્રકાશ અવધિ તેમજ પુષ્પસર્જનની પ્રતિક્રિયા પ્રેરવા સાથે કોઈ સંબંધ હોતો નથી. એવી વનસ્પતિઓને **તટસ્થ દિવસીય વનસ્પતિઓ** કહે છે. (આકૃતિ 15.12) એ પણ જાણો છો કે માત્ર પ્રકાશ અવધિ જ નહી પરંતુ અંધકારની અવધિનું પણ સમાન મહત્ત્વ છે. આમ, કેટલીક વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જન માત્ર પ્રકાશ અને અંધકાર અવધિ પર આધારિત હોતા નથી પરંતુ તેઓની સાપેક્ષ અવધિ પર પણ નિર્ભર હોય છે. વનસ્પતિઓની આવી પ્રતિક્રિયાનો સમય દિવસ / રાતના સ્વરૂપે હોય છે. આ ઘટનાને **પ્રકાશ અવધિકાળ (Photoperiodism)** કહે છે. તે પણ એક વધારે રસપ્રદ બાબત છે કે પ્રરોહની અગ્રકલિકા, પુષ્પસર્જન પહેલા પુષ્પસર્જનઅગ્ર કલિકામાં ફેરવાય છે, પરંતુ તે (પ્રરોહની અગ્રસ્થ કલિકા) પોતે પ્રકાશ અવધિને અનુભવતી નથી. પ્રકાશ કે અંધકાર અવધિની અનુભૂતિ પર્ણો કરે છે. અધિતર્ક એ છે કે અંતઃસ્રાવ (ફ્લોરિજન) પુષ્પસર્જન માટે જવાબદાર છે. અંતઃસ્રાવ (ફ્લોરિજન) પુષ્પસર્જન પ્રેરવા માટે પર્ણોમાંથી પ્રરોહની કલિકાઓ તરફ સ્થળાંતરિત થાય છે. એવું ત્યારે જ બને છે જ્યારે વનસ્પતિઓને આવશ્યક પ્રેરિત પ્રકાશ અવધિકાળ પ્રાપ્ત હોય.

15.6 વાસંતીકરણ (Vernalisation)

કેટલીક વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જન માત્રાત્મક કે ગુણાત્મક રીતે ઓછું તાપમાન આપવાથી થાય છે. આ ઘટનાને **વાસંતીકરણ** કહે છે. તે મૂલ્યવાન પ્રજનનીય વિકાસની પ્રક્રિયાને વિલંબિત કરે છે અને આમ વનસ્પતિને તેની પરિવક્વતા પ્રાપ્ત કરવા માટેનો પૂરતો સમય પૂરો પાડે છે. વાસંતીકરણ નીચા તાપમાને પુષ્પસર્જનને પ્રેરિત કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે કેટલીક મહત્ત્વની ખાદ્ય વનસ્પતિઓ - ઘઉં, જવ, રાઈની બે પ્રકારની જાતો ધરાવે છે. શિયાળાની અને વસંતની. સામાન્ય રીતે વસંતઋતુમાં બીજનું વાવેતર થાય છે, જે ઋતુની સમાપ્તિ કે અંતમાં વૃદ્ધિ (પુષ્પ અને ફળનું સર્જન) પામે છે. શિયાળામાં ઉગતી વનસ્પતિ જાતિઓ વસંત ઋતુમાં વાવવામાં આવે તો ન તો પુષ્પસર્જન થાય કે ન તો ફળસર્જન થાય. જેથી તેને શરદ ઋતુમાં વાવવામાં આવે છે. તે અંકુરિત થાય છે અને નવી કૂંપળોના રૂપે શિયાળો પસાર કરે છે. પછી વસંત ઋતુમાં પુષ્પસર્જન અને ફળસર્જન દર્શાવે છે અને મધ્ય ગ્રીષ્મ ઋતુ દરમિયાન તેમની કાપણી (લણણી) કરી લેવામાં આવે છે.

વાસંતીકરણના કેટલાક ઉદાહરણ દ્વિવર્ષાયુ વનસ્પતિઓમાં પણ જોવા મળે છે. દ્વિવર્ષાયુ વનસ્પતિઓ એકસ્ત્રીકેસરી વનસ્પતિઓ હોય છે. જે સામાન્ય રીતે પુષ્પો ધરાવે છે અને બીજી ઋતુમાં પુષ્પસર્જન આપે છે તેમજ નાશ પામે છે. શક્કરિયાં, કોબીજ, ગાજર કેટલીક દ્વિવર્ષાયુ વનસ્પતિઓ છે. દ્વિવર્ષાયું વનસ્પતિઓને નીચું તાપમાન આપવાથી, તેઓમાં પ્રકાશ અવધિકાળને કારણે પુષ્પસર્જનની પ્રતિક્રિયા વધી જાય છે.

15.7 બીજ-સુષુપ્તતા (Seed Dormancy)

બાહ્ય પરિબળો સાનુકૂળ હોવા છતાં પણ કેટલાક બીજ અંકુરણ પામવામાં નિષ્ફળતા મેળવે છે. એટલે કે આવા બીજ નિયત સમયગાળા માટે સુષુપ્તતાકાળ હેઠળ હોય છે કે જેનું નિયંત્રણ બાહ્ય પરિબળો દ્વારા થતું નથી. પરંતુ આંતરિક નિયંત્રણ હેઠળ કે બીજના પોતાનામાં આવેલી પરિસ્થિતિઓ પર નિર્ભર હોય છે. અપ્રવેશશીલ અને સખત કે કઠણ બીજાવરણ, એબ્સિસિક ઍસિડ્સ જેવા અવરોધક રસાયણોની હાજરી, ફિનોલિક એસિડ્સ, પેરા-એસ્કોર્બિક ઍસિડ અને અપરિપક્વ ભ્રૂણ જેવા કેટલાક કારણોને લીધે બીજ સુષુપ્ત બને છે. આ સુષુપ્તતામાંથી નૈસર્ગિક રીતે ઉપરાંત માનવ દ્વારા દર્શાવાતી પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા મુક્તિ મેળવી શકાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, કેટલાક બીજમાં બીજાવરણ અવરોધક હોય તો તેને દૂર કરવા માટે યાંત્રિક કે ભૌતિક રીતે કાચકાગળ ઘસીને બીજાવરણને છિદ્રિષ્ઠ કરીને સુષુપ્તતા દૂર કરી શકાય છે અથવા ઝડપથી બીજને ખૂબ જ હલાવીને સુષુપ્તતા દૂર

કરવામાં આવે છે. કુદરતમાં સૂક્ષ્મજીવોની ક્રિયાવિધિ દ્વારા પણ સુષુપ્તતા તોડી શકાય છે અને પ્રાણીઓના પાચનમાર્ગમાંથી પ્રસાર કરીને પણ સુષુપ્તાવસ્થા દૂર કરી શકાય છે. બીજને અનુલક્ષીને બીજને શીતન પરિસ્થિતિઓ કે જીબરેલિક ઍસિડ અને નાઇટ્રેટ જેવા કેટલાક રસાયણો અપનાવીને અવરોધક પદાર્થોની અસર દૂર કરી સુષુપ્તતા તોડી શકાય છે. પરિયાવરણીય પરિસ્થિતિઓમાં ફેરફાર લાવીને જેવી કે પ્રકાશ અને તાપમાન જેવા પરિબળોનો ઉપયોગ કરીને બીજ સુષુપ્તતાને દૂર કરી શકાય છે.

સારાંશ

કોઈપણ સજીવ માટે વૃદ્ધિ એક અત્યંત ઉત્કૃષ્ટ ઘટના છે. કદ, ક્ષેત્રફળ, લંબાઈ, ઊંચાઈ, આકાર કોષ સંખ્યા વગેરેમાં થતો અપરિવર્તનીય વધારાયુક્ત માપદંડ છે. તેમાં કોષરસનો વધારો થવો તે પણ સમાવેશ થાય છે. વનસ્પતિઓમાંની વર્ધમાન પેશી વૃદ્ધિના સ્થાન હોય છે. મૂળાગ્ર અને પ્રરોહાગ્રની વર્ધમાન પેશીની સાથે-સાથે ઘણીવાર, આંતરવિષ્ટ વર્ધનશીલ પેશી વનસ્પતિના અક્ષની લંબાઈમાં વૃદ્ધિ દર્શાવવામાં ભાગીદારી કરે છે. ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં વૃદ્ધિ અપરિમિત હોય છે. મૂળાંગ્ર તેમજ પ્રરોહાગ્રના વર્ધનશીલ કોષો કોષવિભાજનને અનુસરીને વૃદ્ધિ દર્શાવે છે. જો આંકડાકીય કે ભૌમિતિક વૃદ્ધિ હોઈ શકે છે. કોષ/પેશી/અંગો/સજીવોમાં વૃદ્ધિ દર સામાન્યતઃ સંપૂર્ણ જીવનકાળમાં ઊંચા દર સુધી ટકતો નથી. વૃદ્ધિને મુખ્ય ત્રણ તબક્કાઓ પ્રારંભિક (લૅગ), મધ્યસ્થ (લૉગ) અને સ્થાયી (સ્ટેશનરી) વહેંચી શકાય છે. જ્યારે કોષ પોતાની વિભાજન ક્ષમતાને ગુમાવી દે છે ત્યારે વિભેદનની તરફ આગળ વધે છે. વિભેદન કોષની સંરચનાઓમાં પરિણમે છે અને અંતે કાર્યો કરવા માટે પરિપક્વ બને છે. કોષો, પેશીઓ અને સંબંધિત અંગોના વિભેદન માટે સામાન્ય નિયમ એક સમાન હોય છે. એક વિભેદિત કોષ નિર્વિભેદિત થઈ શકે છે. પછી પુનઃ વિભેદિત થાય છે. આમ, વિભેદન એ ઉન્નત પ્રક્રિયા હોઈ વિકાસની પ્રક્રિયા પણ અનુલક્ષી હોઈ શકે છે. બીજા શબ્દોમાં વિકાસ એ વૃદ્ધિ તેમજ વિભેદનનો યોગ છે. વનસ્પતિ તેના વિકાસમાં પ્લાસ્ટીસિટી દર્શાવે છે.

વનસ્પતિ વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ બાહ્ય તેમજ આંતરિક બંને પરિબળો દ્વારા નિયંત્રિત થાય છે. આંતરકોષીય આંતરિક પરિબળો રાસાયણિક પદાર્થ સ્વરૂપે હોય છે. જેને વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામક (PGRs) કહેવાય છે. વનસ્પતિઓમાં PGRsના વિવિધ સમૂહો છે. જે મુખ્યત્વે પાંચ સમૂહના નામ જાણીતા છે; ઑક્ઝિન્સ, જીબરેલિન, સાયટોકાઇનીન્સ, ઍબ્સિસિક ઍસિડ અને ઇથિલીન. આ PGRs વનસ્પતિના વિવિધ ભાગોમાં ઉત્પન્ન થાય છે. તે વિભેદન તેમજ વિકાસની વિવિધ ઘટનાઓને નિયંત્રિત કરે છે. કોઈ પણ PGRs ની વનસ્પતિની દેહધાર્મિકતા પર અસર વિવિધતાપૂર્ણ હોય છે. જ્યારે વિવિધ PGRs સમાન અસર પણ હોઈ શકે છે. આ PGR સહાયક અથવા પ્રતિરોધકના સ્વરૂપમાં કાર્ય કરે છે. વનસ્પતિની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ પર પ્રકાશ, તાપમાન, પોષણ, ઑક્સિજનનું સ્તર, ગુરુત્વાકર્ષણ અને અન્ય બાહ્ય પરિબળો પણ અસર કરે છે.

કેટલીક વનસ્પતિઓ પુષ્પસર્જન પ્રકાશ અવધિ પર આધારિત હોય છે. પ્રકાશ અવધિકાળના આધારે વનસ્પતિઓને ત્રણ ભાગોમાં વહેંચી શકાય છે. લઘુ દિવસીય વનસ્પતિઓ, દીર્ઘ દિવસીય વનસ્પતિઓ તેમજ તટસ્થ દિવસીય વનસ્પતિઓ કેટલીક વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જન માટે ઓછું તાપમાન આપવામાં આવે છે. આ ઘટનાને વાસંતીકરણ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

સ્વાધ્યાય

1. વૃદ્ધિ, વિભેદન, વિકાસ, નિર્વિભેદન, પુર્નવિભેદન, સીમિત વૃદ્ધિ, વર્ધમાન અને વૃદ્ધિ દરની વ્યાખ્યા આપો.
2. 'સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં કોઈ એક પરિમાણથી વૃદ્ધિને વર્ણવી શકાય નહીં.' કેમ ?
3. ટૂંકમાં વર્ણન કરો :
   (a) આંકડાકીય વૃદ્ધિ
   (b) ભૌમિતિક વૃદ્ધિ
   (c) સિગ્મોઈડ વૃદ્ધિ વક્ર
   (d) નિરપેક્ષ તેમજ સાપેક્ષ વૃદ્ધિદર
4. પ્રાકૃતિક વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકોના પાંચ મુખ્ય સમૂહોની યાદી બનાવો. તેમના સંશોધન, દેહધાર્મિક કાર્યો અને કૃષિ કે ઉદ્યાન વિદ્યાકીય ક્ષેત્રે તેમાંથી કોઈપણ અંગેની ઉપયોગિતા વિશે લખો.
5. પ્રકાશ અવધિકાળ અને વાસંતીકરણ વિશે તમે શું સમજો છો ? તેના મહત્ત્વનું વર્ણન કરો.
6. 'ઍબ્સિસિક ઍસિડને શા માટે તણાવયુક્ત અંતઃસ્રાવ તરીકે ઓળખવામાં આવે છે ?
7. 'ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓમાં વૃદ્ધિ તેમજ વિભેદન વર્ધનશીલ હોય છે' તેની ચર્ચા કરો.
8. લઘુ દિવસીય વનસ્પતિઓ અને દીર્ઘ દિવસીય વનસ્પતિઓ બંનેમાં પુષ્પો ક્યારે એક સાથે વિકાસ પામે છે ? સમજૂતી આપો.
9. જો તમને ઉપયોગ કરવાનું કહેવામાં આવે તો તમે કયા વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકનું નામ આપો :
   (a) કોઈ શાખામાંથી મૂળનું નિર્માણ પ્રેરવા માટે
   (b) ફળને ઝડપી પકવવા માટે
   (c) પર્ણોની જીર્ણતાને રોકવા માટે
   (d) કક્ષીય કલિકાઓમાં વૃદ્ધિ પ્રેરવા માટે
   (e) એક રોઝેટ (ગુલાબવત્ પર્ણો ધરાવતી) વનસ્પતિમાં 'બોલ્ટ' માટે
   (f) પર્ણોમાં વાયુરંધ્રને તરત જ બંધ કરવા માટે
10. શું પર્ણરહિત વનસ્પતિ પ્રકાશ અવધિના ચક્રની પ્રતિક્રિયા આપી શકે છે ? જો હા કે ના તો કેમ ?
11. જો આવું થાય તો શું થઈ શકે છે ?
    (a) GA_3ને ડાંગરના રોપાઓ પર છંટકાવ કરવામાં આવે તો....
    (b) વિભાજન પામતા કોષો વિભેદન પામવાનું બંધ કરી નાંખે તો....
    (c) એક સડેલા ફળને કાચા ફળો સાથે ઉમેરવામાં આવે તો....
    (d) જો તમારાથી સંવર્ધન માધ્યમમાં સાયટોકાઇનીન ઉમેરવાનું ભૂલી જવાય તો....

એકમ 5

માનવ દેહધર્મવિદ્યા (Human Physiology)

પ્રકરણ 16

પાચન અને અભિશોષણ

પ્રકરણ 17

શ્વાસોચ્છ્વાસ અને વાયુઓનું વિનિમય

પ્રકરણ 18

દેહજળ અને પરિવહન

પ્રકરણ 19

ઉત્સર્ગ પેદાશો અને તેનો નિકાલ

પ્રકરણ 20

પ્રચલન અને હલનચલન

પ્રકરણ 21

ચેતા નિયંત્રણ અને સહનિયમન

પ્રકરણ 22

રાસાયણિક સહનિયમન અને સંકલન

જીવન સ્વરૂપોના અભ્યાસના ઘટાડાવાદી (Reductionist) અભિગમના પરિણામસ્વરૂપ ભૌતિક-રસાયણ સંકલ્પનાઓ અને પદ્ધતિઓના ઉપયોગમાં વૃદ્ધિ થાય છે. આવા અભ્યાસમાં મોટે ભાગે જીવંત પેશી મૉડેલ (surviving tissue model) અથવા સીધેસીધુ કોષ મુક્તતંત્રનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ જ્ઞાનની અભિવૃદ્ધિના પરિણામે આણ્વિક જીવવિજ્ઞાનનો ઉદ્ભવ થયો. આજે જીવરસાયણ અને જૈવ-ભૌતિક સાથે આણ્વિય દેહધર્મવિદ્યા લગભગ સમાનાર્થી બની ચૂકેલ છે. આમ છતા હવે પ્રબળ રીતે સ્વીકારવામાં આવેલ છે કે શુદ્ધ (સંપૂર્ણ) જૈવિક અભિગમ કે પછી ફક્ત ઘટાડાવાદી આણ્વિક અભિગમ જૈવિક પ્રક્રિયાઓ અથવા જૈવિક સંકલ્પનાઓનું સત્ય છતું કરી શકે તેમ નથી. જૈવિક તંત્રો આપણને માનવા તૈયાર કરે છે કે અભ્યાસ હેઠળના તંત્રોના ઘટકો વચ્ચેની આંતરક્રિયાને કારણે જૈવિક સંકલ્પનાઓ ઉતરી આવી છે. અણુઓનું નિયામકી તંત્ર, ઉચ્ચ આણ્વિય એકત્રિત ઘટકો, કોષો, પેશીઓ, સજીવદેહ, વસતી અને સમાજ દરેક વિશિષ્ટ ગુણધર્મો રચે છે. આ એકમમાં સમાવિષ્ટ પ્રકરણોમાં મુખ્ય માનવ દેહધાર્મિક પ્રક્રિયાઓ જેવી કે પાચન, વાયુની આપ-લે, રુધિર પરિવહન, હલનચલન અને પ્રચલનને કોષીય અને આણ્વિક સ્તરે વર્ણન કરેલ છે. છેલ્લા બે પ્રકરણોમાં શરીરની વિવિધ ઘટનાઓનું જૈવિક સ્તરે સહનિયમન અને નિયંત્રણ સમજાવેલ છે.

અલફોન્સો કોર્ટી
(Alfonso Corti)
(1822 – 1888)

ઈટાલિયન અંતઃસ્થરચના શાસ્ત્રી (Anatomist) અલફોન્સો કોર્ટીનો જન્મ 1822માં થયો હતો. કોર્ટીએ એના વૈજ્ઞાનિક જીવનની શરૂઆત સરિસૃપોના કાર્ડિયોવાસ્ક્યુલર(હૃદય-રક્તવાહિની)તંત્રના અભ્યાસથી કરી. ત્યારબાદ તેને તેનું ધ્યાન સસ્તનોના શ્રવણ તંત્ર તરફ કેન્દ્રિત કર્યું. તેણે 1851માં એક લેખ પ્રકાશિત કર્યો જેમાં શંખિકા (Cochlea)ની આધારકલા ઉપર સ્થિત રચનામાં સમાવિષ્ટ રોમમય કોષો વર્ણવ્યા કે જે ધ્વનિ તરંગોને ઊર્મિવેગમાં રૂપાંતરિત કરે છે તેથી આ અંગને કોર્ટિકાય કહે છે. તેઓ 1888 માં મૃત્યુ પામ્યા.

પ્રકરણ 16

પાચન અને અભિશોષણ (Digestion and Absorption)

16.1 પાચનતંત્ર

16.2 ખોરાકનું પાચન

16.3 પાચિત ઉત્પાદનોનું અભિશોષણ

16.4 પાચનતંત્રની અનિયમિતતાઓ

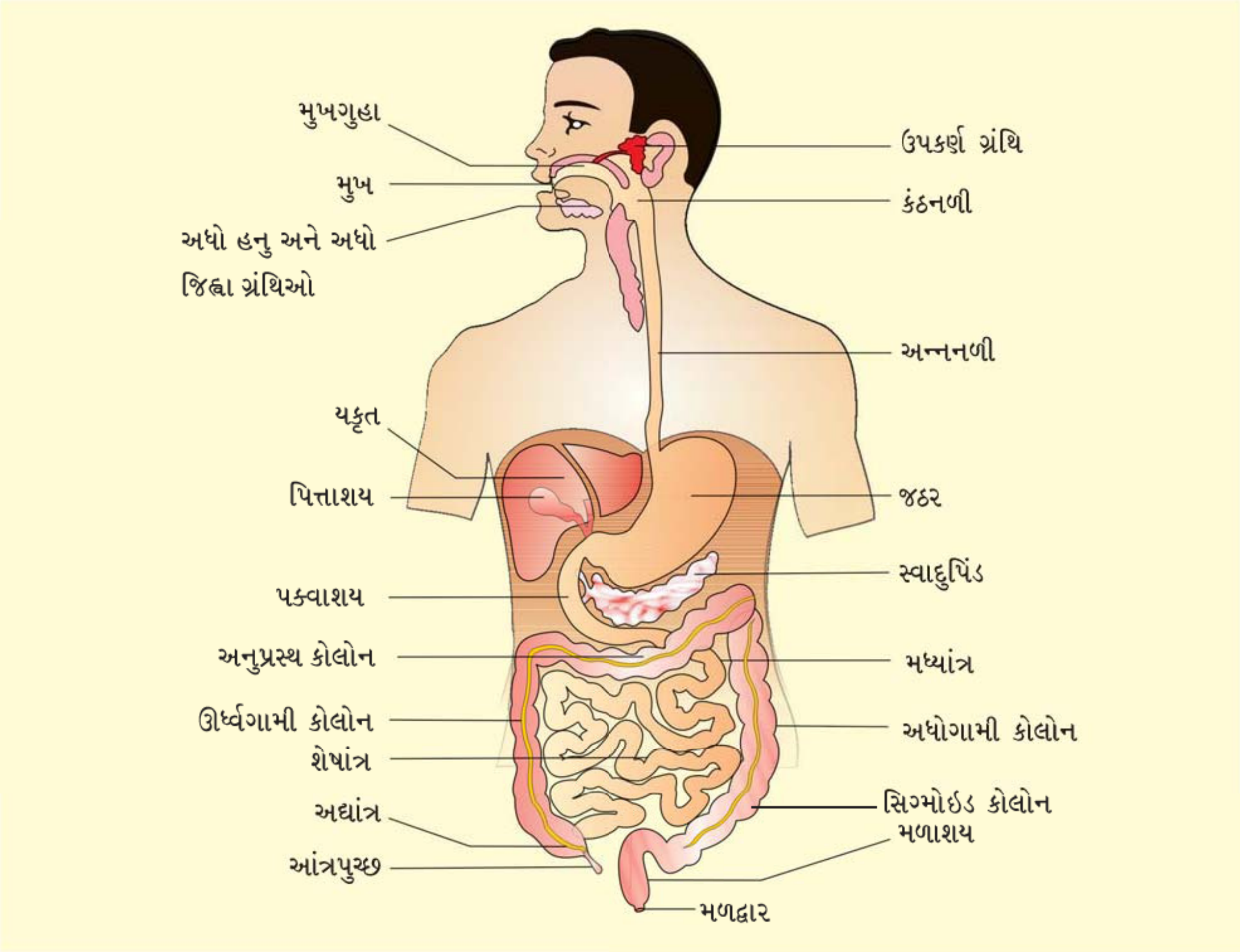
સજીવોની પાયાની જરૂરિયાતો પૈકીની એક જરૂરિયાત ખોરાક છે. આપણા ખોરાકના મુખ્ય ઘટકો જેવા કે કાર્બોદિતો, પ્રોટીન અને લિપિડ છે. વિટામિન્સ અને ઓછી માત્રામાં ખનીજ દ્રવ્યો પણ આવશ્યક છે. ખોરાક શક્તિ અને કાર્બનિક પદાર્થો આપે છે જે વૃદ્ધિ અને પેશીઓના સમારકામ માટે છે. પાણી કે જે આપણે લઈએ છીએ તેનો દેહધાર્મિક ક્રિયાઓમાં અગત્યનો ફાળો છે અને આ ઉપરાંત શરીરનું નિર્જલીકરણ થતું રોકે છે. આપણું શરીર જૈવ મહાઅણુઓને તેના મૂળ સ્વરૂપે ઉપયોગ કરી શકતું નથી. તેથી પાચનતંત્રમાં તેને નાના અણુઓમાં વિભાજિત કરી સરળ પદાર્થોમાં ફેરવવામાં આવે છે. જટિલ ખોરાકના ઘટકોનું શોષી શકાય તેવા સરળ સ્વરૂપમાં રૂપાંતરિત કરવાની ક્રિયાને **પાચન** કહે છે જે આપણા પાચનતંત્રમાં યાંત્રિક અને જૈવરાસાયણિક પદ્ધતિ દ્વારા થાય છે. માનવ પાચનતંત્રનું સામાન્ય આયોજન આકૃતિ 16.1માં દર્શાવેલ છે.

16.1 પાચનતંત્ર (Digestive system)

માનવ પાચનતંત્ર પાચનમાર્ગ અને સહાયક ગ્રંથિઓ ધરાવે છે.

16.1.1 પાચનમાર્ગ (Alimentary canal)

પાચનમાર્ગની શરૂઆત અગ્ર છેડે-મુખથી થાય છે અને તે પશ્ચ છેડે ગુદા દ્વારા બહાર ખૂલે છે. મુખ, મુખગુહામાં ખૂલે છે. મુખગુહામાં ઘણા દાંત અને સ્નાયુલ જીભ આવેલ છે. દરેક દાંત જડબાના અસ્થિના ખાડામાં ખૂપેલા હોય છે (આકૃતિ 16.2). આ પ્રકારના જોડાણને **કુપદંતી (Thecodont)** કહે છે. મોટા ભાગના માનવ સહિતના સસ્તનો તેમના જીવનકાળ દરમિયાન બે પ્રકારના દાંત ઉત્પન્ન કરે છે, કાયમી અથવા પુખ્ત દાંત, હંગામી અથવા દૂધિયા દાંતનું સ્થાન લે છે. આ પ્રકારના



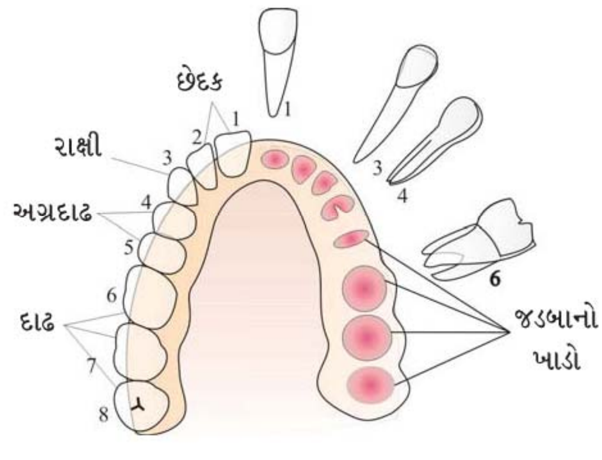
આકૃતિ 16.1 : માનવનું પાચનતંત્ર

દંતવિન્યાસને **પ્રતિસ્થાપી દાંત (Diphyodont)** કહે છે. પુખ્ત માનવમાં 32 દાંત હોય છે, જેના ચાર પ્રકારો છે. (વિષમદંતી દંતવિન્યાસ Heterodont) જેવા કે; છેદક (I), રાક્ષી (C), અગ્રદાઢ (PM) અને દાઢ (M). ઉપરના અને નીચેના દરેક જડબાના અડધા ભાગમાં દાંતની ગોઠવણી I, C, PM, M ક્રમમાં, દંતસૂત્રની જેમ પ્રદર્શિત થાય છે, માનવનું દંતસૂત્ર $\frac{2123}{2123}$ છે. ચાવવા માટેની દાંતની સખત સપાટી ઈનેમલની બનેલ છે, જે ખોરાકને ચાવવામાં મદદ કરે છે. જીભ એ મુક્ત રીતે હલનચલન કરી શકતું સ્નાયુલ અંગ છે. જે ફ્રેનુલમ (Frenulum) દ્વારા મુખગુહાના તળીયે જોડાયેલી છે. જીભની ઉપરની સપાટી ઉપર નાના ઉપસેલ ભાગો જોવા મળે છે. જેને અંકુરકો (Papillae) કહે છે. જેમાંના કેટલાક સ્વાદ કલિકાઓ ધરાવે છે.

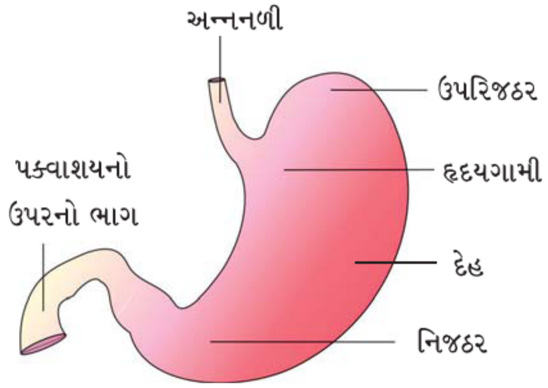
મુખગુહા ટૂંકી કંઠનળીમાં ખૂલે છે. જે ખોરાક અને હવા બન્નેનો સામાન્ય માર્ગ છે. કંઠનળી અન્નનળી અને શ્વાસનળીમાં ખૂલે છે. ઘાંટી ઢાંકણ (Epiglottis) તરીકે ઓળખાતી કાસ્થિની ઢાંકણ

જેવી રચના, ગળતી વખતે ખોરાકને શ્વાસનળીના છિદ્ર શ્વાસદ્વાર (Glottis)માં પ્રવેશતો અટકાવે છે. અન્નનળી પાતળી, લાંબી નળી છે. જે પશ્ચ તરફ ગરદન, ઉરસ અને ઉરોદરપટલમાંથી પસાર થઈ 'J' આકારની કોથળી જેવી રચના જઠરમાં ખૂલે છે. અન્નનળીનાં જઠરમાં ખુલતા છિદ્રનું નિયમન મુદ્રિકા સ્નાયુ (જઠર-અન્નનાલીય) દ્વારા થાય છે. જઠર ઉદરીય ગુહાની ઉપરની ડાબી બાજુએ સ્થાન પામેલ છે. જે મુખ્ય ત્રણ ભાગોમાં વિભાજિત થાય છે, **હૃદયગામી ભાગ** કે જેમાં અન્નનળી ખૂલે છે, **ઉપરી જઠર** (Fundic) અને **નિજઠર** કે જે નાના આંતરડાના પ્રથમ ભાગમાં ખૂલે છે, (આકૃતિ 16.3). નાનું આંતરડું ત્રણ ભાગમાં વિભાજિત થાય છે, 'C' આકારનું પક્વાશય, લાંબો ગૂંચળામય મધ્ય ભાગ મધ્યાંત્ર અને ખૂબ જ ગૂંચળામય શેષાંત્ર. જઠરના પક્વાશયમાં ખૂલતાં દ્વાર(છિદ્ર)નું સંચાલન નિજઠર મુદ્રિકા સ્નાયુ દ્વારા થાય છે. શેષાંત્ર, મોટા આંતરડામાં ખૂલે છે. જે અંધાંત્ર, કોલોન અને મળાશય ધરાવે છે. અંધાંત્ર એક નાની અંધ કોથળી (એક છેડેથી બંધ) છે, જે કેટલાક સહજીવી સૂક્ષ્મજીવો માટે યજમાન છે. અંધાંત્રમાંથી સાંકડો આંગળી જેવો નલિકામય ભાગ નીકળે છે. જેને આંત્રપુચ્છ કહે છે. જે એક અવશિષ્ટ અંગ છે. અંધાંત્ર, કોલોનમાં ખૂલે છે. કોલોન ત્રણ ભાગમાં વિભાજિત થાય છે. ઊર્ધ્વગામી કોલોન, અનુપ્રસ્થ કોલોન અને અધોગામી કોલોન. અધોગામી કોલોન મળાશયમાં ખૂલે છે જે મળદ્વાર (ગુદા) દ્વારા બહાર ખૂલે છે.

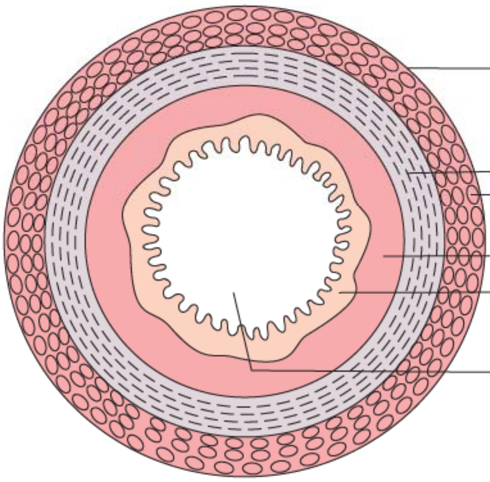
પાચનમાર્ગની દીવાલમાં અન્નનળીથી મળાશય સુધીના ભાગોમાં ચાર સ્તરો (આકૃતિ 16.4) આવેલા છે. જેવા કે લસીસ્તર, સ્નાયુસ્તર, અધઃશ્લેષ્મસ્તર અને શ્લેષ્મસ્તર. લસીસ્તર સૌથી બહારનું અને પાતળા મેસોથેલિયમ (અંતરંગીય અંગોનું અધિચ્છદ) અને કેટલીક સંયોજક પેશીનું બનેલું છે. સ્નાયુસ્તર, અંદરની તરફ વર્તુળી સ્નાયુઓ અને બહારની તરફ આયામ (સરળ) સ્નાયુઓનું બનેલું છે. કેટલાક ભાગોમાં ત્રાંસા સ્નાયુઓનું સ્તર (Oblique muscle layer) આવેલ હોય છે. અધઃશ્લેષ્મસ્તર ચેતાઓ, રુધિર અને લસિકાવાહિનીઓ યુક્ત શિથિલ સંયોજક પેશીનું બનેલ છે. પક્વાશયના અધઃશ્લેષ્મમાં ગ્રંથિઓ પણ હોય છે. પાચનમાર્ગની ગુહાનું સૌથી અંદરનું સ્તર શ્લેષ્મસ્તર છે. આ



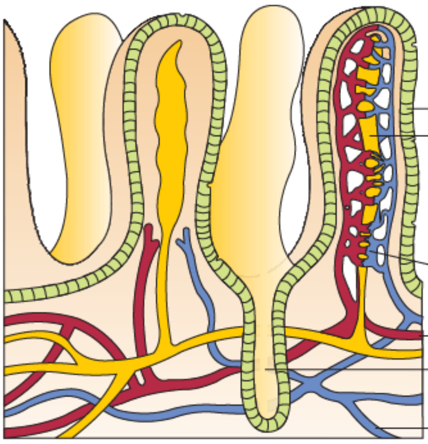
આકૃતિ 16.2 : જડબાની એક બાજુ વિવિધ પ્રકારના દાંતની ગોઠવણી અને બીજી તરફ ખાડાઓ



આકૃતિ 16.3 : માનવ જઠરની અંતઃસ્થ પ્રદેશો



આકૃતિ 16.4 : પાચનમાર્ગના આડા છેદની રેખાકૃતિ



આકૃતિ 16.5 : શ્લેષ્મસ્તરના રસાંકુર દર્શાવતો નાના આંતરડાનો છેદ

સ્તર જઠરમાં અનિયમિત ગડીઓ (Rugae) બનાવે છે અને નાના આંતરડામાં રસાંકુર (Villi) તરીકે ઓળખાતા નાના આંગળી જેવા પ્રવર્ધો આવેલા હોય છે (આકૃતિ 16.5). રસાંકુરની સપાટી ઉપર જોવા મળતા કોષોમાંથી સૂક્ષ્મ પ્રવર્ધો નીકળે છે જેને **સૂક્ષ્મ રસાંકુરો** કહે છે. જે બ્રશની સીમા (Brush border) જેવું દેખાય છે. આ રૂપાંતરણ સપાટી વિસ્તારને ખૂબ વિસ્તૃત કરે છે. રસાંકુરોમાં કેશિકાઓનું જાળું અને મોટી લસિકાવાહિની કે જેને પયસ્વિની (Lacteal) કહે છે તે આવેલ હોય છે. શ્લેષ્મસ્તરની ઉપકલા (Epithelium) ઉપર ગોબ્લેટ કોષો આવેલા હોય છે જે શ્લેષ્મનો સ્રાવ કરે છે. જે ઘર્ષણ નિરોધક તરીકે મદદ કરે છે. શ્લેષ્મસ્તર જઠરમાં પણ ગ્રંથિઓ (જઠર ગ્રંથિ) બનાવે છે અને આંતરડામાં રસાંકુરોના તળિયાની વચ્ચે ખાડાઓ (લીબરકુહન ગુહાઓ) બનાવે છે. બધા ચાર સ્તરો પાચનમાર્ગના વિવિધ ભાગોમાં રૂપાંતરણ દર્શાવે છે.

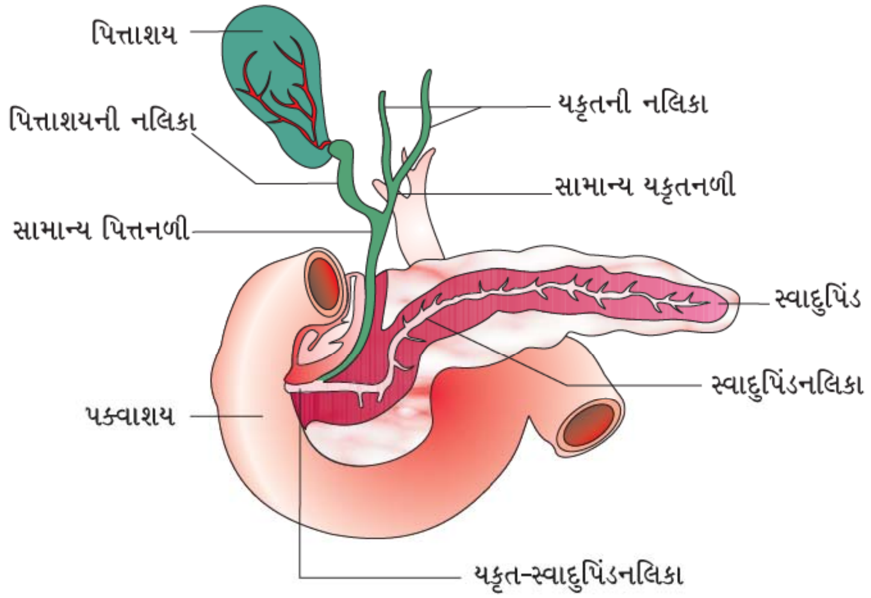
16.1.2 પાચક ગ્રંથિઓ (Digestive Glands)

પાચનમાર્ગ સાથે સંકળાયેલી પાચક ગ્રંથિઓમાં લાળગ્રંથિઓ, યકૃત અને સ્વાદુપિંડનો સમાવેશ થાય છે.

લાળ મુખ્યત્વે લાળગ્રંથિઓની ત્રણ જોડ દ્વારા નિર્માણ પામે છે. જે ઉપકર્ણ (ગાલ). અધોહનુ (નીચલું જડબુ) અને અધો જીહ્વા (જીભની નીચે) છે. આ ગ્રંથિઓ મુખગુહાની સહેજ

બહારની બાજુ આવેલ છે જે લાળરસનો સ્રાવ મુખગુહામાં કરે છે.

યકૃત શરીરની સૌથી મોટી ગ્રંથિ છે. જેનું પુખ્ત મનુષ્યમાં વજન 1.2 થી 1.5 કિગ્રા હોય છે. તે ઉદરીય ગુહામાં ઉરોદરપટલની સહેજ નીચે સ્થાન પામેલ છે. તે બે ખંડો ધરાવે છે. યકૃત ખંડિકાઓ એ યકૃતનો રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમ છે જે મજબૂત હરોળ સ્વરૂપે ગોઠવાયેલા યકૃત કોષો ધરાવે છે. દરેક ખંડિકા પાતળી સંયોજક પેશીના આવરણથી આવૃત્ત હોય છે. જેને ગ્લિસન્સ્ કેપ્સ્યુલ (Glisson's Capsule) કહે છે. યકૃત કોષો દ્વારા સ્રવિત પિત્તરસ, યકૃત નલિકા દ્વારા પસાર થઈ પાતળી સ્નાયુલ કોથળી, પિત્તાશયમાં સંગ્રહ અને સંકેન્દ્રિત થાય છે. પિત્તાશયની નલિકા (પિત્તનલિકા (Cystic duct)), યકૃતની યકૃતનલિકા સાથે જોડાઈ સામાન્ય પિત્તનલિકા બનાવે છે (આકૃતિ 16.6).



આકૃતિ 16.6 : યકૃત, પિત્તાશય અને સ્વાદુપિંડનું નલિકાતંત્ર

પિત્તનલિકા અને સ્વાદુપિંડનલિકા ભેગી મળી પક્વાશયમાં સામાન્ય યકૃત-સ્વાદુપિંડનલિકા દ્વારા ખુલે છે, જે ઓડિ (Oddi)ના મુદ્રિકા સ્નાયુ (વાલ્વ) તરીકે ઓળખાતા મુદ્રિકા સ્નાયુ (Sphincter) દ્વારા સુરક્ષિત છે.

સ્વાદુપિંડ એ સંયુક્ત (બાહ્યસ્રાવી અને અંતઃસ્રાવી બન્ને), લંબાયેલું (પ્રલંબિત) અંગ છે જે 'U' આકારના પક્વાશયની વચ્ચે સ્થાન પામેલ છે. બાહ્યસ્રાવી ભાગ ઉત્સેચકોયુક્ત બેઝિક સ્વાદુરસનો સ્રાવ કરે છે અને અંતઃસ્રાવી ભાગ ઇન્સ્યુલિન અને ગ્લુકાગોન અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરે છે.

16.2 ખોરાકનું પાચન (Digestion of food)

પાચનની પ્રક્રિયા યાંત્રિક અને રાસાયણિક પ્રક્રિયાઓ દ્વારા પૂર્ણ થાય છે.

મુખગુહાના મુખ્ય બે કાર્યો છે, ખોરાકને ચાવવો અને ગળવાની સાનુકૂળતા. લાળની મદદથી દાંત અને જીભ ખોરાકને સારી રીતે ચાવે અને મિશ્ર કરે છે. લાળમાંનું શ્લેષ્મ ચવાયેલ ખોરાકના કણોને

ચોંટાડવામાં અને લીસો બનાવી **કોળિયો** બનાવવામાં મદદ કરે છે. હવે **ગળવાની** ક્રિયા દ્વારા કોળિયો કંઠનળી અને ત્યાર બાદ અન્નનળીમાં પસાર થાય છે. કોળિયો સ્નાયુના ક્રમિક તરંગિત સંકોચન કે 'પરીસંકોચન' કહે છે તેના દ્વારા અન્નનળીમાં આગળ વધે છે. જઠર-અન્નનાલીય મુદ્રિકા સ્નાયુ જઠરમાં જતા ખોરાકનું નિયંત્રણ કરે છે. ઇલેક્ટ્રૉલાઇટ્સ (Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^-) અને ઉત્સેચકો : લાળરસમાં રહેલ એમાયલેઝ (ટાઇલિન) અને લાઇસોઝાઇમ ધરાવતી લાળ મુખગુહામાં સ્રવે છે. પાચનની રાસાયણિક પ્રક્રિયા મુખગુહામાં કાર્બોદિતનું જળવિભાજન કરતા લાળ એમાયલેઝ ઉત્સેચક દ્વારા શરૂ થાય છે. લગભગ 30 % સ્ટાર્ચનું જળવિચ્છેદન આ ઉત્સેચક (ઇષ્ટતમ p^H - 6.8) દ્વારા ડાયસેકેરાઇડ માલ્ટોઝમાં થાય છે. લાળમાં રહેલા લાઇસોઝાઇમ, ચેપ સામે રક્ષણ આપી જીવાણુનાશક તરીકે વર્તે છે.

$$\text{સ્ટાર્ચ} \xrightarrow[p^H \cdot 6.8]{\text{(લાળ એમાયલેઝ) ટાઇલિન}} \text{માલ્ટોઝ}$$

જઠરના શ્લેષ્મસ્તરમાં જઠર ગ્રંથિઓ આવેલી છે. જઠર ગ્રંથિમાં મુખ્ય ત્રણ પ્રકારના કોષો આવેલ છે. જેવા કે :

(i) શ્લેષ્મનો સ્રાવ કરતા શ્લેષ્મીય ગ્રીવા કોષો (ગોબ્લેટ કોષો)

(ii) નિષ્ક્રિય ઉત્સેચક પેપ્સિનોજેનનો સ્રાવ કરતા પેપ્ટિક અથવા મુખ્ય કોષો; અને

(iii) HCl અને અંતર્ગત (Intrinsic) કારક(વિટામિન B_{12} ના શોષણ માટે આવશ્યક કારક)નો સ્રાવ કરતા પેરાઇટલ (Parietal) અથવા ઑક્સિન્ટિક કોષો.

જઠર ખોરાકનો સંગ્રહ 4-5 કલાકો સુધી કરે છે. જઠરની દીવાલના સ્નાયુઓના વલોવવાની ક્રિયા દ્વારા ખોરાક અમ્લિય જઠરરસ સાથે બરાબર મિશ્રીત થાય છે. જેને **જઠરપાક (Chyme)** કહે છે. નિષ્ક્રિય પેપ્સિનોજેન હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડના સંપર્કમાં આવતા જઠરનો પ્રોટિઓલાયટીક ઉત્સેચક સક્રિય પેપ્સિનમાં ફેરવાય છે. પેપ્સિન, પ્રોટીનને પ્રોટીઓસીસ અને પેપ્ટોન્સ(પેપ્ટાઇડ્સ)માં ફેરવે છે. જઠરરસમાં આવેલ શ્લેષ્મ અને બાયકાર્બોનેટ, શ્લેષ્મીય અધિચ્છદનું ઊંજણ અને અતિ સાંદ્ર હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડથી તેનો બચાવ કરવામાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. HCl પેપ્સીન માટે યોગ્ય અમ્લિય pH (pH . 1.8) માધ્યમ પૂરું પાડે છે. પ્રોટીઓલાયટીક ઉત્સેચક રેનીન નવજાત શિશુના જઠરરસમાં હોય છે. જે દૂધમાં રહેલ પ્રોટીનના પાચનમાં મદદ કરે છે. જઠર ગ્રંથિ દ્વારા ઓછા પ્રમાણમાં લાઇપેઝનો પણ સ્રાવ થાય છે.

નાના આંતરડાનું સ્નાયુસ્તર વિવિધ પ્રકારના હલનચલન ઉત્પન્ન કરે છે. આ પ્રકારના હલનચલન આંતરડામાં ખોરાકને વિવિધ સ્રાવો સાથે મિશ્ર કરવામાં મદદ કરે છે અને પાચન માટેની સાનુકૂળતા પૂરી પાડે છે. પિત્તરસ, સ્વાદુરસ અને આંત્રરસ જેવા સ્રાવો નાના આંતરડામાં મુક્ત થાય છે. સ્વાદુરસ અને પિત્તરસ યકૃત-સ્વાદુપિંડનલિકા દ્વારા મુક્ત થાય છે. સ્વાદુરસ નિષ્ક્રિય ઉત્સેચકો-ટ્રિપ્સિનોજેન, કાયમો ટ્રિપ્સિનોજેન, પ્રોકાર્બોક્સિપેપ્ટીડેઝ,

એમાયલેઝ, લાયપેઝ અને ન્યુક્લિએઝ ધરાવે છે. ટ્રિપ્સિનોજેન, આંતરડાના શ્લેષ્મસ્તર દ્વારા સ્રવિત ઉત્સેચક એન્ટેરોકાયનેઝ દ્વારા સક્રિય ટ્રિપ્સિનમાં ફેરવાય છે, જે સ્વાદુરસના અન્ય ઉત્સેચકોને સક્રિય કરે છે. પક્વાશયમાં મુક્ત થતું પિત્ત, પિત્તરંજકો (બિલિરૂબિન અને બિલિવર્ડીન), પિત્તક્ષારો, કોલેસ્ટેરોલ અને ફૉસ્ફોલિપિડ ધરાવે છે પણ ઉત્સેચકો હોતા નથી. પિત્ત ચરબીના તૈલોદીકરણમાં મદદ કરે છે એટલે કે; ચરબીને તોડી ખૂબ નાના ગોલકોમાં ફેરવે છે. પિત્ત લાયપેઝીસને પણ સક્રિય કરે છે.

આંતરડાના શ્લેષ્મીય અધિચ્છદના **ગોબ્લેટ કોષો** શ્લેષ્મનો સ્રાવ કરે છે. શ્લેષ્મ-સ્તરના બ્રશ બોર્ડર કોષોનો સ્રાવ ગોબ્લેટ કોષોના સ્રાવ સાથે મળી **આંત્રરસ (Succus entericus)** રચે છે. આ રસ વિવિધ પ્રકારના ઉત્સેચકો ધરાવે છે. જેવા કે ડાયસેકેરીડેઝીસ (ઉદા., માલ્ટેઝ), ડાયપેપ્ટિડેઝ, લાયપેઝ, ન્યુક્લિઓસાઈડેઝ વગેરે. શ્લેષ્મ સ્વાદુપિંડના બાયકાર્બોનેટ્સ સાથે મળી આંતરડાના શ્લેષ્મસ્તરનું ઍસિડ સામે રક્ષણ તથા ઉત્સેચકીય પ્રક્રિયા માટે અલ્કલીય (બેઝિક) માધ્યમ (pH . 7.8) પૂરું પાડે છે. અધઃશ્લેષ્મ ગ્રંથિઓ (બ્રુર્નસ ગ્રંથિઓ) પણ તેમાં મદદ કરે છે.

આંતરડામાં પહોંચેલ જઠરપાકમાં રહેલ પ્રોટીન, પ્રોટિઓઝીસ અને પેપ્ટોન્સ (અંશતઃ જળવિભાજિત પ્રોટીન) ઉપર નીચે આપેલ સ્વાદુરસના પ્રોટીઓલાયટીક ઉત્સેચકો પ્રક્રિયા કરે છે.

$$\left.\begin{array}{l}\text{પ્રોટીન્સ}\\ \text{પેપ્ટોન્સ}\\ \text{પ્રોટિઓઝીસ}\end{array}\right\}\xrightarrow[\text{કાર્બોક્સિપેપ્ટીડેઝ}]{\text{ટ્રિપ્સિન / કાયમોટ્રિપ્સિન}}\text{ડાયપેપ્ટાઇડ}$$

જઠરપાકના કાર્બોદિતોનું સ્વાદુરસના એમાયલેઝ દ્વારા જળવિભાજન થઈ ડાયસેકેરાઇડ બને છે.

$$\text{પૉલિસેકેરાઇડ (સ્ટાર્ચ)}\xrightarrow{\text{એમાયલેઝ}}\text{ડાયસેકેરાઇડ (માલ્ટોઝ)}$$

પિત્ત અને લાયપેઝની મદદથી ચરબીનું ડાય અને મોનોગ્લિસરાઇડમાં વિઘટન થાય છે.

$$\text{લિપિડ}\xrightarrow{\text{લાયપેઝીસ}}\text{ડાયગ્લિસરાઇડ}\longrightarrow\text{મોનોગ્લિસરાઇડ}$$

સ્વાદુરસનો ન્યુક્લિએઝ ન્યુક્લિક ઍસિડ ઉપર પ્રક્રિયા કરી ન્યુક્લિઓટાઇડ અને ન્યુક્લિઓસાઇડ બનાવે છે.

$$\text{ન્યુક્લિક ઍસિડ}\xrightarrow{\text{ન્યુક્લિએઝીસ}}\text{ન્યુક્લિકઓટાઇડ્સ}\longrightarrow\text{ન્યુક્લિકઓસાઇડ્સ}$$

આંત્રરસના ઉત્સેચકો ઉપરની પ્રક્રિયાઓની અંતિમ નીપજો ઉપર પ્રક્રિયાઓ કરી તેને શોષી શકાય તેવા સરળ સ્વરૂપમાં ફેરવે છે. પાચનનો આ અંતિમ તબક્કો આંતરડાના શ્લેષ્મીય અધિચ્છદીય કોષોની ખૂબ જ નજીક થાય છે.

ડાયપેપ્ટાઇડ $\xrightarrow{\text{ડાયપેપ્ટિડેઝીસ}}$ એમીનો ઍસિડ્સ

માલ્ટોઝ $\xrightarrow{\text{માલ્ટેઝ}}$ ગ્લુકોઝ + ગ્લુકોઝ

લૅક્ટોઝ $\xrightarrow{\text{લૅક્ટેઝ}}$ ગ્લુકોઝ + ગેલૅક્ટોઝ

સુક્રોઝ $\xrightarrow{\text{સુક્રેઝ}}$ ગ્લુકોઝ + ફ્રુક્ટોઝ

ન્યુક્લિઓટાઇડ્સ $\xrightarrow{\text{ન્યુક્લિઓટાઇડેઝીસ}}$ ન્યુક્લિઓસાઇડ્સ $\xrightarrow{\text{ન્યુક્લિઓસાઇડેઝીસ}}$ શર્કરાઓ + બેઇઝીસ

ડાય અને મોનોગ્લિસરાઇડ $\xrightarrow{\text{લાઇપેઝીસ}}$ ફેટી ઍસિડ્સ + ગ્લિસરોલ

ઉપર દર્શાવેલ જૈવ મહાઅણુઓનું વિઘટન નાના આંતરડાના પક્વાશય ભાગમાં થાય છે. આમ ઉત્પન્ન થયેલા સરળ ઘટકો નાના આંતરડાના મધ્યાંત્ર અને શેષાંત્રના ભાગમાં શોષાય છે. અપાચિત અને ન શોષાયેલ ઘટકો મોટા આંતરડામાં પસાર થાય છે.

મોટા આંતરડામાં કોઈ મહત્ત્વની પાચનક્રિયા થતી નથી. મોટા આંતરડાનાં કાર્યો :

(i) કેટલુંક પાણી, ખનીજતત્ત્વો અને કેટલાંક ઔષધોનું અભિશોષણ.

(ii) શ્લેષ્મનો સ્રાવ નકામા (અપાચિત) કણોને ભેગા કરી જોડે છે અને સરળ વહન માટે તેને ઉંજણ પૂરું પાડે છે.

અપાચિત અને અશોષિત પદાર્થો કે જેને મળ કહે છે. જે ઇલીઓ-સિકલ વાલ્વ (Ileo-caecal valve) દ્વારા મોટા આંતરડાના અંધાંત્રમાં દાખલ થાય છે. જે મળને પાછળ જતો રોકે છે. તે મળત્યાગ પહેલા મળાશયમાં હંગામી સંગ્રહ પામે છે.

જઠર-આંત્રીય માર્ગના વિવિધ ભાગોની ક્રિયાશીલતાનું સુચારુ સહનિયમન કુદરતી અને અંતઃસ્રાવી નિયમન હેઠળ થાય છે. ખોરાકને જોવાથી, સૂંઘવાથી અને / અથવા મુખગુહામાં તેની હાજરી લાળરસના સ્રાવને ઉત્તેજે છે. જઠરીય અને આંત્રીય સ્રાવો પણ સમાન રીતે કુદરતી સંકેતો દ્વારા ઉત્તેજિત થાય છે. પાચનમાર્ગના વિવિધ ભાગોના સ્નાયુઓની ક્રિયાઓ પણ સ્થાનિક અને મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર એમ બંને કુદરતી પ્રક્રિયાઓ દ્વારા નિયમન પામે છે. પાચકરસોના સ્રાવોનું અંતઃસ્રાવી નિયંત્રણ જઠર અને આંત્રીય શ્લેષ્મસ્તરમાંથી ઉત્પન્ન થતા સ્થાનિક અંતઃસ્રાવો દ્વારા થાય છે.

પ્રોટીન, કાર્બોદિત અને ચરબીનું કેલરી મૂલ્ય

પ્રાણીઓની શક્તિની જરૂરિયાત અને ખોરાકમાંની શક્તિ ઉષ્મા ઊર્જાના માપથી દર્શાવાય છે, કારણ કે બધી શક્તિઓનું અંતિમ સ્વરૂપ ઉષ્મા છે. ઘણુંખરું તે કેલરી (Cal) અથવા જૂલ (J) દ્વારા મપાય છે, જે 1 ગ્રામ પાણીનું 1 °C તાપમાન વધારવા માટે વપરાતી ઉષ્મા છે. આ માપ અતિસૂક્ષ્મ ઊર્જાના માપ હોવાથી દેહધર્મ વિદ્યાવિદ્દો એક કિલો કેલરી (Kcal) કે કિલોજૂલ (KJ)નો ઉપયોગ કરે છે. એક કિલો કેલરી એ એક 1 કિલોગ્રામ પાણીને 1 °C ગરમ કરવા માટે વપરાતી ઉષ્માનું માપ છે. પોષણવિદ્દો સામાન્ય રીતે Kcalને કેલરી અથવા જૂલ દ્વારા દર્શાવે છે. 1 ગ્રામ ખોરાકને બોમ્બ કેલોરીમીટર (ઑક્સિજન યુક્ત બંધ ધાતુપેટી)માં સંપૂર્ણ દહનથી પ્રાપ્ત થતી શક્તિને કુલ કેલરી કે કુલ ઊર્જા મૂલ્ય કહે છે. 1 ગ્રામ ખોરાકના વાસ્તવિક દહન માટે જરૂરી ઊર્જાને તેની દેહધાર્મિક ઊર્જા કહે છે. કાર્બોદિતો, પ્રોટીન્સ અને ચરબી અનુક્રમે 4.1 kcal/g, 5.65 kcal/g અને 9.45 kcal/g કુલ કેલરી મૂલ્ય ધરાવે છે. જ્યારે તેઓના દેહધાર્મિક મૂલ્યો અનુક્રમે 4.0 kcal/g, 4.0 kcal/g અને 9.0 kcal/g છે.

16.3 પાચિત ઉત્પાદનોનું અભિશોષણ (Absorption of Digested Products)

અભિશોષણ એટલે પાચનની અંતિમ નીપજોનું આંત્રીય શ્લેષ્મસ્તર મારફતે રુધિર અથવા લસિકામાં પ્રવેશની પ્રક્રિયા. જે નિષ્ક્રિય, સક્રિય અને સાનુકૂલિત વહનની પ્રક્રિયા દ્વારા થાય છે. ઓછી માત્રામાં ગ્લુકોઝ જેવા મોનોસેકેરાઇડ, એમિનો ઍસિડ અને કેટલાક ક્લોરાઇડ આયન જેવા ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સ સામાન્ય રીતે સાદા પ્રસરણ દ્વારા શોષાય છે. આ પદાર્થોનું રુધિરમાં પ્રવેશવું તે સાંદ્રતા ઢોળાંશ ઉપર આધારિત છે. તેમ છતાં કેટલાક ઘટકો જેવા કે ગ્લુકોઝ અને એમિનો ઍસિડ્સ એ વાહક પ્રોટીનોની મદદથી શોષાય છે. આ પ્રક્રિયાને સાનુકૂલિત વહન કહે છે.

પાણીનું વહન આસૃતિ ઢોળાંશ ઉપર આધારિત છે. સક્રિય વહન સાંદ્રતા ઢોળાંશની વિરૂદ્ધ થાય છે તેથી શક્તિની જરૂર પડે છે. વિવિધ પોષક ઘટકો જેવા કે એમીનો ઍસિડ ગ્લુકોઝ જેવા મોનોસેકેરાઇડ, Na^+ જેવા ઇલેક્ટ્રૉલાઇટ્સનું રુધિરમાં શોષણ આ પ્રક્રિયા દ્વારા થાય છે.

ફૅટી ઍસિડ અને ગ્લિસરોલ અદ્રાવ્ય હોવાને કારણે રુધિરમાં શોષી શકાતા નથી. સૌપ્રથમ તે નાના બિંદુઓ સાથે સંમિલિત થઈ આંતરડાના શ્લેષ્મસ્તરમાં પ્રવેશે છે જેને મિસેલ્સ (Micelles) કહે છે. તેઓ ફરીથી પ્રોટીન આવૃત્ત કાયલોમાઇક્રોન તરીકે ઓળખાતા ચરબી ગોળકોમાં ફેરવાય છે કે જે રસાંકુરોની લસિકા વાહિની (પયસ્વિની)ઓમાં વહન પામે છે. આ લસિકાવાહિનીઓ આખરે શોષેલા ઘટકોને રુધિર પ્રવાહમાં ઠાલવે છે.

પદાર્થોનું અભિશોષણ પાચનમાર્ગના વિવિધ ભાગોમાં થાય છે, જેવા કે, મુખ, જઠર, નાનું આંતરડું અને મોટું આંતરડું. જો કે મહત્તમ શોષણ નાના આંતરડામાં થાય છે. કોષ્ટક 16.1માં અભિશોષણ(અભિશોષણનું સ્થાન અને શોષાતા પદાર્થો)નો સારાંશ આપેલ છે.

કોષ્ટક 16.1 : પાચનતંત્રના વિવિધ ભાગોમાં અભિશોષણનો સારાંશ

મુખ	જઠર	નાનું આતરડું	મોટું આંતરડું
કેટલીક દવાઓ (ઔષધો) જે મુખ અને જીભની નીચેની સપાટીના શ્લેષ્મ-સ્તરના સંપર્કમાં આવે છે. તે તેની રુધિર કેશિકાઓમાં અભિશોષિત થાય છે.	પાણી, સરળ શર્કરા અને આલ્કોહોલ વગેરેનું અભિશોષણ અહીં થાય છે.	પોષક ઘટકોના અભિશોષણનું મુખ્ય અંગ. અહીં પાચનની ક્રિયા પૂર્ણ થાય છે અને પાચનની અંતિમ નીપજો જેવી કે, ગ્લુકોઝ, ફ્રુક્ટોઝ, ફૅટી ઍસિડ્સ, ગ્લિસરોલ અને એમિનો ઍસિડ્સનું શ્લેષ્મસ્તર દ્વારા રુધિર પ્રવાહ અને લસિકામાં અભિશોષણ થાય છે.	પાણી, કેટલાક ખનીજ તત્વો અને દવાઓ(ઔષધો)નું અભિશોષણ અહીં થાય છે.

અભિશોષિત પદાર્થો અંતે પેશીઓમાં પહોંચે છે જ્યાં તેમની પ્રક્રિયાઓમાં તે વપરાય છે. આ પ્રક્રિયાને સ્વાંગીકરણ (Assimilation) કહે છે.

પાચનના નકામાં ઘટકો મળાશયમાં સખત થઈ સુસંગત મળ બને છે. જે કુદરતી ચેતાકીય પરાવર્તી (Neural reflex) ક્રિયા શરૂ કરે છે જેથી મળત્યાગની ઇચ્છા પેદા થાય છે. મળનો મળદ્વાર દ્વારા બહાર નિકાલ એ એક ઐચ્છિક પ્રક્રિયા છે અને તે સામૂહિક પરિસંકોચન ગતિ (તરંગવત્ સંકોચન) દ્વારા થાય છે.

16.4 પાચનતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of Digestive System)

પાચનમાર્ગની બળતરા એ બૅક્ટેરિયા અથવા વાયરસના ચેપથી થતી સામાન્ય બીમારી છે. આ ઉપરાંત આંતરડાના પરોપજીવીઓ જેવા કે પટ્ટીકૃમિ, ગોળકૃમિ (Roundworm), તંતુકૃમિ (Threadworm), અંકુશકૃમિ (Hook worm), પિનકૃમિ (Pin worm) વગેરે પણ ચેપનાં કારણો છે.

પીળિયો (*Jaundice*) : આમાં યકૃત અસર પામે છે. પિત્તરંજકોના જમાવડાથી ત્વચા અને આંખો પીળા રંગની દેખાય છે.

ઉલટી (*Vomiting*) : તે જઠરના ઘટકોનું મુખ દ્વારા બહાર નીકળવાની ક્રિયા છે. આ પરાવર્તીત ક્રિયાનું નિયમન લંબમજ્જા(Medulla)માં સ્થિત ઉલટી (Vomit) કેન્દ્ર દ્વારા થાય છે. ઉલટીના પહેલાં બેચેનીની અનુભુતિ થાય છે.

ઝાડા (*Diarrhoea*) : આંતરડાની વારંવાર (થોડા થોડા સમયે) અનિયમિત ગતિ અને નિકાલ પામતા મળમાં પ્રવાહિતાનાં વધારાને ઝાડા કહે છે. તે ખોરાકના અભિશોષણને ઘટાડે છે.

કબજિયાત (*Constipation*) : કબજિયાતમાં આંતરડાની અનિયમિત ગતિને કારણે મળ, મળાશયમાં ભરાઈ રહે છે.

અપચો (*Indigestion*) : આ સ્થિતિમાં ખોરાકનું સંપૂર્ણ પાચન થતું નથી અને પેટ ભરેલું લાગે છે. અપચાનાં કારણોમાં ઉત્સેચકોનો અપૂરતો સ્રાવ, બેચેની, ખોરાકનું ઝેરી થવું, વધુ પડતુ ખાવુ અને મસાલાદાર ખોરાક છે.

PEM : દક્ષિણ અને દક્ષિણ-પૂર્વ એશિયા, દક્ષિણ અમેરિકા અને પશ્ચિમ અને મધ્ય આફ્રિકાના ઘણા વિકાસ પામતા દેશોમાં પ્રોટીન અને કુલ ખાદ્ય કૅલરીની પાચન ઉણપ ખૂબ જ ફેલાયેલ છે. પ્રોટીન-ઉર્જા કુપોષણ [Protein-Energy Malnutrition (PEM)] મોટા પ્રમાણમાં વસતીને સૂકા, દુષ્કાળ અને રાજકીય ગરબડ દરમિયાન અસર કરે છે. આવું કુપોષણ બાંગ્લાદેશમાં આઝાદીની લડાઈ દરમિયાન અને ઈથોપિઆમાં 80ના દાયકાના મધ્યમાં ભયંકર દુષ્કાળ દરમિયાન જોવા મળેલ. PEM, શિશુ અને બાળકોને અસર કરે છે અને તેઓમાં મરાસ્મસ (Marasmus) અને ક્વોશિઓરકર (Kwashiorkar) પેદા કરે છે.

મરાસ્મસ એ પ્રોટીન અને કેલરીની ઉત્તેજનાત્મક ઉણપને કારણે પેદા થાય છે. તે એક વર્ષથી નાના શિશુમાં મળી આવે છે, જ્યારે માતાના દૂધને બદલે ખૂબ જ વહેલા બીજો ખોરાક કે જે બંને પ્રોટીન અને કેલરી મૂલ્યમાં નબળો હોય તે આપવામાં આવે ત્યારે આ ખામી સર્જાય છે. આ માતામાં બીજુ ગર્ભધારણ અથવા પ્રસૂતિ હોય અને મોટું શિશુ હજુ નાનું હોય ત્યારે તે વારંવાર બને છે. મરાસ્મસમાં પ્રોટીનની ઉણપ, નબળી વૃદ્ધિ અને પેશીય પ્રોટીનની ફેરબદલી, શરીરની અતિ ક્ષીણતા અને ઉપાંગો પાતળા થવા, ત્વચા શુષ્ક, પાતળી અને કરચલીયુક્ત થવી વગેરે લક્ષણો જોવા મળે છે. વૃદ્ધિદર અને શરીરના વજનમાં નોંધપાત્ર ઘટાડો જોવા મળે છે. આ ઉપરાંત મગજ અને મગજના વિભાગોની વૃદ્ધિ અને વિકાસ નબળો થાય છે.

ક્વોશિઓકૉર કેલરીની ઉણપથી અલગ પ્રોટીનની ઉણપથી પેદા થાય છે. આ એક વર્ષથી વધુ ઉંમરના બાળકને માતાના દૂધના બદલામાં ઊંચી કેલરીવાળો અને ઓછા પ્રોટીનવાળો ખોરાક આપવામાં આવે તો થાય છે. મરાસ્મસની જેમ ક્વોશિઓરકરમાં સ્નાયુઓનો બગાડ, ઉપાંગો પાતળા થવા, વૃદ્ધિ અને મગજનો વિકાસ નિષ્ફળ જવો. પરંતુ મરાસ્મસથી ભિન્ન, કેટલીક ચરબીનું ત્વચાની નીચે જમા રહેવું; વધારામાં તીવ્ર સોજા શરીરના વિવિધ ભાગોમાં જોવા મળે છે.

સારાંશ

માનવનું પાચનતંત્ર પાચનનળી અને સહાયક પાચક ગ્રંથિઓનું બનેલ છે. પાચનનળી મુખ, મુખગુહા, કંઠનળી, અન્નનળી, જઠર, નાનું આંતરડું, મોટું આંતરડું, મળાશય અને મળદ્વાર ધરાવે છે. સહાયક પાચક ગ્રંથિઓમાં લાળગ્રંથિઓ, યકૃત (પિત્તાશય સાથે) અને સ્વાદુપિંડનો સમાવેશ થાય છે. મુખમાં ખોરાકને ચાવવા દાંત, જીભ ખોરાકનો સ્વાદ પારખવા અને લાળ સાથે બરાબર મિશ્રિત કરી તેને ચાવવા યોગ્ય બનાવે છે. લાળમાં સ્ટાર્ચના પાચન માટેનો ઉત્સેચક લાળ એમાયલેઝ આવેલ છે. જે સ્ટાર્ચને પચાવી માલ્ટોઝ(ડાયસેકેરાઇડ)માં ફેરવે છે. ત્યારબાદ ખોરાક કોળિયા સ્વરૂપે કંઠનળીમાં થઈ અને અન્નનળીમાં પસાર થાય છે, તે આગળ પરિસંકોચન દ્વારા અન્નનળીમાંથી જઠરમાં લઈ જવાય છે. જઠરમાં મુખ્યત્વે પ્રોટીનનું પાચન થાય છે. આ ઉપરાંત સરળ શર્કરા, આલ્કોહોલ અને દવાઓનું અભિશોષણ જઠરમાં થાય છે.

જઠરપાક નાના આંતરડાના પક્વાશયના ભાગમાં દાખલ થાય છે અને સ્વાદુરસ, પિત્તરસ અને આંત્રરસના ઉત્સેચકો તેની ઉપર પ્રક્રિયા કરી તેમાના કાર્બોદિતો, પ્રોટીન અને ચરબીનું પાચન પૂર્ણ કરે છે. ખોરાક ત્યારબાદ નાના આંતરડાના મધ્યાંત્ર અને શેષાંત્રમાં પ્રવેશે છે. કાર્બોદિતો પાચન પામી ગ્લુકોઝ જેવા મોનોસેકેરાઇડ્સમાં રૂપાંતરિત થાય છે. પ્રોટીન, એમિનો ઍસિડમાં વિઘટન પામે છે. ચરબી, ફૅટી ઍસિડ અને ગ્લિસરોલમાં ફેરવાય છે. પાચનની અંત્ય નીપજ આંતરડાના રસાંકુરોના અધિચ્છદીયસ્તર દ્વારા શોષાઈ શરીરમાં પ્રવેશે છે. અપાચિત ખોરાક (મળ) મોટા આંતરડાના અદ્યાંત્રમાં ઇલીઓ-સિકલ (Ileo-caecal) વાલ્વ દ્વારા દાખલ થાય છે, જે મળને પાછો જતો રોકે છે. મોટા ભાગનું પાણી મોટા આંતરડામાં શોષાય છે. અપાચિત ખોરાક અર્ધ-ઘન સ્વરૂપ પ્રાપ્ત કરે છે. અને મળાશય, મળનળી (ગુદાનાળ (Anal canal)) અને અંતે મળદ્વાર દ્વારા નિકાલ પામે છે.

સ્વાધ્યાય

1. નીચેનામાંથી સાચા જવાબ પસંદ કરો :

(a) જઠરરસ ધરાવે છે ....

(i) પેપ્સિન, લાઇપેઝ અને રેનીન

(ii) ટ્રિપ્સિન, લાઇપેઝ અને રેનીન

(iii) ટ્રિપ્સિન, પેપ્સિન અને લાઇપેઝ

(iv) ટ્રિપ્સિન, પેપ્સિન અને રેનીન

(b) સક્કેસ એન્ટેરિક્સ નામ કોને આપવામાં આવે છે ?

(i) શેષાંત્ર અને મોટા આંતરડાના જોડાણને

(ii) આંત્રરસને

(iii) આંત્રમાર્ગના સોજાને

(iv) આંત્રપુચ્છને

2. કૉલમ-I અને કૉલમ-IIને મેળવો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) બિલિરૂબીન અને બિલિવર્ડીન	(i) ઉપકર્ણક
(b) સ્ટાર્ચનું જળવિભાજન	(ii) પિત્ત
(c) ચરબીનું પાચન	(iii) લાઈપેઝ
(d) લાળગ્રંથિ	(iv) એમાયલેઝ

3. ટૂંકમાં જવાબ આપો :
   (a) શા માટે રસાંકુરો આંતરડામાં હોય છે અને જઠરમાં નથી હોતા ?
   (b) પેપ્સિનોજેન તેના સક્રિય સ્વરૂપમાં કઈ રીતે ફેરવાય છે ?
   (c) પાચનનળીની દીવાલના પાયાના સ્તરો કયા છે ?
   (d) ચરબીના પાચનમાં પિત્ત કઈ રીતે મદદ કરે છે ?
4. પ્રોટીનના પાચનમાં સ્વાદુરસનો ફાળો સ્પષ્ટ કરો.
5. જઠરમાં પ્રોટીનના પાચનની પ્રક્રિયા વર્ણવો.
6. માનવનું દંતસૂત્ર આપો.
7. પિત્તરસ પાચક ઉત્સેચકો ધરાવતું નથી છતાં પાચનમાં તે મહત્ત્વનું છે. શા માટે ?
8. પાચનમાં કાયમોટ્રિપ્સિનનો ફાળો વર્ણવો. જે ગ્રંથિમાંથી તે સ્રવે છે, તે શ્રેણીના બે અન્ય ઉત્સેચકો કયા છે ?
9. પૉલિસેકેરાઇડ અને ડાયસેકેરાઇડનું પાચન કેવી રીતે થાય છે ?
10. જઠરમાં HClનો સ્રાવ ન થાય તો શું થાય ?
11. તમારા ખોરાકમાંનું માખણ (Butter) કેવી રીતે પચે છે અને શરીરમાં શોષાય છે ?
12. પાચનમાર્ગના વિવિધ ભાગોમાંથી પસાર થતા ખોરાકમાં પ્રોટીનના પાચનની ચર્ચા કરો.
13. શબ્દ સમજાવો : કુપદંતી અને પ્રતિસ્થાપી દંતવિન્યાસ.
14. પુખ્ત માનવમાં વિવિધ પ્રકારના દાંતનાં નામ અને સંખ્યા જણાવો.
15. યકૃતનું કાર્ય શું છે ?

પ્રકરણ 17

શ્વાસોચ્છ્વાસ અને વાયુઓનું વિનિમય (Breathing and Exchange of Gases)

17.1 શ્વસનાંગો

17.2 શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાવિધિ

17.3 વાયુઓની આપ-લે

17.4 વાયુઓનું વહન

17.5 શ્વસનનું નિયમન

17.6 શ્વસનતંત્રની અનિયમિતતાઓ

તમે આગળ અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છો કે વિવિધ પ્રક્રિયાઓ કરવા માટે જરૂરી શક્તિ મેળવવા ગ્લુકોઝ જેવા પોષક ઘટકોના આડકતરા વિઘટનમાં ઑક્સિજન (O_2) સજીવો દ્વારા વપરાય છે. ઉપરની અપચયિક પ્રક્રિયા દરમિયાન નુકશાનકારક કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) મુક્ત થાય છે. તેથી તે સ્પષ્ટ છે કે કોષોને સતત O_2 મળતો રહેવો જોઈએ અને કોષો દ્વારા ઉત્પન્ન થતો CO_2 મુક્ત થવો જોઈએ. વાતાવરણીય O_2 અને કોષો દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં CO_2ના વિનિમયની આ પ્રક્રિયાને **શ્વાસોચ્છ્વાસ (Breathing)**, જેને સામાન્ય રીતે **શ્વસન (Repiration)** કહે છે. તમારો હાથ તમારી છાતી ઉપર મૂકો; તમે છાતીને ઉપર-નીચી થતી અનુભવશો. તમે જાણો છો કે તે શ્વાસોચ્છ્વાસને કારણે છે. આપણે શ્વાસોચ્છ્વાસ કેવી રીતે કરીએ છીએ ? શ્વસનાંગો અને શ્વાસોચ્છ્વાસની પ્રક્રિયા પ્રકરણના નીચેના વિભાગોમાં વર્ણવી છે.

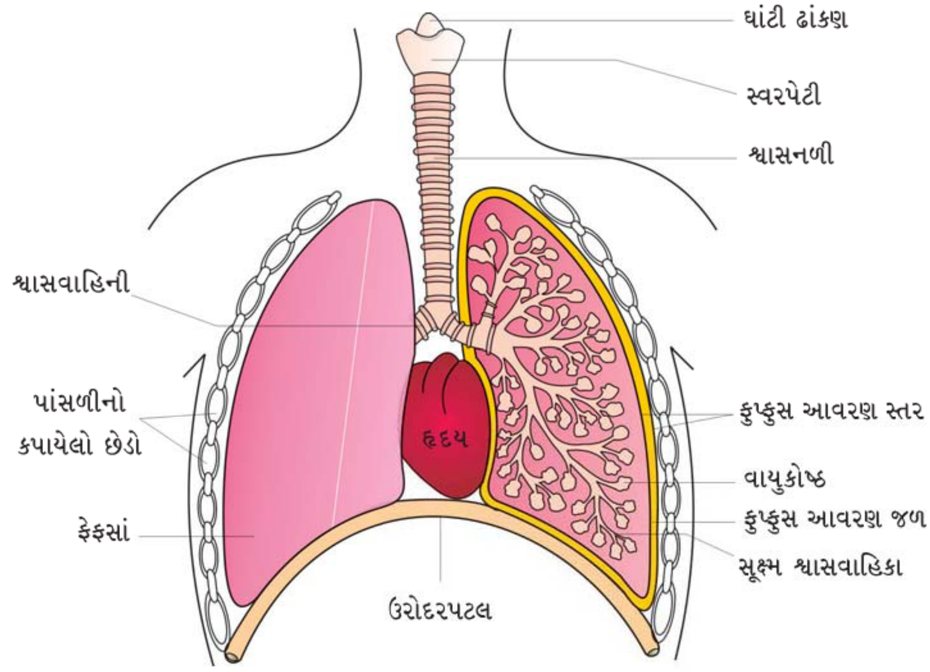
17.1 શ્વસનાંગો (Respiratory organs)

પ્રાણીઓના વિવિધ સમૂહોમાં શ્વાસોચ્છ્વાસની પ્રક્રિયા તેમના નિવાસ્થાનો અને સ્તરીય આયોજન પ્રમાણે બદલાય છે. નીચલી કક્ષાના અપૃષ્ઠવંશીઓ જેવા કે વાદળીઓ, કોષ્ઠાંત્રિઓ, ચપટા કૃમિઓ વગેરે O_2 અને CO_2નું વિનિમય તેમના શરીરની સમગ્ર સપાટીથી સરળ પ્રસરણ દ્વારા કરે છે. અળસિયાં તેમના ભીના ક્યુટિકલનો ઉપયોગ કરે છે. અને કીટકો નલિકાઓની ગોઠવણ (શ્વાસનલિકાઓ) દ્વારા વાતાવરણની હવાનું શરીરમાં વહન કરાવે છે. વાયુઓની આપ-લે માટે મોટા ભાગના જલીય સંધિપાદો અને મૃદુકાયો **ઝાલરો (શ્વસનલિકામય શ્વસન)** કહેવાતી વિશિષ્ટ વાહિનીમય રચનાઓનો ઉપયોગ કરે છે જ્યારે સ્થલીય સ્વરૂપો દ્વારા વાહિનીમય કોથળીઓ કે જેને **ફેફસાં**(ફુપ્ફુસીય શ્વસન) કહે છે, તેના ઉપયોગ કરાય છે. પૃષ્ઠવંશીઓમાં મત્સ્યો ઝાલરોનો ઉપયોગ કરે છે જ્યારે ઉભયજીવીઓ, સરિસૃપો, પક્ષીઓ અને સસ્તનો ફેફસાં દ્વારા શ્વસન કરે છે. દેડકા જેવા ઉભયજીવીઓ તેમની ભીની ત્વચા દ્વારા પણ શ્વસન(ત્વચીય શ્વસન) કરે છે.

સસ્તનોમાં વિકસિત શ્વસનતંત્ર હોય છે.

17.1.1 માનવ શ્વસનતંત્ર (Human Respiratory System)

આપણામાં એક જોડ બાહ્ય નાસિકા છિદ્રો હોય છે. જે ઉપરી હોઠની ઉપર ખૂલે છે. તે નાસિકા માર્ગ દ્વારા નાસિકા ગુહામાં ખૂલે છે. નાસિકા ગુહા, **કંઠનળી**માં ખૂલે છે, કે જે ભાગ ખોરાક અને હવાનો સામાન્ય માર્ગ છે. કંઠનળી સ્વરપેટી(સ્વરયંત્ર) પ્રદેશ દ્વારા **શ્વાસનળી**માં ખૂલે છે. સ્વરયંત્ર કાસ્થિમય પેટી છે. જે અવાજ ઉત્પન્ન કરવામાં મદદ કરે છે અને તેથી તેને **સ્વરપેટી** કહે છે. ખોરાક ગળવાની ક્રિયા દરમિયાન શ્વાસદ્વાર (Glottis) પાતળા સ્થિતિસ્થાપક કાસ્થિમય પડદો કે જેને ઘાંટી ઢાંકણ (Epiglottis) કહે છે તેના દ્વારા ઢંકાય છે. જે ખોરાકનો સ્વરયંત્રમાં પ્રવેશ અટકાવે છે. શ્વાસનળી એ સીધી નળી છે જે મધ્ય-ઉરસીય ગુહા સુધી લંબાયેલી છે. જે 5મી ઉરસીય કશેરૂકાના સ્તરે (સ્થાને) જમણી અને ડાબી **પ્રાથમિક શ્વાસવાહિની**માં વિભાજીત થાય છે. દરેક શ્વાસવાહિની વારંવાર વિભાજન પામી દ્વિતીય અને તૃતીય શ્વાસવાહિનીમાં અને શ્વાસવાહિકા અંતે પાતળી અંત્ય શ્વાસવાહિકામાં અંત પામે છે. શ્વાસનળી, પ્રાથમિક, દ્વિતીય અને તૃતીય શ્વાસવાહિનીઓ અને શરૂઆતની શ્વાસવાહિકાઓ અપૂર્ણ કાસ્થિમય કડીઓ દ્વારા આધાર પામેલ છે. દરેક **અંત્ય શ્વાસવાહિકા**ઓ અંતે ઘણી બધી પાતળી, અનિયમિત દીવાલયુક્ત વાહિકાયુક્ત કોથળી જેવી રચનામાં ખૂલે છે. જેને **વાયુકોષ્ઠ** કહે છે. શ્વાસવાહિની, શ્વાસવાહિકાઓનું શાખિત જાળું અને વાયુકોષ્ઠો ભેગા મળી ફેફસાંની રચના કરે છે (આકૃતિ 17.1). આપણે બે ફેફસાં ધરાવીએ છીએ જે દ્વિસ્તરીય ફુપ્ફુસાવરણ (Pleura) દ્વારા આવૃત્ત હોય છે અને એમની વચ્ચે ફુપ્ફુસાવરણ પ્રવાહી ભરેલ હોય છે. જે ફેફસાંની સપાટીનું ઘર્ષણ ઘટાડે છે.



આકૃતિ 17.1 : માનવ શ્વસનતંત્રની રેખાકૃતિ (ડાબા ફેફસાંનો ઊભો છેદ પણ દર્શાવેલ છે)

બાહ્ય ફુપ્ફુસાવરણનું સ્તર ઉરસીય સપાટીના સંપર્કમાં હોય છે જ્યારે અંતઃ ફુપ્ફુસાવરણનું સ્તર ફેફસાંની સપાટીના સંપર્કમાં હોય છે. બાહ્ય નાસિકા છિદ્રોથી શરૂ થતો ભાગ અંત્ય શ્વાસવાહિકા સુધી સંવહન (Conducting) ભાગ બનાવે છે, જ્યારે વાયુકોષ્ઠો અને તેની નલિકાઓ શ્વસનતંત્રનો શ્વસન અથવા વાયુ વિનિમયનો ભાગ બનાવે છે. સંવહન ભાગ વાતાવરણીય હવા(વાયુ)નું વાયુકોષ્ઠો સુધી વહન, તેને બાહ્ય કણોથી શુદ્ધ (મુક્ત) કરે છે, ભેજયુક્ત કરે છે અને વાયુને શરીરના તાપમાન સુધી લાવે છે. વાયુ વિનિમય ભાગ રુધિર અને વાતાવરણીય હવા વચ્ચે O_2 અને CO_2ના પ્રસરણનું વાસ્તવિક સ્થાન છે.

ફેફસાં અંતઃસ્થ રચનાની દૃષ્ટિએ હવાચુસ્ત ખંડ છે. જે ઉરસીય ગુહામાં સ્થાન પામેલ છે. ઉરસીય ગુહા પૃષ્ઠ બાજુ કરોડસ્તંભ દ્વારા અને વક્ષ બાજુ ઉરોસ્થિ દ્વારા, પાર્શ્વ બાજુ પાંસળીઓ દ્વારા અને નીચેની બાજુ ઘુંમટ આકારના ઉરોદરપટલ દ્વારા બનેલ છે. ઉરસમાં ફેફસાંની અંતઃસ્થ ગોઠવણી એવી હોય છે કે ઉરસીય ગુહાના કદમાં થતો કોઈ પણ ફેરફાર ફુપ્ફુસીય ગુહામાં જોવા (Reflected) મળે છે. આ પ્રકારની ગોઠવણી શ્વાસોચ્છ્વાસ માટે આવશ્યક છે, કારણ કે આપણે સીધા ફેફસાંના કદમાં ફેરફાર કરી શકતા નથી.

શ્વસનમાં નીચેના તબક્કા સમાવિષ્ટ છે :

(i) શ્વાસોચ્છ્વાસ અથવા શ્વસન વાતવિનિમય (Ventilation) દ્વારા વાતાવરણની હવા (વાયુ) અંદર દાખલ થાય અને CO_2 સભર વાયુકોષ્ઠોની હવા બહાર મુક્ત થાય છે.

(ii) વાયુઓનું (O_2 અને CO_2) પ્રસરણ વાયુકોષ્ઠોની સમગ્ર સપાટી દ્વારા થાય છે.

(iii) વાયુઓનું વહન રુધિર દ્વારા થાય છે.

(iv) O_2 અને CO_2નું પ્રસરણ રુધિર અને પેશીઓ વચ્ચે થાય છે.

(v) O_2ને કોષો અપચય ક્રિયાઓમાં વાપરે છે અને પરિણામે CO_2 મુક્ત થાય છે. (કોષીય શ્વસન વિસ્તૃતમાં પ્રકરણ - 14માં).

17.2 શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Breathing)

શ્વાસોચ્છ્વાસમાં બે તબક્કા સમાવિષ્ટ છે : **શ્વાસ** જે દરમિયાન વાતાવરણની હવા (વાયુ) અંદર દાખલ થાય છે અને **ઉચ્છ્વાસ** જેના દ્વારા વાયુકોષ્ઠોમાંની હવા (વાયુ) બહાર મુક્ત થાય છે. વાયુઓની ફેફસાં અને વાતાવરણ વચ્ચેની અવરજવર દાબ ઢોળાંશ દ્વારા સર્જાય છે. શ્વાસ ત્યારે થાય છે જ્યારે ફેફસાંમાંનું દબાણ (આંતર ફુપ્ફુસીય દબાણ) વાતાવરણીય દબાણ કરતા ઓછું હોય એટલે કે, વાતાવરણીય દબાણની સાપેક્ષમાં ફેફસાંનું દબાણ ઋણ હોય છે. તેવી જ રીતે, આંતર ફુપ્ફુસીય દબાણ વાતાવરણીય દબાણ કરતાં વધુ હોય તો ઉચ્છ્વાસ થાય છે. આ પ્રકારનું દબાણ નિર્માણ કરવામાં ઉરોદરપટલ અને પાંસળીઓની વચ્ચે આવેલ વિશિષ્ટ સ્નાયુ જૂથ-બાહ્ય અને અંતઃઆંતર પાંસળી સ્નાયુઓ (ઈન્ટરકોસ્ટલ સ્નાયુ) મદદ કરે છે. શ્વાસ ઉરોદરપટલના સંકોચનથી શરૂ થાય છે જે ઉરસીય ગુહાનું અગ્ર-પશ્ચ અક્ષે કદ વધારે છે. બાહ્ય આંતર પાંસળીય સ્નાયુનું સંકોચન પાંસળીઓ અને ઉરોસ્થિને ઉપર તરફ ખેંચે છે. જેથી

ઉરસીય ગુહાનું પૃષ્ઠ-વક્ષ અક્ષે કદ વધે છે. ઉરસીય ગુહાના કદમાં થતી કોઈ પણ પ્રકારની વૃદ્ધિને કારણે ફેફસાંના કદમાં પણ સમાન વૃદ્ધિ થાય છે. ફેફસાંના કદમાં વધારો, અંતઃ-ફુપ્ફુસીય દબાણમાં ઘટાડો કરે છે. જે વાતાવરણીય દબાણ કરતા ઓછું હોય છે. આ દબાણથી બહારની હવા (વાયુ) ફેફસાંમાં ધકેલાય છે, એટલે કે શ્વાસ થાય છે (આકૃતિ 17.2(a)). ઉરોદરપટલ અને આંતર પાંસળી સ્નાયુઓના શિથિલનથી ઉરોદરપટલ અને ઉરોસ્થી પોતાના મૂળ સ્થાને પરત આવે છે અને ઉરસીય ગુહાનું કદ ઘટે છે. જેથી ફુપ્ફુસીય કદ (ફેફસાંનું કદ) પણ ઘટે છે. જે અંતઃ ફુપ્ફુસીય દબાણને વાતાવરણીય દબાણ કરતા થોડા વધારા તરફ દોરી જાય છે. જેનાથી ફેફસાંની હવા બહાર નીકળે છે. એટલે કે ઉચ્છ્વાસ થાય છે. (આકૃતિ 17.2(b)). આપણે ઉદરમાંના વધારાના સ્નાયુઓની મદદથી શ્વાસ અને ઉચ્છ્વાસની ક્ષમતામાં વધારો કરી શકીએ છીએ. સરેરાશ એક સ્વસ્થ માનવ પ્રતિ મિનિટ 12-16 વખત શ્વાસોચ્છ્વાસ કરે છે. શ્વાસોચ્છ્વાસની ગતિવિધિમાં સામેલ વાયુઓના કદનું માપન સ્પાઈરોમિટરની મદદથી કરવામાં આવે છે. જે ફેફસાંના કાર્યનું દાક્તરી મૂલ્યાંકન કરવામાં મદદ કરે છે.

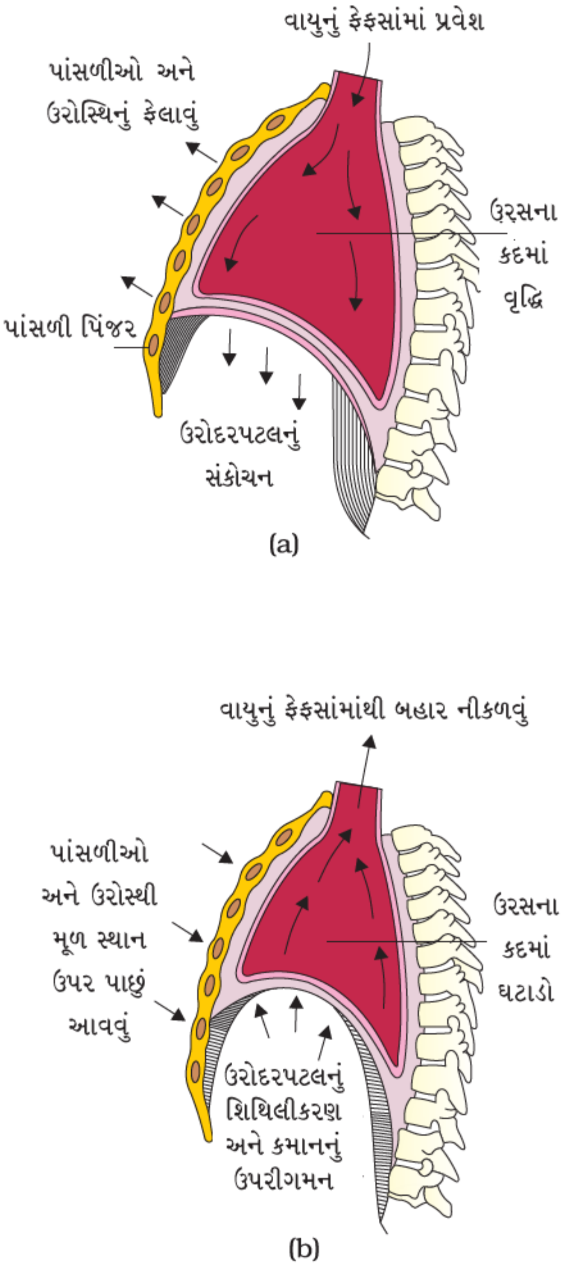
17.2.1 શ્વસનનું કદ અને ક્ષમતા (Respiratory Volumes and Capacities)

ટાઈડલ વૉલ્યૂમ (કદ) (TV) : સામાન્ય શ્વસન ક્રિયા દરમિયાન વાયુઓનું શ્વાસ અને ઉચ્છ્વાસનું કદ. તે આશરે 500 ml (મિલિ) છે. એટલે કે સ્વસ્થ માણસ દર મિનિટે આશરે 6000 થી 8000 મિલિ વાયુનું શ્વાસ અને ઉચ્છ્વાસ કરે છે.

ઈન્સ્પાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમ (IRV) : વાયુનું આ વધારાનું કદ છે જે વ્યક્તિ દબાણપૂર્વક શ્વાસમાં અંદર લે છે. સરેરાશ આ કદ 2500 મિલિ થી 3000 મિલિ છે.

એક્સપાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમ (ERV) : વાયુનું આ વધારાનું કદ છે જે વ્યક્તિ દબાણપૂર્વક ઉચ્છ્વાસ દ્વારા બહાર કાઢે છે. સરેરાશ આ કદ 1000 મિલિથી 1100 મિલિ છે.

રેસિડ્યુઅલ વૉલ્યૂમ (RV) : તે દબાણપૂર્વકના ઉચ્છ્વાસ બાદ ફેફસાંમાં



આકૃતિ 17.2 : શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાવિધિ
(a) શ્વાસ (b) ઉચ્છ્વાસ

વધેલ હવા(વાયુ)નું કદ છે. તે સરેરાશ કદ 1100 મિલિથી 1200 મિલિ છે.

ઉપર વર્ણવેલા કેટલાક શ્વસન કદોને ઉમેરી વિવિધ ફુપ્ફુસીય ક્ષમતા શોધી શકાય છે. જેનો ઉપયોગ દાક્તરી નિદાનમાં કરી શકાય છે.

ઈન્સ્પાયરેટરી કૅપેસિટી (ક્ષમતા) (IC) : સામાન્ય ઉચ્છ્વાસ બાદ વ્યક્તિ દ્વારા દાખલ કરવામાં આવેલ હવાનું કુલ કદ. જેમાં ટાઇડલ વૉલ્યૂમ અને ઈન્સ્પાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમનો સમાવેશ થાય છે. (TV + IRV).

એક્સપાયરેટરી કૅપેસિટી (EC) : સામાન્ય શ્વાસ બાદ વ્યક્તિ દ્વારા નિકાલ કરવામાં આવતી હવાનું કુલ કદ. જેમાં ટાઇડલ વૉલ્યૂમ અને એક્સપાયરેટરી રિઝર્વ વૉલ્યૂમનો સમાવેશ થાય છે. (TV + ERV).

ફંક્સનલ રેસિડ્યુઅલ કૅપેસિટી (FRC) : સામાન્ય ઉચ્છ્વાસ બાદ ફેફસાંમાં રહેલ હવાનું કદ. તેમાં ERV + RVનો સમાવેશ થાય છે.

વાઈટલ કૅપેસિટી (VC) : વ્યક્તિ દ્વારા દબાણપૂર્વકના ઉચ્છ્વાસ બાદ શ્વાસોચ્છ્વાસમાં હવાનું મહત્તમ કદ છે. આમાં ERV, TV અને IRVનો સમાવેશ થાય છે. અથવા આ હવાની મહત્તમ માત્રા છે કે જે વ્યક્તિ દબાણપૂર્વકના શ્વાસ બાદ, ઉચ્છ્વાસ કરી શકે છે.

ટોટલ લંગ કૅપેસિટી (TLC- ફેફસાંની કુલ ક્ષમતા): દબાણપૂર્વકના શ્વાસ બાદ ફેફસાંમાં સમાવિષ્ટ હવાનું કુલ કદ છે. જેમાં RV, ERV, TV અને IRV અથવા વાઈટલ કૅપેસિટી (VC) + રેસિડ્યુઅલ વૉલ્યૂમ(RV)નો સમાવેશ થાય છે.

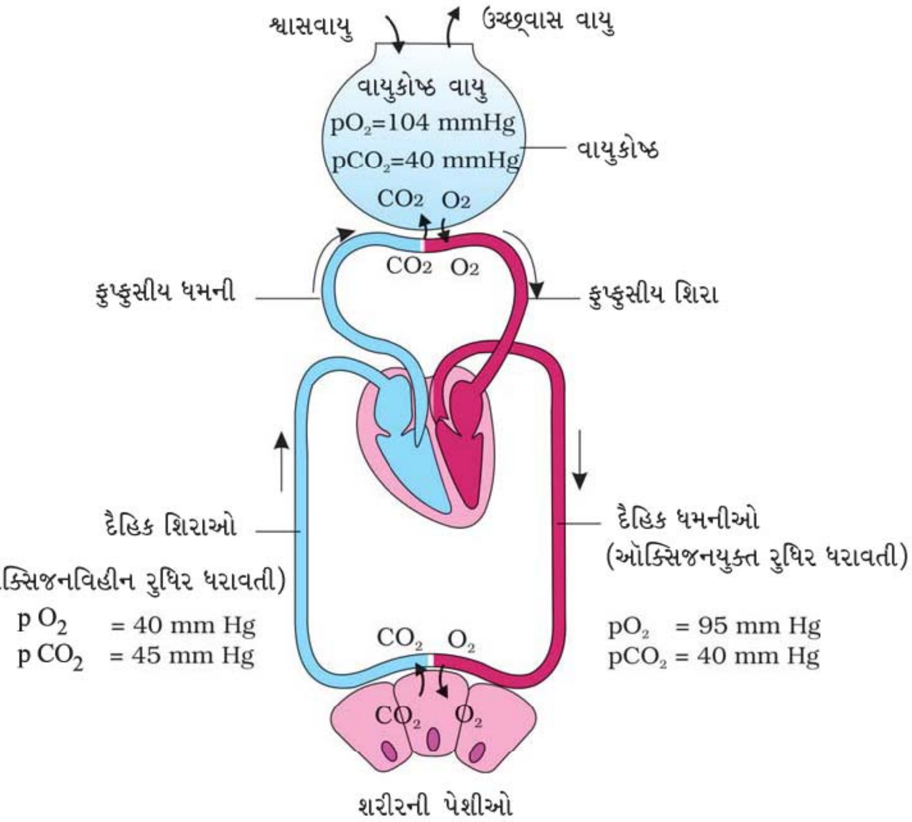
17.3 વાયુઓની આપ-લે (Exchange of Gases)

વાયુકોષ્ઠો વાયુ વિનિમયનું પ્રાથમિક સ્થાન છે. વાયુઓનું વિનિમય રુધિર અને પેશીઓ વચ્ચે પણ થાય છે. O_2 અને CO_2નું આ સ્થળે વિનિમય દબાણ / સાંદ્રતા ઢોળાંશ આધારિત સરળ પ્રસરણ દ્વારા થાય છે. વાયુઓની દ્રાવ્યતાની સાથે સાથે પ્રસરણમાં સંકળાયેલ સ્તરની જાડાઈ પણ પ્રસરણના દર ઉપર અસર કરતાં કેટલાક અગત્યના પરિબળો છે.

વાયુઓના મિશ્રણમાં કોઈ વિશેષ વાયુની દબાણમાં ભાગીદારીને આંશિક દબાણ કહે છે અને ઑક્સિજનને pO_2થી દર્શાવાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને pCO_2થી દર્શાવાય છે. વાતાવરણીય વાયુઓ અને બંને પ્રસરણ સ્થાનોમાં આ બંને વાયુઓનું આંશિક દબાણ કોષ્ટક 17.1 અને આકૃતિ 17.3માં આપેલ છે. કોષ્ટકમાં આપેલ માહિતી સ્પષ્ટ રૂપથી વાયુકોષ્ઠોથી

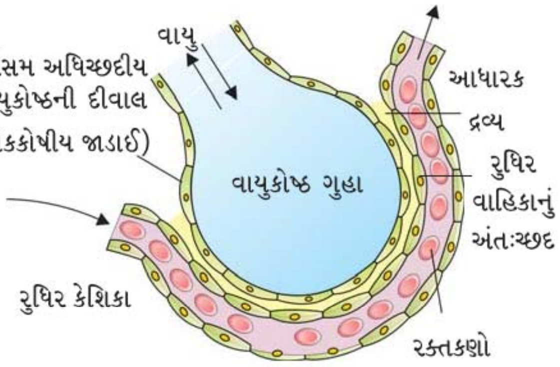
કોષ્ટક 17.1 : વાતાવરણની તુલનામાં પ્રસરણમાં સંકળાયેલા વિવિધ ભાગોમાં ઑક્સિજન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું આંશિક દબાણ (mm Hgમાં)

શ્વસન વાયુ	વાતાવરણીય વાયુ	વાયુકોષ્ઠ	રુધિર (ઑક્સિજનવિહીન)	રુધિર (ઑક્સિજનયુક્ત)	પેશીઓ
O_2	159	104	40	95	40
CO_2	0.3	40	45	40	45



આકૃતિ 17.3 : વાયુકોષ્ઠો અને શરીરની પેશીઓ વચ્ચે વાયુઓનું વિનિમય જે ઑક્સિજન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું રુધિરની સાથે વહન દર્શાવતી રેખાકૃતિ

રુધિર અને રુધિરથી પેશીઓમાં ઑક્સિજન માટે સાંદ્રતા ઢોળાંશ દર્શાવે છે. સમાન રીતે CO_2 માટે વિરુદ્ધ દિશામાં ઢોળાંશ હાજર હોય છે. એટલે કે, પેશીઓથી રુધિર અને રુધિરથી વાયુકોષ્ઠોમાં. CO_2ની દ્રાવ્યતા O_2 કરતાં 20-25 ગણી વધારે હોય છે. પ્રસરણ સપાટીમાંથી પ્રતિ એકમ આંશિક દબાણથી પ્રસરણ થવાવાળી CO_2ની માત્રા O_2 ની તુલનામાં ખૂબ વધુ હોય છે. પ્રસરણ સપાટી ત્રણ મુખ્ય સ્તરોની બનેલી હોય છે (આકૃતિ 17.4). જેવી કે વાયુકોષ્ઠનું પાતળુ લાદીસમ અધિચ્છદ, વાયુકોષ્ઠોની કેશિકાઓનું અંતઃચ્છદ અને તેમની વચ્ચે પાતળી આધારકલા યુક્ત આધારક દ્રવ્ય જે લાદીસમ અધિચ્છદને આધાર આપે છે તથા વાહિકાઓના એકસ્તરીય અંતઃચ્છદના કોષોની ફરતે આધારકલા આપેલી છે. તેમ છતાં તેની કુલ જાડાઈ 1 મિલિમિટર કરતા ઘણી ઓછી છે. એટલા માટે આપણા શરીરમાંના બધા કારકો O_2નું વાયુકોષ્ઠોથી પેશીઓ અન CO_2 નું પેશીઓથી વાયુકોષ્ઠોમાં પ્રસરણ માટે અનુકૂળ હોય છે.



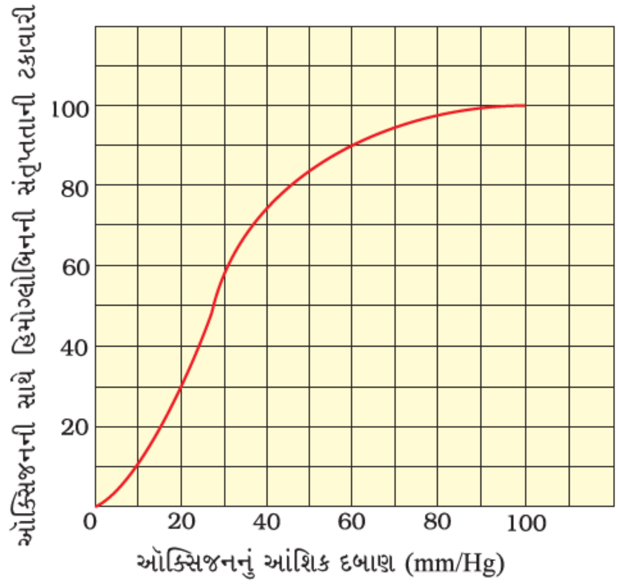
આકૃતિ 17.4 : ફુપ્ફુસવાહિકા સાથે વાયુકોષ્ઠના છેદની રેખાકૃતિ

17.4 વાયુઓનું વહન (Transport of Gases)

O_2 અને CO_2ના વહન માટે રુધિર એક માધ્યમ છે. લગભગ 97 % O_2 રુધિરમાંના રક્તકણો (RBCs) દ્વારા વહન પામે છે. બાકીના 3 % O_2નું વહન રુધિરરસ દ્વારા દ્રાવ્ય અવસ્થામાં થાય છે. આશરે 20-25 % CO_2 રક્તકણો દ્વારા વહન પામે છે. જ્યારે 70 % બાયકાર્બોનેટ સ્વરૂપે વહન (carried) થાય છે. આશરે 7 % CO_2 રુધિરરસ દ્વારા દ્રાવ્ય અવસ્થામાં વહન થાય છે.

17.4.1 ઑક્સિજનનું વહન (Transport of Oxygen)

રક્તકણમાં લાલ રંગનું આર્યન ધરાવતું રંજકકણ હીમોગ્લોબિન આવેલ છે. O_2 પ્રતિવર્તી (Reversible) રીતે હીમોગ્લોબિન સાથે જોડાઈ **ઑક્સિહીમોગ્લોબિન** બનાવે છે. દરેક હીમોગ્લોબિન અણુ વધુમાં વધુ 4 (ચાર) O_2ના અણુઓનું વહન કરે છે. ઑક્સિજનનું હીમોગ્લોબિન સાથેનું જોડાણ પ્રાથમિક રીતે O_2ના આંશિક દબાણને આભારી છે. CO_2નું આંશિક દબાણ, હાઇડ્રોજન આયનની સાંદ્રતા અને તાપમાન જેવા કેટલાક અન્ય પરિબળો છે જે આ જોડાણમાં ખલેલ પહોંચાડે છે. હીમોગ્લોબિનની O_2 સાથેની સંતૃપ્તિ ટકાવારીને pO_2ની સામે આલેખિત કરતા સિગ્મોઇડ વક્ર મળે છે. આ વક્રને ઑક્સિજન વિયોજન વક્ર (Dissociation Curve) કહે છે (આકૃતિ 17.5) અને તે હીમોગ્લોબિનના O_2 સાથેના જોડાણને પ્રભાવિત કરતા pCO_2, H^+ની સાંદ્રતા વગેરે જેવા પરિબળોની અસરના અભ્યાસમાં ખૂબ જ ઉપયોગી છે. વાયુકોષ્ઠોમાં ઊંચું pO_2, નીચું pCO_2, ઓછી H^+ની સાંદ્રતા અને નીચું તાપમાન જેવા પરિબળો ઑક્સિહીમોગ્લોબિન બનાવવા સાનુકૂલિત છે, જ્યારે પેશીઓમાં નીચું pO_2, ઊંચું pCO_2, ઊંચી H^+ની સાંદ્રતા અને ઉંચા તાપમાનની સ્થિતિ ઑક્સિહીમોગ્લોબિનમાંથી ઑક્સિજનના વિયોજન માટે સાનુકૂળ છે. આ સ્પષ્ટ રીતે દર્શાવે છે કે ઑક્સિજન, હીમોગ્લોબિન સાથે ફેફસાંની સપાટીએ જોડાય છે અને પેશીઓમાં વિયોજન પામે છે. સામાન્ય દેહધાર્મિક પરિસ્થિતિમાં દર 100 મિલિ ઑક્સિજનયુક્ત રુધિર આશરે 5 મિલિ O_2 પેશીઓને પહોંચાડે છે.



આકૃતિ 17.5 : ઑક્સિજન વિયોજન વક્ર

17.4.2 કાર્બન ડાયૉક્સાઈડનું વહન (Transport of Carbon dioxide)

CO_2 હીમોગ્લોબિન દ્વારા **કાર્બેમીનો-હીમોગ્લોબિન** સ્વરૂપે વહન પામે છે. (આશરે 20-25 %). આ જોડાણ CO_2ના આંશિક દબાણ સાથે સંબંધિત છે. pO_2 એ જોડાણને અસર કરતું મુખ્ય પરિબળ છે.

જ્યારે પેશીઓમાં pCO_2 વધુ અને pO_2 ઓછું હોય ત્યારે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનું જોડાણ વધુ પરંતુ જ્યારે વાયુકોષ્ઠોમાં pCO_2 ઓછું અને pO_2 વધુ હોય ત્યારે CO_2નું કાર્બેમીનો-હીમોગ્લોબિનમાંથી વિયોજન થાય છે. એટલે કે પેશીઓમાં હીમોગ્લોબિન સાથે જોડાયેલ CO_2 વાયુકોષ્ઠોમાં મુક્ત થાય છે. કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ ઉત્સેચકની ખૂબ ઊંચી સાંદ્રતા રક્તકણોમાં અને ઓછી માત્રા રુધિરરસમાં પણ હોય છે. આ ઉત્સેચક નીચેની પ્રક્રિયાને બંને દિશામાં સાનુકૂળ બનાવે છે.

$$CO_2 + H_2O \underset{}{\overset{\text{કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ}}{\rightleftharpoons}} H_2CO_3 \underset{}{\overset{\text{કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ}}{\rightleftharpoons}} HCO_3^- + H^+$$

પેશી સ્તરે અપચયને કારણે CO_2નું આંશિક દબાણ ઊંચું હોય છે, તેથી CO_2 રુધિર(રક્તકણો અને રુધિરરસ)માં પ્રસરણ પામે છે અને HCO_3^- અને H^+ બનાવે છે. વાયુકોષ્ઠ સ્તરે જ્યારે pCO_2 નીચું હોય છે ત્યારે પ્રક્રિયા વિરૂદ્ધ દિશામાં થાય છે, જે CO_2 અને H_2O બને છે. આ રીતે પેશી સ્તરે CO_2 બાયકાર્બોનેટ સ્વરૂપે ગ્રહણ થાય છે અને વાયુકોષ્ઠ સ્તરે વહન પામેલ CO_2 બહાર મુક્ત થાય છે (આકૃતિ 17.4). પ્રત્યેક 100 મિલિ ઑક્સિજનવિહીન રુધિર દ્વારા વાયુકોષ્ઠોમાં લગભગ 4 મિલિ CO_2 મુક્ત થાય છે.

17.5 શ્વસનનું નિયમન (Regulation of Respiration)

માનવમાં તેના શરીરની પેશીઓની જરૂરિયાત અનુસાર શ્વસનની લયબદ્ધતા સંતુલિત અને સ્થિર રાખવાની એક મહત્ત્વપૂર્ણ ક્ષમતા હોય છે. આ નિયમન ચેતાતંત્ર દ્વારા થાય છે. મગજમાં આવેલ લંબમજ્જા (Medulla) પ્રદેશમાં વિશિષ્ટ શ્વસન લયબદ્ધતા કેન્દ્ર આવેલું હોય છે. જે પ્રાથમિક રીતે શ્વસનના નિયમન માટે જવાબદાર છે. મગજના પોન્સ પ્રદેશમાં એક અન્ય કેન્દ્ર આવેલું છે જેને શ્વાસ- અનુચલન (Pneumotaxic) કેન્દ્ર કહે છે. જે શ્વસન લયબદ્ધતા કેન્દ્રના કાર્યનું નિયમન કરી શકે છે. આ કેન્દ્રના ચેતાકીય સંકેતો શ્વાસના સમયમાં ઘટાડો કરી શકે છે અને આ રીતે શ્વસન દરમાં ફેરફાર કરી શકાય છે. લયબદ્ધતા કેન્દ્રની પાસે એક રાસાયણિક સંવેદી (Chemosensitive) વિસ્તાર આવેલો છે. જે CO_2 અને હાઇડ્રોજન આયન માટે અતિ સંવેદી હોય છે. આ પદાર્થોની વૃદ્ધિથી આ કેન્દ્ર સક્રિય થાય છે જે લયબદ્ધતા કેન્દ્રને સંકેત આપે છે અને શ્વસન પ્રક્રિયામાં જરૂરી ગોઠવણ કરે છે. જેથી આ પદાર્થોનો નિકાલ થઈ શકે. મહાધમની કમાન અને ગ્રીવા ધમની સાથે જોડાયેલ સંવેદી રચનાઓ પણ CO_2 અને H^+ ની સાંદ્રતાના ફેરફારોને ઓળખી શકે છે તથા ઉપચારાત્મક પ્રક્રિયાના હેતુ માટે લયબદ્ધતા કેન્દ્રને આવશ્યક સંકેતો આપે છે. શ્વસન લયબદ્ધતાના નિયમનમાં ઑક્સિજનની ભૂમિકા નોંધનીય નથી.

17.6 શ્વસનતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of Respiratory System)

દમ(Asthma)માં શ્વાસવાહિની અને શ્વાસવાહિકામાં દાહ (Inflammation)ને કારણે શ્વાસોચ્છ્વાસ સમયે અવાજ આવવો અને શ્વાસોચ્છ્વાસમાં તકલીફ થાય છે.

એમ્ફિસેમા (Emphysema) એક ક્રોનિક (વારંવાર ઉથલો મારતો દીર્ઘકાલીન) રોગ છે. જેમાં વાયુકોષ્ઠોની દીવાલ નુકશાન પામે છે. જેથી શ્વસન સપાટીમાં ઘટાડો થાય છે. ધૂમ્રપાન એના માટેનાં મુખ્ય કારણો પૈકી એક છે.

વ્યાવસાયિક શ્વસનની અનિયમિતતાઓ : કેટલાક ઉદ્યોગો જેમાં મુખ્યત્વે જ્યાં પથ્થર ઘસવાનું અથવા તોડવાનું કામ થતું હોય ત્યાં એટલી ધૂળના કણો નીકળે છે કે શરીરની સુરક્ષા પ્રણાલી આ પરિસ્થિતિને સંપૂર્ણ રીતે પહોંચી વળતી નથી. લાંબા ગાળે સોજા ઉત્પન્ન થાય છે. જેનાથી ફાઇબ્રોસીસ (રેશામય પેશીઓનો ઝડપી વધારો (Proliferation)) થાય છે. જેના પરિણામ સ્વરૂપ ફેફસાંને ગંભીર નુકશાન થઈ શકે છે. આ ઉદ્યોગોમાં કામ કરનારાઓએ મુખ ઉપર માસ્કનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ.

સારાંશ

કોષો ચયાપચયની ક્રિયાઓ માટે ઑક્સિજનનો ઉપયોગ કરે છે તથા શક્તિની સાથે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ જેવા હાનિકારક પદાર્થો પણ ઉત્પન્ન કરે છે. પ્રાણીઓ, કોષો સુધી ઑક્સિજનના વહન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડની ત્યાંથી મુક્તિ માટે વિવિધ પદ્ધતિઓ વિકસાવે છે. આપણે સુવિકસિત શ્વસન તંત્ર ધરાવીએ છીએ જે બે ફેફસાં અને તેના સાથે સંકળાયેલ વાયુમાર્ગનું બનેલું છે.

શ્વસનનો પ્રથમ તબક્કો શ્વાસોચ્છ્વાસ છે. જેમાં વાતાવરણની હવા અંદર લેવાય છે (શ્વાસ) અને વાયુકોષ્ઠની હવા બહાર ધકેલાય છે (ઉચ્છ્વાસ) ઑક્સિજન વિહીન રુધિર અને વાયુકોષ્ઠો વચ્ચે O_2 અને CO_2ની આપ-લે, આ વાયુઓનું રુધિર દ્વારા સમગ્ર શરીરમાં વહન, ઑક્સિજન યુક્ત રુધિર અને પેશીઓ વચ્ચે O_2 અને CO_2ની આપ-લે અને કોષો દ્વારા O_2નો ઉપયોગ (કોષીય શ્વસન) સામેલ અન્ય તબક્કાઓ છે.

શ્વાસ અને ઉચ્છ્વાસ માટે વાતાવરણ અને વાયુકોષ્ઠોની વચ્ચે આંતરપાંસળી (ઇન્ટર કોસ્ટલ) સ્નાયુ અને ઉરોદરપટલની મદદથી દાબ ઢોળાંશ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે

છે. આ ક્રિયાઓમાં સમાવિષ્ટ વાયુનું કદ સ્પાઈરોમિટરની મદદથી માપી શકાય છે. જેનું ચિકિત્સાશાસ્ત્રમાં મહત્ત્વ છે.

વાયુકોષ્ઠો અને પેશીઓમાં O_2 અને CO_2ની આપ-લે (વિનિમય) પ્રસરણ દ્વારા થાય છે. પ્રસરણના દરનો આધાર O_2 (pO_2) અને CO_2 (pCO_2) ના આંશિક દાબ ઢોળાંશ, તેમની દ્રાવ્યતા અને પ્રસરણ સ્તરની જાડાઈ આધારિત છે. આ પરિબળો આપણા શરીરમાં વાયુકોષ્ઠોમાંથી O_2નું ઑક્સિજનવિહીન રુધિરમાં જ્યારે ઑક્સિજન યુક્ત રુધિરમાંથી પેશીઓનાં પ્રસરણની અનુકૂળતા કરી આપે છે. પરિબળો CO_2 ના વિરૂદ્ધ દિશામાંના પ્રસરણ માટે પણ સાનુકૂળ છે એટલે કે પેશીઓથી વાયુકોષ્ઠોમાં ઑક્સિજન મુખ્યત્વે ઑક્સિહીમોગ્લોબિન સ્વરૂપે વહન પામે છે. વાયુકોષ્ઠોમાં pO_2 ઊંચો હોય છે. જ્યાં O_2 હીમોગ્લોબિન સાથે જોડાય છે જે પેશી સ્તરે કે જ્યાં pO_2 નીચો અને pCO_2 અને H^+ ની સાંદ્રતા ઊંચી હોય છે ત્યાં સરળતાથી છૂટો પડે છે. આશરે 70% કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ કાર્બોનિક એનહાઇડ્રેઝ ઉત્સેચકની મદદથી બાયકાર્બોનેટ (HCO_3^-) તરીકે વહન પામે છે. 20-25 % કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, હીમોગ્લોબિન દ્વારા કાર્બેમીનો-હીમોગ્લોબિન તરીકે વહન પામે છે. પેશીઓમાં જ્યાં pCO_2 ઊંચું હોય ત્યાં તે રુધિર સાથે જોડાય છે. જ્યારે વાયુકોષ્ઠોમાં pCO_2 નીચું અને pO_2 ઊંચું હોય ત્યાં તે રુધિરમાંથી મુક્ત થાય છે.

શ્વસનની લયબદ્ધતા મગજના લંબમજ્જા પ્રદેશમાં આવેલ શ્વસન કેન્દ્ર દ્વારા જળવાય છે. મગજના પોન્સ વિસ્તારનું શ્વાસ અનુચલન કેન્દ્ર અને લંબમજ્જાનો રાસાયણિક સંવેદી વિસ્તાર શ્વસનની ક્રિયાવિધિમાં ફેરફાર કરી શકે છે.

સ્વાધ્યાય

1. વાઈટલ કૅપેસિટી(ક્ષમતા)ની વ્યાખ્યા આપી તેનું મહત્ત્વ જણાવો ?
2. સામાન્ય શ્વાસોચ્છ્વાસ બાદ ફેફસામાં રહેલ વાયુનું કદ જણાવો.
3. શા માટે હવાનું પ્રસરણ ફક્ત વાયુકોષ્ઠ વિસ્તારમાં જ થાય છે અને શ્વસનતંત્રના બીજા ભાગોમાં નહીં ?
4. સમજાવો : CO_2ના વહનની મુખ્ય ક્રિયાવિધિ.
5. વાયુકોષ્ઠના વાયુની તુલનામાં વાતાવરણીય વાયુમાં pO_2 અને pCO_2 નું પ્રમાણ કેટલું હશે ?

   (i) pO_2 ઓછું, pCO_2 ઊંચું

   (ii) pO_2 ઊંચું, pCO_2 નીચું

   (iii) pO_2 ઊંચું, pCO_2 ઊંચું

   (iv) pO_2 નીચું, pCO_2 નીચું

6. સામાન્ય પરિસ્થિતિમાં શ્વાસની પ્રક્રિયા સમજાવો.
7. શ્વસનનું નિયમન કેવી રીતે થાય છે ?
8. pCO_2ની ઑક્સિજન વહન ઉપર શું અસર છે ?
9. પર્વત ઉપર ચઢતા માણસની શ્વસન પ્રક્રિયા ઉપર શું અસર થાય છે ?
10. કીટકોમાં વાતવિનિમયનું સ્થાન જણાવો.
11. ઑક્સિજન વિયોજન વક્રને વ્યાખ્યાયિત કરો, શું તમે તેની સિગ્મોઇડલ આકૃતિનું કારણ આપી શકો છો ?
12. તમે હાયપોક્સિયા (Hypoxia) વિશે સાંભળ્યું છે ? તેની માહિતી એકત્રિત કરવા પ્રયત્ન કરો અને મિત્રો સાથે તેની ચર્ચા કરો.
13. ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
    (a) IRV અને ERV
    (b) ઇન્સ્પાયરેટરી કૅપેસિટી અને એક્સપાયરેટરી કૅપેસિટી
    (c) વાઇટલ કૅપેસિટી અને ટોટલ લંગ કૅપેસિટી
14. ટાઇડલ વૉલ્યૂમ એટલે શું ? સ્વસ્થ વ્યક્તિનું એક કલાકનું ટાઇડલ વૉલ્યૂમ (આશરે) શોધો.

પ્રકરણ 18

દેહજળ અને પરિવહન (Body Fluids and Circulation)

18.1 રુધિર
18.2 લસિકા (પેશી જળ)
18.3 પરિવહન પરિપથ
18.4 બેવડું પરિવહન
18.5 હૃદક્રિયાઓનું નિયમન
18.6 પરિવહનતંત્રની અનિયમિતતાઓ

અત્યાર સુધી આપ ભણી ચૂક્યા છો કે જીવંત કોષોને પોષક ઘટકો, ઑક્સિજન અને અન્ય જરૂરી પદાર્થો મળવા જોઈએ. આ ઉપરાંત પેશીઓના સ્વસ્થ કાર્યો માટે ઉત્પન્ન થતા નકામા અને હાનિકારક પદાર્થો સતત દૂર થવા જોઈએ. તેટલા માટે આ પદાર્થોની કોષો સુધી અને કોષોમાંથી ગતિ માટે કાર્યદક્ષ ક્રિયાવિધિ આવશ્યક છે. વિવિધ પ્રાણી સમૂહો આ વહન માટે વિવિધ પદ્ધતિઓ વિકસાવે છે. સરળ સજીવો જેવા કે વાદળીઓ અને કોષ્ઠાંત્રિઓ તેઓની આસપાસના પાણીનું પરિવહન તેઓની શરીરગુહા દ્વારા કરી કોષોને પદાર્થોની આપ-લે માટે સાનુકૂળતા કરી આપે છે. વધુ જટિલ સજીવો આ પદાર્થોના વહન માટે તેમના શરીરમાંના વિશિષ્ટ પ્રવાહીનો ઉપયોગ કરે છે. માનવ સહિત ઉચ્ચ કક્ષાના સજીવો(પ્રાણીઓ)માં આ હેતુ માટે **રુધિર** ખૂબ જ સામાન્ય ઉપયોગી દેહ જળ છે. એક અન્ય દેહ જળ **લસિકા** પણ કેટલાક વિશિષ્ટ પદાર્થોના વહનમાં મદદ કરે છે. આ પ્રકરણમાં તમે રુધિર અને લસિકા(પેશીજળ)ના બંધારણ અને ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કરશો અને આ ઉપરાંત અહીં રુધિર પરિવહનની ક્રિયાવિધિ સમજાવાયી છે.

18.1 રુધિર (Blood)

રુધિર વિશિષ્ટ સંયોજક પેશી છે. જેમાં પ્રવાહી આધારક, રુધિરરસ અને અન્ય ઘટકો (સંગઠિત સંરચનાઓ) જોવા મળે છે.

18.1.1 રુધિરરસ (Plasma)

રુધિરરસ એક આછા પીળા રંગનું સ્નિગ્ધ પ્રવાહી છે. જે રુધિરના લગભગ 55 % હોય છે. રુધિરરસમાં 90-92 % પાણી અને 6-8 % પ્રોટીન હોય છે. ફાઇબ્રીનોજન, ગ્લોબ્યુલિન્સ અને આલ્બ્યુમિન્સ મુખ્ય પ્રોટીન્સ (નત્રલો) છે. ફાઇબ્રીનોજન રુધિરનું ગંઠાઈ જવું અથવા જામી જવા માટે જરૂરી છે. ગ્લોબ્યુલિન્સ પ્રાથમિક રીતે શરીરના પ્રતિકારકતંત્ર સાથે સંકળાયેલ છે અને આલ્બ્યુમિન્સનો ઉપયોગ

આસૃતિ નિયમનમાં થાય છે. રુધિરરસમાં ઓછા પ્રમાણમાં ખનીજ આયનો જેવા કે Na^+, Ca^{++}, Mg^{++}, HCO_3^-, Cl^- વગેરે આવેલ છે. ગ્લુકોઝ, એમીનો ઍસિડ, લિપિડ વગેરે પણ રુધિરરસમાં તેઓની શરીરમાં સંક્રમણની અવસ્થામાં જોવા મળે છે. રુધિરના જામી જવા અને ગંઠાઈ જવા માટેના કારકો નિષ્ક્રિય સ્વરૂપે રુધિરરસમાં હાજર હોય છે. ગંઠાઈ જવાના કારકો (Clotting factors) વગરના રુધિરને સીરમ (Serum) કહે છે.

18.1.2 સંગઠિત પદાર્થો (Formed Elements)

ઇરિથ્રોસાઇટ્સ, લ્યુકોસાઇટ અને રુધિર કણિકાઓ(Platelets)ને સંયુક્ત રીતે સંગઠિત પદાર્થો કહે છે (આકૃતિ 18.1) અને તે રુધિરનો લગભગ 45 % ભાગ બનાવે છે.

ઇરિથ્રોસાઇટ્સ અથવા રાતા રુધિર કોષો (રક્તકણો) (RBCs = Red blood cells or Erythrocytes or Red blood corpuscles) રુધિરના અન્ય કોષો કરતાં વધુ હોય છે. એક સ્વસ્થ પુખ્ત માણસમાં રક્તકણો રુધિરમાં સરેરાશ 5 મિલિયનથી 5.5 મિલિયન પ્રતિઘન મિમી હોય છે. પુખ્તમાં રક્તકણો લાલ અસ્થિમજ્જામાં ઉત્પન્ન થાય છે. મોટા ભાગના સસ્તનોમાં રક્તકણો કોષકેન્દ્રવિહીન હોય છે અને તેમનો આકાર દ્વિઅંતર્ગોળ હોય છે. એમનો લાલ રંગ અને નામ એક લોહયુક્ત સંયુગ્મી (જટિલ) પ્રોટીન હીમોગ્લોબિનની હાજરીને કારણે હોય છે. સ્વસ્થ વ્યક્તિમાં દર 100 મિલિ રુધિરે 12-16 ગ્રામ હીમોગ્લોબિન હોય છે. આ અણુઓ શ્વસન વાયુઓના વહનમાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. રક્તકણોનો સરેરાશ જીવનકાળ 120 દિવસનો છે. ત્યારબાદ તે બરોળ (રક્તકણોનું કબ્રસ્તાન)માં નાશ પામે છે.

લ્યુકોસાઇટમાં (શ્વેતકણ) હીમોગ્લોબિનના અભાવના કારણે તે રંગવિહીન હોય છે. તેથી તે શ્વેત રુધિર કોષો (શ્વેત કણો) (WBCs = White blood cells or Leucocytes or White blood corpuscles) તરીકે પણ ઓળખાય છે. તેઓ કોષકેન્દ્રયુક્ત અને તુલનાત્મક રીતે ઓછા, કે જે એક ઘન મિમી રુધિરમાં સરેરાશ 6000-8000ની સંખ્યામાં જોવા મળે છે. લ્યુકોસાઇટ સામાન્ય રીતે અલ્પજીવી હોય છે. આપણે શ્વેતકણોના બે મુખ્ય સ્વરૂપ પ્રકારો ધરાવીએ છીએ. કણિકામય અને કણિકાવિહીન. તટસ્થ કણો, ઇઓસીનોફિલ્સ અને બેઝોફિલ્સ વિવિધ પ્રકારના કણિકામય શ્વેતકણો છે. જ્યારે લિમ્ફોસાઇટ્સ (લસિકા કણો) અને મોનોસાઇટ્સ (એકકેન્દ્રીય કણો) કણિકાવિહીન છે. તટસ્થ કણો કુલ શ્વેતકણોના સૌથી વધુ (60-65 %) પ્રમાણમાં આવેલા કોષો છે. જ્યારે બેઝોફિલ્સ સૌથી ઓછા (0.5-1 %) પ્રમાણમાં આવેલ છે. તટસ્થ કણો અને એકકેન્દ્રીય કણો (6 થી 8 %) ભક્ષક કોષો છે. જે શરીરમાં પ્રવેશતા સૂક્ષ્મ જીવોનો વિનાશ કરે છે. બેઝોફિલ્સ, હિસ્ટેમાઇન, સેરોટોનીન, હિપેરીન વગેરેનો સ્રાવ કરે છે અને સોજાની પ્રતિક્રિયાઓમાં સંકળાયેલ હોય છે. ઇઓસિનોફિલ્સ (2-3 %) ચેપથી

આકૃતિ 18.1 : રુધિરમાં સંગઠિત પદાર્થોની રેખાકૃતિય રજૂઆત

બચાવ કરે છે અને એલર્જીક પ્રતિક્રિયાઓ સાથે સંકળાયેલ છે. લસિકા કણો (20-25 %) મુખ્ય બે પ્રકારના છે. 'B' અને 'T' સ્વરૂપ. બંને B અને T લસિકા કણો શરીરની રોગપ્રતિકારકતા માટે જવાબદાર છે.

રુધિર કણિકાઓને **થ્રોમ્બોસાઈટ** પણ કહે છે, જેઓ ખંડિત કોષો છે. જે મેગાકેરિયોસાઈટ્સ (અસ્થિમજ્જાના વિશિષ્ટ કોષો)માંથી ઉત્પન્ન થાય છે. રુધિર સામાન્ય રીતે પ્રતિઘન મિમીમાં 1,50,000-3,50,000 રુધિર કણિકાઓ ધરાવે છે. રુધિર કણિકાઓ મોટે ભાગે રુધિર જામી જવા અથવા ગંઠાઈ જવા સાથે સંકળાયેલા વિવિધ ઘટકોનો સ્રાવ કરે છે. તેમની સંખ્યામાં ઘટાડો રુધિર ગંઠાવવાની ખામી તરફ લઈ જાય છે. જેથી શરીરમાંથી રુધિરનો વધુ પડતો વ્યય થાય છે.

18.1.3 રુધિરજૂથો (Blood Groups)

તમે જાણો છો કે મનુષ્યનું રુધિર કેટલીક બાબતોમાં જુદુ પડે છે. તેમ છતાં તે દેખાવમાં એકસરખું છે. રુધિરને વિવિધ પ્રકારોના જૂથોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવ્યું છે. આમાનાં મુખ્ય બે જૂથ - ABO અને Rhનો બહોળા પ્રમાણમાં વિશ્વભરમાં ઉપયોગ થાય છે.

18.1.3.1 ABO જૂથ (ABO Grouping)

ABO જૂથ RBCs(રક્તકણો)ની સપાટી ઉપર આવેલ બે ઍન્ટિજન્સ (પ્રતિજન) (રોગપ્રતિકારકતાને પ્રેરતું રસાયણ) A અને Bની હાજરી અને ગેરહાજરી ઉપર આધારીત છે. સમાન રીતે વિવિધ વ્યક્તિઓના રુધિરરસ બે કુદરતી (પ્રાકૃતિક) ઍન્ટિબૉડી (પ્રતિદ્રવ્ય) (ઍન્ટિજનની પ્રતિક્રિયા દ્વારા ઉત્પન્ન થતું પ્રોટીન) ધરાવે છે. **A, B, AB** અને **O** ચાર રુધિરજૂથોમાં ઍન્ટિજન અને ઍન્ટિબૉડીનું વિતરણ કોષ્ટક 18.1માં આપેલ છે. તમે જાણો છો કે રુધિરધાન (સંક્રામણ) દરમિયાન કોઈ પણ રુધિર ન વાપરી શકાય, રુધિરધાન પહેલા ધ્યાનપૂર્વક દાતાનાં રુધિરને ગ્રાહીના રુધિર સાથે મેળવવું જોઈએ જેથી ગંઠાવવું (Clumping - RBCનું તૂટવું) જેવી ગંભીર સમસ્યાઓને દૂર રાખી શકાય. દાતાઓની સુસંગતતા પણ કોષ્ટક 18.1માં આપેલ છે.

કોષ્ટક 18.1 : રુધિરજૂથ અને દાતા સુસંગતતા

રુધિરજૂથ	RBCs પરના ઍન્ટિજન	રુધિરરસમાંના ઍન્ટિબૉડી	દાતા રુધિરજૂથ
A	A	ઍન્ટિ-B	A, O
B	B	ઍન્ટિ-A	B, O
AB	A, B	ગેરહાજર	AB, A, B, O
O	ગેરહાજર	ઍન્ટિ-A, B	O

ઉપરોક્ત કોષ્ટકથી એ સ્પષ્ટ છે કે 'O' રુધિરજૂથવાળું રુધિર કોઈ પણ રુધિરજૂથવાળા વ્યક્તિને આપી શકાય છે અને તેથી 'O' રુધિરજૂથવાળા વ્યક્તિઓને 'સર્વદાતા' કહે છે. 'AB' રુધિરજૂથવાળો વ્યક્તિ 'AB' ઉપરાંત બીજા રુધિરજૂથો ધરાવતું રુધિર લઈ શકે છે. તેથી આવા વ્યક્તિઓને 'સર્વગ્રાહી' કહે છે.

18.1.3.2 Rh જૂથ (Rh Grouping)

એક અન્ય ઍન્ટિજન Rh છે. જે મોટા ભાગના (લગભગ 80 %) મનુષ્યમાં રક્તકણ(RBCs)ની સપાટી ઉપર જોવા મળે છે. જે રેસસ (Rhesus) વાંદરાઓમાં હાજર ઍન્ટિજનને સમાન છે. આવા વ્યક્તિઓને **Rh પૉઝિટિવ (Rh^{+ve})** કહેવામાં આવે છે અને જેમાં આ ઍન્ટિજન ગેરહાજર હોય તેમને **Rh નેગેટિવ (Rh^{-ve})** કહે છે. Rh^{-ve} વ્યક્તિ Rh^{+ve} રુધિરના સંપર્કમાં આવે તો Rh ઍન્ટિજન્સની સામે ચોક્કસ ઍન્ટિબૉડી ઉત્પન્ન થાય છે. તેથી, રુધિરધાન પહેલા Rh જૂથને પણ મેળવી લેવું જોઈએ. Rh^{-ve} રુધિરવાળી ગર્ભવતી માતા અને તેના Rh^{+ve} રુધિરવાળો ગર્ભ વચ્ચે Rh (અસંવેદનશીલતા) અસંગતતાનો એક ખાસ કિસ્સો જોવા મળે છે. ગર્ભનો Rh ઍન્ટિજન પ્રથમ ગર્ભધારણમાં માતાના Rh^{-ve} રુધિરમાં જોવા મળતો નથી. કારણ કે બંને રુધિર જરાયુ દ્વારા સારી રીતે અલગ કરવામાં આવે છે. જો કે, પ્રથમ બાળકના જન્મ દરમિયાન, ગર્ભમાંથી Rh^{+ve} રુધિર ઓછા પ્રમાણમાં માતાના રુધિરના સંપર્કમાં આવવાની સંભાવના છે. આવા કિસ્સામાં માતા તેના રુધિરમાં Rh ઍન્ટિજનની સામે ઍન્ટિબૉડી તૈયાર કરવાનું શરૂ કરે છે. તેના અનુગામી ગર્ભધારણના કિસ્સામાં, માતા (Rh^{-ve}) ના Rh ઍન્ટિબૉડી ગર્ભ(Rh^{+ve})ના રુધિરમાં ભળે છે અને ગર્ભના રક્તકણોનો નાશ કરે છે. આ ગર્ભ માટે ઘાતક હોઈ શકે છે અથવા બાળક ગંભીર એનિમિયા અને પીળીયા (કમળા) માટેનું કારણ બની શકે છે. આ સ્થિતિને એરિથ્રોબ્લાસ્ટોસિસ ગર્ભ (Erythroblastosis Foetalis) કહેવામાં આવે છે. આ સ્થિતિને પ્રથમ પ્રસૂતિ બાદ તુરંત માતાને પ્રતિ - Rh ઍન્ટિબૉડી આપીને ટાળી શકાય છે.

18.1.4 રુધિરની જમાવટ (Coagulation of Blood)

તમે જાણો છો કે જ્યારે તમે તમારી આંગળી કાપો અથવા જાતે નુકશાન કરો ત્યારે તમારા ઘામાંથી લાંબા સમય સુધી રુધિર વહેતું નથી, સામાન્ય રીતે રુધિર થોડા સમય પછી વહેતું અટકે છે. તમે જાણો છો શા માટે ? ઈજા અથવા આઘાત (Trauma)ના પ્રત્યુત્તરમાં રુધિર જમાવટ અથવા ગંઠન દર્શાવે છે. શરીરમાંથી અતિશય રુધિર વ્યયને અટકાવવા માટેની આ એક પદ્ધતિ છે. લાંબા સમયની ઈજા અથવા ઘા ના સ્થાને ઘેરા લાલાશ પડતા કથ્થાઈ રંગના ખરાબ ભાગ તમે અવલોકન કર્યા હશે. તે એક ગાંઠ અથવા જમાવટ છે. જે મુખ્યત્વે ફાઇબ્રિન તરીકે ઓળખાતા તંતુનું જાળું કે જેમાં રુધિરના મૃત અને ક્ષતિગ્રસ્ત સંગઠિત પદાર્થો (Formed elements) ફસાય છે. ફાઇબ્રિન, ઉત્સેચક થ્રોમ્બિન દ્વારા રુધિરરસમાં નિષ્ક્રિય ફાઇબ્રિનોજનના રૂપાંતરણ દ્વારા નિર્માણ પામે છે. થ્રોમ્બિન્સ, પ્રોથ્રોમ્બિન તરીકે ઓળખાતા એક અન્ય રુધિરરસમાંના નિષ્ક્રિય પદાર્થમાંથી રચાય છે. ઉપરોક્ત પ્રક્રિયા માટે ઉત્સેચક સંકુલ થ્રોમ્બોકાઇનેઝ આવશ્યક છે. આ ઉત્સેચકીય સંકુલ રુધિરરસમાં હાજર અનેક નિષ્ક્રિય કારકોની મદદથી શ્રેણીબદ્ધ ઉત્સેચકીય પ્રક્રિયા (કાસ્કેડ પ્રક્રિયા) દ્વારા રચાય છે. ઈજા અથવા ઘા રુધિરમાં હાજર રુધિર કણિકાઓને ચોક્કસ કારકોને મુક્ત કરવા માટે પ્રેરિત કરે છે. જેથી જામી જવાની પ્રક્રિયા સક્રિય થાય છે. ઈજાના સ્થાને પેશી દ્વારા ચોક્કસ મુક્ત થતા કારકો પણ રુધિર જામી જવાની ક્રિયાનો પ્રારંભ (સક્રિય) કરે છે. કૅલ્શિયમ આયનો ગંઠાવવામાં ખૂબ મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે.

18.2 લસિકા (પેશીય જળ) Lymph (Tissue Fluid)

રુધિર જ્યારે પેશીઓની રુધિરકેશિકાઓમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે મોટા કદના પ્રોટીન અને લગભગ સંગઠિત પદાર્થોને છોડીને રુધિરમાંથી પાણી અને પાણીમાં દ્રાવ્ય એવા ઘણા નાના પદાર્થો પેશીના કોષોની વચ્ચેની જગ્યામાં બહાર નીકળે છે. આ મુક્ત થતા પ્રવાહીને આંતરકોષીય જળ અથવા પેશીય જળ કહે છે. તેમાં રુધિરરસના જેવી જ ખનીજ વહેંચણી જોવા મળે છે. રુધિર અને કોષોની વચ્ચે પોષકતત્ત્વો, વાયુઓ વગેરેનું વિનિમય હંમેશાં આ પ્રવાહી દ્વારા થાય છે. વાહિકાઓનું વિસ્તૃત માળખું કે જેને લસિકાતંત્ર કહે છે. જે આ જળને એકત્ર કરી મોટી શિરાઓમાં પાછું ઠાલવે છે. લસિકાતંત્રમાં જોવા મળતા આ જળને લસિકા કહે છે. લસિકા એક રંગહીન પ્રવાહી છે. જે વિશિષ્ટ લસિકાકણો ધરાવે છે. જે શરીરની પ્રતિરક્ષા (રોગ પ્રતિકારકતા) પ્રતિક્રિયા માટે જવાબદાર છે. લસિકા પોષક ઘટકો, અંતઃસ્રાવો વગેરે માટે પણ એક મહત્ત્વપૂર્ણ વાહક છે. આંતરડાંના રસાંકુરોમાં હાજર પયસ્વિની (Lacteals)માં રહેલ લસિકા દ્વારા ચરબીનું શોષણ થાય છે.

18.3 પરિવહનમાર્ગો (Circulatory Pathways)

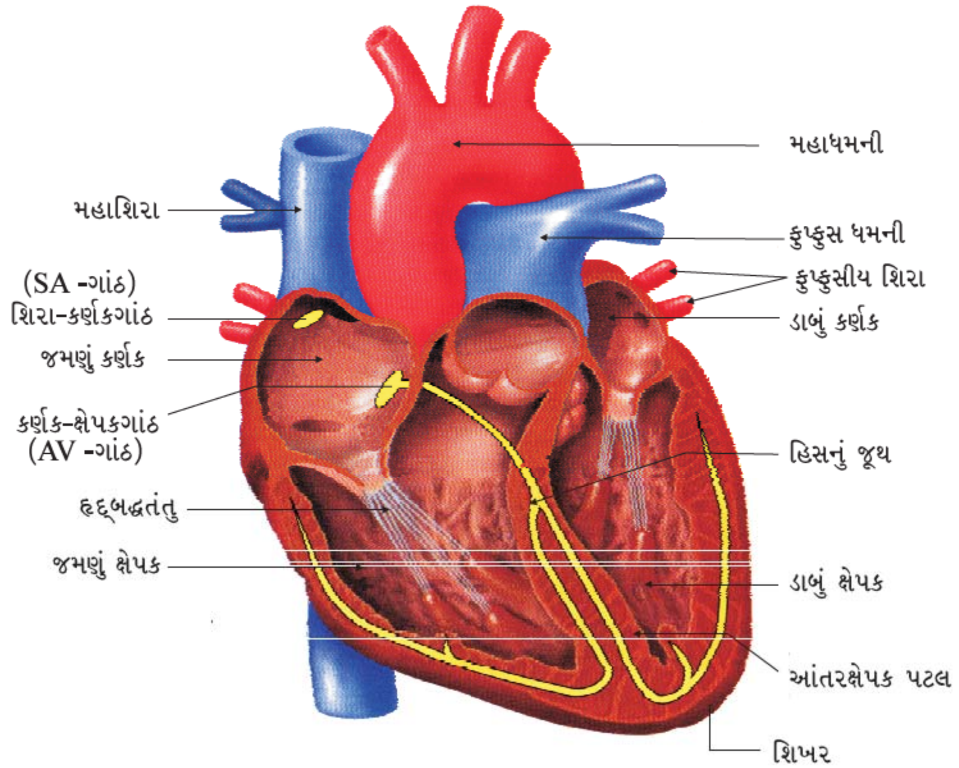
પરિવહનમાર્ગ બે પ્રકારના હોય છે. ખુલ્લુ અને બંધ. **ખુલ્લુ પરિવહનતંત્ર** સંધિપાદીઓ અને મૃદુકાયમાં હોય છે. હૃદય દ્વારા પંપ (દબાણપૂર્વક) કરેલ રુધિર મોટી વાહિનીઓમાંથી પસાર થઈ ખુલ્લી જગ્યા અથવા કોટરો કહેવાતી શરીરગુહામાં ખૂલે છે. નુપૂરકો અને મેરુદંડીઓમાં **બંધ પરિવહનતંત્ર** હોય છે, આમાં હૃદય દ્વારા પંપ કરેલ રુધિર હંમેશાં રુધિરવાહિનીઓની બંધ વ્યવસ્થા દ્વારા પરિવહન પામે છે. આ પ્રકારનો રુધિર પરિવહનમાર્ગ વધારે લાભદાયક હોય છે. કેમ કે આમાં રુધિરપ્રવાહ સરળતાથી નિયંત્રિત કરી શકાય છે.

બધા જ પૃષ્ઠવંશીઓ સ્નાયુલ-ખંડીય હૃદય ધરાવે છે. મત્સ્યોમાં એક કર્ણક અને એક ક્ષેપક ધરાવતું દ્વિ-ખંડીય હૃદય હોય છે. ઉભયજીવીઓ અને સરીસૃપો(મગર સિવાય)માં બે કર્ણકો અને એક ક્ષેપક ધરાવતું ત્રિ-ખંડીય હૃદય હોય છે, જ્યારે મગર, પક્ષીઓ અને સસ્તનોમાં બે કર્ણકો અને બે ક્ષેપકો ધરાવતું ચતુઃ-ખંડીય હૃદય હોય છે. મત્સ્યોમાં હૃદય ઑક્સિજનવિહીન રુધિરને દબાણથી વહાવે છે કે જે ઝાલરોની મદદથી ઑક્સિજનયુક્ત બને છે જે શરીરના વિવિધ ભાગોમાં પહોંચાડવામાં આવે છે. ત્યાંથી ઑક્સિજનવિહીન રુધિર હૃદય તરફ ફરી પાછું આવે છે. (એકલ પરિવહન). ઉભયજીવીઓ અને સરિસૃપોમાં ડાબું કર્ણક, ઝાલરો / ફેફસાં / ત્વચામાંથી ઑક્સિજનયુક્ત રુધિર મેળવે છે અને જમણું કર્ણક શરીરના વિવિધ ભાગોનું ઑક્સિજનવિહીન રુધિર મેળવે છે. તેમ છતાં તે એકલ ક્ષેપકમાં મિશ્રિત થાય છે. જે મિશ્ર રુધિરને બહાર ધકેલે છે. (અપૂર્ણ બેવડું પરિવહન). પક્ષીઓ અને સસ્તનમાં ઑક્સિજનયુક્ત અને ઑક્સિજનવિહીન રુધિર અનુક્રમે ડાબા અને જમણા કર્ણક દ્વારા મેળવાય છે. જે તે જ બાજુના ક્ષેપકમાં પસાર થાય છે. ક્ષેપકો તેને મિશ્રિત કર્યા વગર બહાર ધકેલે છે એટલે કે આ પ્રાણીઓમાં બે અલગ પરિવહન માર્ગો હોય છે. તેથી આ પ્રાણીઓ બેવડું પરિવહન ધરાવે છે. ચાલો માનવ પરિવહનતંત્રનો અભ્યાસ કરીએ.

18.3.1 માનવ પરિવહનતંત્ર (Human Circulatory System)

માનવ પરિવહનતંત્ર જેને રુધિરાભિસરણ તંત્ર પણ કહે છે. જે સ્નાયુલ ખંડીય હૃદય, બંધ શાખિત રુધિરવાહિનીઓનું જાળું અને પરિવહન પામતું પ્રવાહી-રુધિર ધરાવે છે.

હૃદય મધ્ય ગર્ભસ્તરમાંથી ઉત્પન્ન થતું અંગ છે. જે ઉરસીયગુહામાં ગોઠવાયેલ છે. જે બે ફેફસાંની વચ્ચે સાધારણ ડાબી બાજુ આવેલ છે. તે બંધ મુઠ્ઠી જેટલા કદનું હોય છે. તે બેવડી પટલમય કોથળી-**પરિહૃદ આવરણ** દ્વારા રક્ષિત હોય છે. જેમાં પરિહૃદ જળ આવેલ હોય છે. આપણું હૃદય ચાર ખંડીય છે. બે તુલનાત્મક રીતે નાના ઉપરના ખંડોને **કર્ણકો** કહે છે અને બે મોટા નીચેના ખંડોને **ક્ષેપકો** કહે છે. આંતર કર્ણકપટલ તરીકે ઓળખાતી પાતળી દીવાલ જમણા અને ડાબા કર્ણકોને જુદા પાડે છે. જ્યારે જાડી દીવાલ-આંતરક્ષેપક પટલ ડાબા અને જમણા ક્ષેપકોને જુદા પાડે છે (આકૃતિ 18.2). એક જ બાજુના કર્ણક અને ક્ષેપક પણ જાડી તંતુમય પેશી, જેને કર્ણક-ક્ષેપક પટલ કહે છે. તેના દ્વારા જુદા પડે છે. જો કે આ પટલોમાં એક એક છિદ્ર હોય છે. જેના દ્વારા એક જ બાજુના બંને ખંડો જોડાય છે. જમણા કર્ણક અને જમણા ક્ષેપક વચ્ચેનું છિદ્ર ત્રણ સ્નાયુલ પડદા (Cusps) દ્વારા નિર્મિત ત્રિદલ વાલ્વ દ્વારા સુરક્ષિત હોય છે, જ્યારે દ્વિદલ અથવા મિત્રલ વાલ્વ ડાબા કર્ણક અને ડાબા ક્ષેપક વચ્ચેના છિદ્રને સુરક્ષિત કરે છે. જમણા અને ડાબા ક્ષેપકનું અનુક્રમે ફુપ્ફુસીય ધમની અને મહાધમની- (ધમની કાંડ)માં ખુલતું છિદ્ર અર્ધ ચંદ્રાકાર વાલ્વ ધરાવે છે. હૃદયના વાલ્વો રુધિરના પ્રવાહને ફક્ત એક જ દિશામાં જવા દે છે. એટલે કે કર્ણકોમાંથી ક્ષેપકોમાં અને



આકૃતિ 18.2 : માનવ હૃદયનો છેદ

ક્ષેપકોમાંથી ફુપ્ફુસીય ધમની અને મહાધમની (ધમનીકાંડ)માં આ વાલ્વો રુધિર પ્રવાહને પાછો ફરતો રોકે છે.

સમગ્ર હૃદય હૃદ સ્નાયુઓનું બનેલ છે. ક્ષેપકોની દીવાલ કર્ણકોની સાપેક્ષમાં વધુ જાડી હોય છે. વિશિષ્ટ હૃદ સ્નાયુ કે જેને ગાંઠ પેશી કહે છે. તે પણ હૃદયમાં વહેંચાયેલ છે. (આકૃતિ 18.2). આ પેશીઓનો એક સમૂહ જમણા કર્ણકના ઉપરના જમણા ખૂણે આવેલ છે. જેને **સાઇનો-એટ્રિયલગાંઠ (શિરા-કર્ણકગાંઠ) (SAN)** કહે છે. આ પેશીનો બીજો સમૂહ જમણા કર્ણકના નીચેના ડાબા ખૂણે કર્ણક-ક્ષેપક પટલની નજીક જોવા મળે છે. તેને **એટ્રિયો-વેન્ટ્રિક્યુલર ગાંઠ (કર્ણક-ક્ષેપકગાંઠ) (AVN)** કહે છે. ગાંઠ તંતુનો સમૂહ, જેને કર્ણક-ક્ષેપક જૂથ (બંડલ) (AV બંડલ) પણ કહે છે. આંતરક્ષેપક પટલના ઉપરના ભાગમાં AVNથી પ્રારંભ થાય છે તથા તરત જમણી અને ડાબી બે શાખાઓમાં વિભાજિત થઈ આંતરક્ષેપક પટલની સાથે પશ્ચ ભાગમાં આગળ વધે છે. આ શાખાઓમાંથી સૂક્ષ્મ તંતુઓ નિકળે છે. જે આખા ક્ષેપકોના સ્નાયુમાં પોત પોતાની બાજુએ ફેલાયેલા રહે છે અને તેને પરકિન્જે તંતુઓ કહે છે. જમણા અને ડાબા જૂથ સહિત આ તંતુઓ હિસ જૂથ તરીકે ઓળખાય છે. ગાંઠ સ્નાયુ બાહ્ય ઉત્તેજના વગર સક્રિય કલા- વીજસ્થિતિમાન (Action Potentials) પેદા કરવા સક્ષમ છે એટલે કે તેને સ્વયં ઉત્તેજનશીલ કહે છે. તેમ છતા એક મિનિટમાં ઉત્પન્ન થતા સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનની સંખ્યા ગાંઠ તંત્રના વિવિધ ભાગોમાં જુદી હોય છે. SAN મહત્તમ સંખ્યામાં સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન પેદા કરી શકે છે. એટલે કે 70-75 / મિનિટ અને હૃદયના લયબદ્ધ સંકોચનનો પ્રારંભ કરે છે અને તેને જાળવે છે. તેટલા માટે તેને ગતિપ્રેરક (પેસમેકર) કહે છે. આપણું હૃદય સામાન્ય રીતે એક મિનિટમાં 70-75 વખત ધબકે છે. (સરેરાશ 72 ધબકારા/મિનિટ).

18.3.2 હૃદ ચક્ર (Cardiac Cycle)

હૃદય કેવી રીતે કાર્ય કરે છે ? ચાલો આપણે જોઈએ. શરૂઆતમાં બધા જ ચારે ખંડો શિથિલ અવસ્થામાં હોય છે. એટલે કે તેઓ સંયુક્ત રીતે ડાયેસ્ટોલ(શિથિલન તબક્કો)માં હોય છે. જે સમયે ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વો ખૂલે છે. જેથી રુધિર ફુપ્ફુસ શિરા અને મહાશિરામાંથી અનુક્રમે ડાબા અને જમણા ક્ષેપકોમાં ડાબા અને જમણા કર્ણક દ્વારા પહોંચે છે. આ તબક્કે અર્ધચંદ્રાકાર વાલ્વો બંધ હોય છે. હવે SAN સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન પેદા કરે છે. જે બંને કર્ણકોને ઉત્તેજિત કરી કર્ણકોનું એકસાથે સિસ્ટોલ (સંકોચન) પ્રેરે છે. આ ક્રિયાથી રુધિરનો પ્રવાહ ક્ષેપકમાં આશરે 30 ટકા વધે છે. ક્ષેપકમાં સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનનું સંચાલન AVN અને AV જૂથ દ્વારા થાય છે. જ્યાંથી હીસના જૂથ તેને સમગ્ર ક્ષેપકના સ્નાયુઓ સુધી પહોંચાડે છે. તેના કારણે ક્ષેપકના સ્નાયુમાં સંકોચન થાય છે. (ક્ષેપક સિસ્ટોલ), ક્ષેપકના સિસ્ટોલની સાથે સાથે કર્ણક ડાયેસ્ટોલ પામે છે. ક્ષેપક સિસ્ટોલ, ક્ષેપક દાબ (દબાણ) વધારે છે. જે ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વોને બંધ કરે છે. જેને કારણે રુધિરનો ઉલટો પ્રવાહ કર્ણકો તરફ થતો નથી. ક્ષેપક દાબ વધતા તે ફુપ્ફુસ ધમની (જમણી બાજુ) અને મહાધમની(ડાબી બાજુ)નું રક્ષણ કરતાં અર્ધચંદ્રાકાર વાલ્વો દબાણપૂર્વક ખૂલે છે, જે રુધિરના

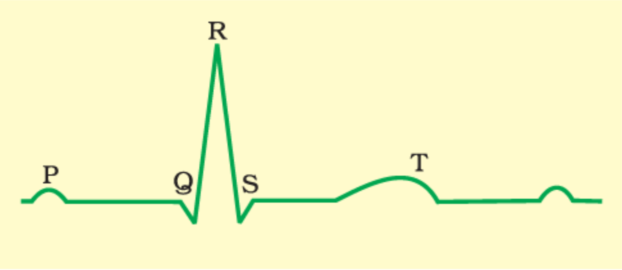
પ્રવાહને ક્ષેપકોમાંથી આ વાહિનીઓ દ્વારા પરિવહન પથમાં દાખલ કરે છે. હવે ક્ષેપકો શિથિલ થાય છે. (ક્ષેપક ડાયેસ્ટોલ) અને ક્ષેપક દાબ ઘટે છે. જેથી અર્ધચંદ્રાકાર વાલ્વો બંધ થાય છે. જેથી રુધિરનો ક્ષેપકમાં ઉલટો પ્રવાહ અટકે છે. હજુ આગળ ક્ષેપકનું દબાણ ઘટે ત્યારે કર્ણકમાં રુધિરનું દબાણ વધુ હોવાને કારણે ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વો ખૂલી જાય છે. આવી રીતે શિરાઓમાંથી આવેલું રુધિરનો પ્રવાહ કર્ણકથી ફરી ક્ષેપકમાં શરૂ થઈ જાય છે. ક્ષેપકો અને કર્ણકો ફરીથી અગાઉની માફક શિથિલ (સંયુક્ત ડાયેસ્ટોલ) સ્થિતિમાં આવે છે. SAN નવો સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન પેદા કરે છે અને ઉપર વર્ણવેલી પ્રક્રિયા તે જ ક્રમમાં પુનરાવર્તિત થાય છે અને પ્રક્રિયા સતત ચાલતી રહે છે.

આ હૃદયની પરંપરાગત ઘટના કે જે ચક્રીય રીતે પુનરાવર્તિત થાય છે તેને હૃદચક્ર કહે છે અને તેમાં કર્ણકો અને ક્ષેપકોનું સિસ્ટોલ અને ડાયેસ્ટોલ સમાવિષ્ટ છે. અગાઉ જણાવ્યા પ્રમાણે, હૃદય પ્રતિ મિનિટે 72 વખત ધબકે છે એટલે કે ઘણા હૃદચક્રો એક મિનિટમાં ચાલે છે. આમાંથી નક્કી કરી શકાય છે કે એક હૃદચક્રનો સમય 0.8 સેકન્ડ છે. હૃદચક્ર દરમિયાન દરેક ક્ષેપક આશરે 70 મિલિ રુધિર બહાર ધકેલે છે. જેને સ્ટ્રોક વોલ્યુમ (સ્પંદન કદ) કહે છે. સ્ટ્રોક વોલ્યુમને હૃદ દર (પ્રતિ મિનિટ ધબકારાની સંખ્યા) વડે ગુણવાથી હૃદ કાર્યક્ષમતા મળે છે. તે માટે હૃદ કાર્યક્ષમતાને દર મિનિટે દરેક ક્ષેપક દ્વારા બહાર કાઢવામાં આવતા રુધિરનું કદ તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. જે સ્વસ્થ વ્યક્તિમાં 5000 મિલિ અથવા 5 લિટર છે. આપણે સ્ટ્રોક વોલ્યુમ તથા હૃદ દરને બદલવાની ક્ષમતા ધરાવીએ છીએ જેથી હૃદ કાર્યક્ષમતા પણ બદલાય છે. ઉદાહરણ તરીકે સામાન્ય માણસ કરતા રમતવીરની હૃદ કાર્યક્ષમતા ઘણી વધુ હોય છે.

દરેક હૃદચક્ર દરમિયાન બે મહત્ત્વપૂર્ણ અવાજો ઉત્પન્ન થાય છે. જેને સ્ટેથેસ્કોપ દ્વારા સહેલાઈથી સાંભળી શકાય છે. પ્રથમ હૃદયનો અવાજ (લબ (Lub)) એ ત્રિદલ અને દ્વિદલ વાલ્વોના બંધ થવા સાથે સંકળાયેલ છે. જ્યારે બીજો હૃદયનો અવાજ (ડબ (dub)) અર્ધ-ચંદ્રાકાર વાલ્વોના બંધ થવા સાથે સંકળાયેલ છે. આ અવાજો દાક્તરી (વૈદ્યકીય) નિદાનના ચિહ્નો છે.

18.3.3 ઈલેક્ટ્રૉકાર્ડિયોગ્રાફ (ECG) (Electrocardiograph)

તમે કદાચ દવાખાનાના ટેલિવિઝન દશ્યથી પરિચિત હશો. જ્યારે કોઈ બીમાર વ્યક્તિ હૃદય ઘાતના કારણે મોનિટરિંગ સાધન (મશીન) ઉપર રાખવામાં આવે છે ત્યારે તમે વોલ્ટેજ ફેરફારના આધારે (Voltage traces) પીપ...પીપ...પીપ... અને પીઈઈઈ.....નો અવાજ સાંભળી શકો છો. આ પ્રકારના સાધન(ઇલેક્ટ્રૉકાર્ડિયોગ્રાફ)નો ઉપયોગ ઇલેક્ટ્રૉકાર્ડિયોગ્રામ (ECG) મેળવવા કરવામાં આવે છે. ECG એ હૃદચક્ર દરમિયાન હૃદયની વિદ્યુત પ્રક્રિયાઓનું રેખાંકિત આલેખન છે. યોગ્ય ECG મેળવવા (આકૃતિ 18.3માં દર્શાવેલી) દર્દીને મશીન સાથેના ત્રણ ઇલેક્ટ્રિકલ લીડને (બંને કાંડા અને ડાબી બાજુની પગની ઘૂંટી)



આકૃતિ 18.3 : પ્રમાણભૂત ECGની રેખાંકિત રજૂઆત

જોડીને હૃદયની ગતિવિધિનું સતત અવલોકન કરવામાં આવે છે. હૃદ ક્રિયાઓના વિસ્તૃત મૂલ્યાંકન માટે ઘણા લીડ્સ(તાર)ને છાતીના ભાગે જોડવામાં (ચોંટાડવામાં) આવે છે. અહીં આપણે પ્રમાણભૂત (સ્ટાન્ડર્ડ) ECGના સંદર્ભમાં ચર્ચા કરશું.

ECGનો દરેક ઉન્નત (Peak) P થી T અક્ષરોથી ઓળખવામાં આવે છે. જે હૃદયની વિશિષ્ટ વિદ્યુતકીય ક્રિયાવિધિ સાથે સંકળાયેલ છે.

P-તરંગને **કર્ણકની વિદ્યુતકીય ઉત્તેજના(અથવા વિધ્રુવીકરણ)**ના રૂપે રજૂ કરવામાં આવે છે. જે બંને કર્ણકોને સંકોચન તરફ દોરી જાય છે.

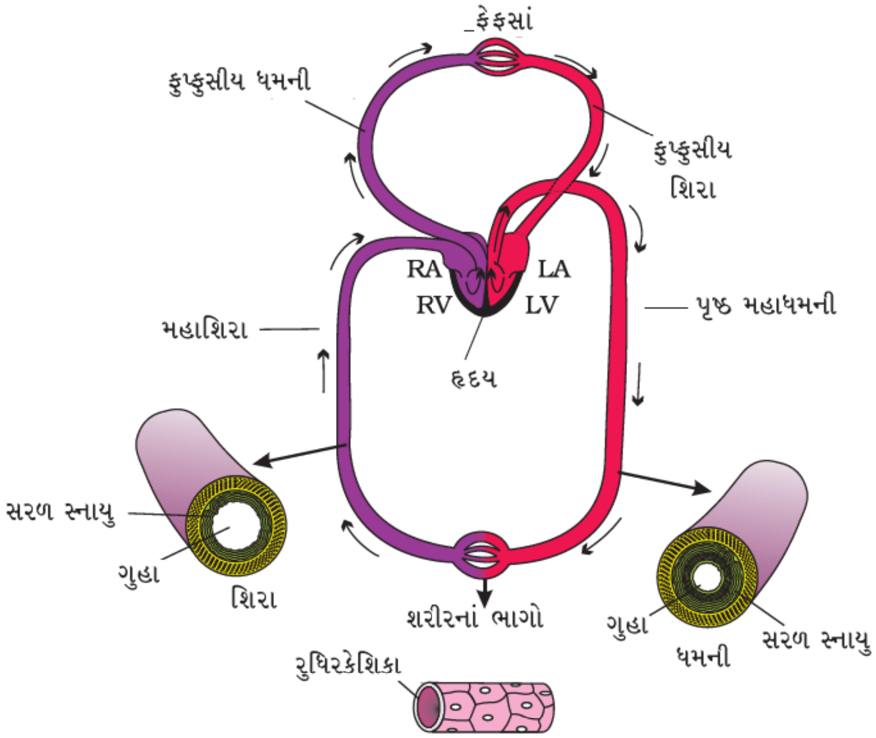
QRS સંકુલ **ક્ષેપકોના વિધ્રુવીકરણ**ને રજૂ કરે છે. જે ક્ષેપકના સંકોચનને શરૂ કરાવે છે. સંકોચન Q-તરંગ બાદ તુરંત શરૂ થાય છે અને તે સિસ્ટોલની શરૂઆતનો સંકેત છે.

T-તરંગ ક્ષેપકોને ઉત્તેજનામાંથી **સામાન્ય સ્થિતિ(પુનઃ ધ્રુવીકરણ)**માં પાછા આવવાની સ્થિતિ રજૂ કરે છે. T-તરંગનો અંત સિસ્ટોલની સમાપ્તિ સૂચવે છે.

દેખીતી રીતે જ, ચોક્કસ સમય મર્યાદામાં QRS સંકુલોની સંખ્યા ગણવાથી એક વ્યક્તિનો હૃદય સ્પંદન દર પણ કાઢી શકાય છે. અલગ-અલગ વ્યક્તિઓની ECG સંરચના આપેલ લીડ(તાર)ની ગોઠવણી એ લગભગ સરખી હોય છે. આના આકારમાં કોઈ પણ વિચલન અનિયમિતતા અથવા રોગની શક્યતાનું નિદર્શન કરે છે. આ કારણે તેનું ચિકિત્સામાં ખૂબ જ મહત્ત્વ છે.

18.4 બેવડું પરિવહન (Double Circulation)

રુધિર રુધિરવાહિનીઓના ચોક્કસ માર્ગ દ્વારા વહન પામે છે – ધમનીઓ અને શિરાઓ. મૂળભૂત રીતે દરેક ધમની અને શિરા ત્રણ આવરણો ધરાવે છે. અંદરનું લાદીસમ અંતઃચ્છદ જેને **ટ્યુનિકા ઈન્ટીમા (Tunica Intima)** સરળ સ્નાયુ અને સ્થિતિસ્થાપક તંતુઓનું મધ્ય સ્તર જેને **ટ્યુનિકા મીડિઆ (Tunica Media)** અને કોલેજન તંતુઓયુક્ત તંતુમય સંયોજક પેશીનું બાહ્ય સ્તર જેને **ટ્યુનિકા એક્સટર્ના (Tunica Externa)** કહે છે. શિરાઓમાં મધ્યસ્તર (Tunica Media) તુલનાત્મક રીતે પાતળું હોય છે (આકૃતિ 18.4). જેમ કે આગળ બતાવ્યા પ્રમાણે જમણા ક્ષેપક દ્વારા પંપ કરવામાં આવેલ રુધિર ફુપ્ફુસીય ધમનીમાં દાખલ થાય છે. જ્યારે ડાબું ક્ષેપક રુધિરને મહાધમનીમાં ધકેલે (પંપ કરે) છે. ઑક્સિજનવિહીન રુધિર ફુપ્ફુસ ધમનીમાંથી ફેફસાંમાં આવે છે. જ્યાં ઑક્સિજનયુક્ત થઈ ફુપ્ફુસ શિરા દ્વારા ડાબા કર્ણકમાં આવે છે. આ પરિવહન માર્ગને ફુપ્ફુસીય પરિવહન કહેવાય છે. ઑક્સિજનયુક્ત રુધિર મહાધમની દ્વારા ધમનીઓ, ધમનિકાઓ અને રુધિરકેશિકાઓના જાળામાંથી પેશીઓમાં આવે છે. જ્યાંથી ઑક્સિજનવિહીન રુધિર શિરિકાઓ, શિરાઓ અને મહાશિરાઓના તંત્ર દ્વારા એકઠું કરાય છે અને જમણા કર્ણકમાં ઠલવાય છે. આ એક દૈહિક (પ્રણાલીગત) પરિવહન છે (આકૃતિ 18.4). આ દૈહિક પરિવહન પોષક ઘટકો, ઑક્સિજન (O_2) અને અન્ય જરૂરી પદાર્થોને પેશીઓ સુધી પહોંચાડે છે અને ત્યાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (CO_2) અને અન્ય હાનિકારક પદાર્થોને દૂર કરે છે. એક વિશિષ્ટ સંવાહિની જોડાણ પાચનમાર્ગ અને યકૃત વચ્ચે



આકૃતિ 18.4 : માનવ પરિવહનની આયોજનબદ્ધ રૂપરેખા

જોવા મળે છે. જેને યકૃત નિવાહિકાતંત્ર કહે છે. યકૃત નિવાહિકા શિરા રુધિરને દૈહિક પરિવહનમાં ઠાલવતા પહેલા આંતરડાંમાંથી યકૃતમાં લાવે છે. આપણા શરીરમાં એક વિશિષ્ટ હૃદ રુધિરવાહિની તંત્ર આવેલું હોય છે. જે ફક્ત રુધિરને હૃદ સ્નાયુ પેશીઓમાં લઈ જાય છે અને પાછું લાવે છે.

18.5 હૃદક્રિયાઓનું નિયમન (Regulation of Cardiac Activity)

હૃદયની સામાન્ય ક્રિયાઓ આંતરિક રીતે નિયમન પામે છે. એટલે કે વિશિષ્ટ સ્નાયુઓ (ગાંઠપેશી) દ્વારા સ્વયં નિયમન પામે છે, એટલે હૃદયને માયોજેનિક કહે છે. લંબમજ્જામાં આવેલ ખાસ ચેતા કેન્દ્ર સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર (ANS) દ્વારા હૃદયનાં કાર્યોનું નિયમન કરે છે. અનુકંપી ચેતાઓ (ANSનો ભાગ) ચેતા સંદેશાઓ દ્વારા હૃદયના સ્પંદનોનો દર, ક્ષેપક સંકોચનનું બળ અને તેથી હૃદ કાર્યક્ષમતામાં (આઉટપુટ)માં વધારો કરે છે. બીજી બાજુ પરાનુંકંપી ચેતા સંદેશાઓ (ANSનો બીજો ભાગ) હૃદયના સ્પંદનોનો દર, સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનની વાહકતાની ગતિ અને તેથી હૃદ કાર્યક્ષમતાને ઘટાડે છે. એડ્રીનલ મજક્કના અંતઃસ્રાવો પણ હૃદ કાર્યક્ષમતાને વધારે છે.

18.6 પરિવહનતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of Circulatory System)

ઉચ્ચ રુધિરદાબ (High Blood Pressure) (Hypertension) : ઉચ્ચ રુધિરદાબ (હાઈપરટેન્સન) શબ્દ રુધિરના સામાન્ય (120/80) દબાણ કરતાં વધુ દબાણ માટે વપરાય છે. આમાં

120 mm Hg (પારાના દબાણના મિલીમીટર) માપ સિસ્ટોલિક અથવા પંમ્પિંગ દબાણ છે અને 80 mm Hg એ ડાયેસ્ટોલિક અથવા આરામ દબાણ છે. જ્યારે કોઈ વ્યક્તિનું વારંવાર રુધિરદબાણ ચકાસતા તે 140/90 (140 ઉપર 90) અથવા વધુ હોય તો તે હાઈપરટેન્સન પ્રદર્શિત કરે છે. ઉચ્ચ રુધિરદાબ હૃદય રોગ તરફ દોરી જાય છે અને મહત્ત્વપૂર્ણ અંગો જેવા કે મગજ અને મૂત્રપિંડને પણ અસર કરે છે.

હૃદ ધમની રોગ (Coronary Artery Disease) (CAD) : એથરોસ્કલૅરોસિસથી પણ જાણીતા કૉરૉનરી આર્ટરી ડિસીઝ (CAD)માં હૃદસ્નાયુઓને રુધિર પુરવઠો પહોંચાડતી રુધિરવાહિનીઓને અસર થાય છે જેમાં કેલ્શિયમ, ચરબી, કોલેસ્ટેરૉલ અને તંતુમય પેશીઓની જમાવટ ધમનીઓના પોલાણમાં ઘટાડો પ્રેરે છે.

એંજાઈના (Angina) : તેને એંજાઈના પેક્ટોરિસ પણ કહે છે. હૃદ સ્નાયુઓમાં જ્યારે પૂરતો ઑક્સિજન ન પહોંચે ત્યારે છાતીમાં તીવ્ર દુખાવો થાય છે. તે તેનું લક્ષણ છે. એંજાઈના કોઈ પણ ઉંમરના પુરૂષ અને સ્ત્રીને થઈ શકે છે. પરંતુ મધ્ય-ઉંમર અને મોટી ઉંમરનાઓમાં તે વધુ સામાન્ય છે. તે રુધિરપ્રવાહને અસર કરતી પરિસ્થિતિથી થાય છે.

હૃદયનું નિષ્ફળ જવું (Heart Failure) : હૃદયનું નિષ્ફળ જવુંનો અર્થ હૃદયની એવી સ્થિતિ કે જેમાં તે શરીરની જરૂરિયાત મુજબનું રુધિર અસરકારક રીતે પહોંચાડી શકતું નથી. આને ક્યારેક કોન્જેસ્ટિવ હાર્ટ ફેઈલ્યોર કહે છે. કારણ કે આ રોગનું એક મુખ્ય લક્ષણ ફેફસાંમાં રુધિરનો ભરાવો (Congestion) છે. હૃદયનું નિષ્ફળ જવું એ હૃદયનો અટકાવ (Arrest) (જ્યારે હૃદય ધબકવાનું બંધ કરે) અથવા હૃદયનો હુમલો (Attack) (જ્યારે હૃદયના સ્નાયુ એકાએક રુધિરના અપૂરતા પૂરવઠા દ્વારા નુકશાન પામે) જેવું જ નથી.

સારાંશ

પૃષ્ઠવંશીઓ તેમના શરીરમાં જરૂરી ઘટકોને કોષો સુધી પહોંચાડવા અને નકામા ઘટકોને ત્યાંથી પાછા લેવા રુધિર, પ્રવાહી સંયોજક પેશીનું પરિવહન કરે છે. અન્ય પ્રવાહી લસિકા (પેશીયજળ) પણ કેટલાક ઘટકોના વહનમાં ઉપયોગી (વપરાય) છે.

રુધિર પ્રવાહી આધારક, રુધિરરસ અને સંગઠિત પદાર્થોનું સંકલન છે. લાલ રુધિર કણો (RBCs, ઈરીથ્રોસાઈટ), શ્વેત રુધિરકણો (WBCs, લ્યુકોસાઈટ્સ) અને રુધિરકણિકાઓ (થ્રોમ્બોસાઈટ) સંગઠિત પદાર્થો બનાવે છે. માનવ રુધિર A, B, AB અને O જૂથમાં વર્ગીકૃત થાય છે. આનો આધાર RBCsની સપાટી ઉપરના A, B બે ઍન્ટિજનની હાજરી અથવા ગેરહાજરી ઉપર છે. એક અન્ય રુધિરજૂથ RBCsની સપાટી ઉપરના એક અન્ય ઍન્ટિજન રેસસ કારક(Rh)ની હાજરી અથવા ગેરહાજરીને આધારે નક્કી કરવામાં આવ્યું. પેશી કોષોનો અવકાશ રુધિરમાંથી ઉત્પન્ન થતું પ્રવાહી ધરાવે છે. જેને પેશીય જળ કહે છે.

આ પ્રવાહીને લસિકા કહે છે. જે લગભગ પ્રોટીન તત્ત્વો અને સંગઠિત પદાર્થો સિવાયના રુધિર જેવું જ છે.

બધા જ પૃષ્ઠવંશીઓ અને કેટલાક અપૃષ્ઠવંશીઓ બંધ પરિવહનતંત્ર ધરાવે છે. આપણું પરિવહનતંત્ર સ્નાયુલ પંમ્પિંગ અંગ હૃદય, વાહિનીઓનું જાળું અને પ્રવાહી, રુધિર ધરાવે છે. હૃદયમાં બે કર્ણકો અને બે ક્ષેપકો છે. હૃદ સ્નાયુઓ સ્વયં-ઉત્તેજિત હોય છે. શિરા-કર્ણક ગાંઠ (SAN) વધુ સંખ્યામાં પ્રતિ મિનિટ (70-75 / મિનિટ) સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન ઉત્પન્ન કરે છે. અને તેથી તે હૃદયની ક્રિયાઓની ગતિ નિર્ધારિત કરે છે. તેથી તેને પેસમેકર કહે છે. સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનને કારણે પહેલા કર્ણકો અને ત્યારબાદ ક્ષેપકો સંકોચન (સિસ્ટોલ) પામે છે. ત્યારબાદ તેઓ શિથિલન (ડાયેસ્ટોલ) પામે છે. સિસ્ટોલ રુધિરને કર્ણકમાંથી ક્ષેપકો અને ફુપ્ફુસ ધમની અને મહાધમની તરફ લાવવા દબાણ કરે છે. હૃદયની આ ક્રમિક ઘટનાને એક ચક્રના સ્વરૂપે વારંવાર પુનરાવર્તિત કરવામાં આવે છે. જેને હૃદચક્ર કહે છે. એક સ્વસ્થ વ્યક્તિ પ્રતિ મિનિટે આવા 72 ચક્રો દર્શાવે છે. એક હૃદચક્ર દરમિયાન પ્રત્યેક ક્ષેપક દ્વારા લગભગ 70 મિલિ રુધિર દર વખતે પંપ કરવામાં આવે છે અને તેને સ્પંદન કદ કહે છે. હૃદયના ક્ષેપકો દ્વારા પ્રતિ મિનિટ પંપ કરવામાં આવતું રુધિરના કદને હૃદ કાર્યક્ષમતા (Cardiac output) કહે છે અને તે સ્પંદન કદ અને હૃદ દર(આશરે 5 લિટર)ના ઉત્પાદન બરાબર હોય છે. હૃદયની વિદ્યુતકીય પ્રક્રિયા શરીર સપાટી ઉપરથી ઇલેક્ટ્રોકાર્ડીયો ગ્રાફના ઉપયોગથી નોંધી શકાય છે અને આ નોંધણીને ઇલેક્ટ્રોકાર્ડીઓ ગ્રામ (ECG) કહે છે. તે ચિકિત્સા સ્તરે મહત્ત્વનું છે.

આપણામાં સંપૂર્ણ બેવડું પરિવહન હોય છે. એટલે કે બે પરિવહન પથ જેવા કે ફુપ્ફુસીય અને દૈહિક જોવા મળે છે. ફુપ્ફુસીય પરિવહનની શરૂઆત જમણા ક્ષેપક દ્વારા પંપ કરવામાં આવતા ઑક્સિજનવિહીન રુધિર દ્વારા થાય છે. જેને પછી ફેફસામાં લઈ જવાય છે. ત્યાં તે ઑક્સિજનયુક્ત બને છે અને ડાબા કર્ણકમાં પરત આવે છે. દૈહિક પરિવહનની શરૂઆત ડાબા કર્ણક દ્વારા રુધિર મહાધમનીમાં પંપ કરવાથી થાય છે. જ્યાંથી તે શરીરની પેશીઓ સુધી લઈ જવાય છે અને ત્યાંથી ઑક્સિજનવિહીન રુધિર શિરાઓ દ્વારા એકત્રિત કરી અને જમણા કર્ણકમાં પાછું લવાય છે. હૃદય સ્વયં-નિયંત્રિત હોવા છતાં તેનાં કાર્યો ચેતાકીય અને અંતઃસ્રાવી ક્રિયાઓ દ્વારા સંચાલિત થાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. રુધિરના સંગઠિત પદાર્થોના ઘટકોનાં નામ આપો અને તે દરેકનું એક મુખ્ય કાર્ય જણાવો.
2. રુધિરરસ પ્રોટીનનું મહત્ત્વ શું છે ?

3. કૉલમ-Iને કૉલમ-II સાથે સરખાવો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) ઇઓસિનોફિલ	(i) જમાવટ
(b) RBC	(ii) સર્વગ્રાહી
(c) AB જૂથ	(iii) ચેપપ્રતિરોધક
(d) રુધિરકણિકાઓ	(iv) હૃદયનું સંકોચન
(e) સિસ્ટોલ	(v) વાયુવહન

4. શા માટે આપણે રુધિરને સંયોજક પેશી ગણીએ છીએ ?
5. લસિકા અને રુધિર વચ્ચે શું તફાવત છે ?
6. બેવડું પરિવહન એટલે શું ? એનું શું મહત્ત્વ છે ?
7. ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
   (a) રુધિર અને લસિકા
   (b) ખુલ્લું અને બંધ પરિવહનતંત્ર
   (c) સિસ્ટોલ અને ડાયેસ્ટોલ
   (d) P-તરંગ અને T-તરંગ
8. પૃષ્ઠવંશીઓમાં હૃદયની ઉદ્વિકાસીય ફેરફારોની પદ્ધતિઓ (ભાત) વર્ણવો.
9. શા માટે આપણા હૃદયને આપણે માયોજેનિક કહીએ છીએ ?
10. શા માટે શિરા-કર્ણકગાંઠ(SA ગાંઠ)ને આપણા હૃદયનું પેસમેકર કહે છે ?
11. કર્ણક-ક્ષેપકગાંઠ (AV ગાંઠ) અને કર્ણક-ક્ષેપક જૂથનું હૃદયનાં કાર્યોમાં શું મહત્ત્વ છે ?
12. હૃદચક્ર અને હૃદ કાર્યક્ષમતાને વ્યાખ્યાયિત કરો.
13. સમજાવો : હૃદયના અવાજો
14. એક પ્રમાણભૂત (Standard) ECG દોરો અને તેના વિવિધ ખંડો સમજાવો.

પ્રકરણ 19

ઉત્સર્ગ પેદાશો અને તેનો નિકાલ (Excretory Products and Their Elimination)

19.1 માનવ ઉત્સર્જનતંત્ર
19.2 મૂત્રનિર્માણ
19.3 નલિકાઓનાં કાર્યો
19.4 ગાળણની સાંદ્રતાની ક્રિયાવિધિ
19.5 મૂત્રપિંડના કાર્યનું નિયમન
19.6 મૂત્રનિકાલ
19.7 ઉત્સર્જનમાં અન્ય અંગોનો ફાળો
19.8 ઉત્સર્જનતંત્રની અનિયમિતતાઓ

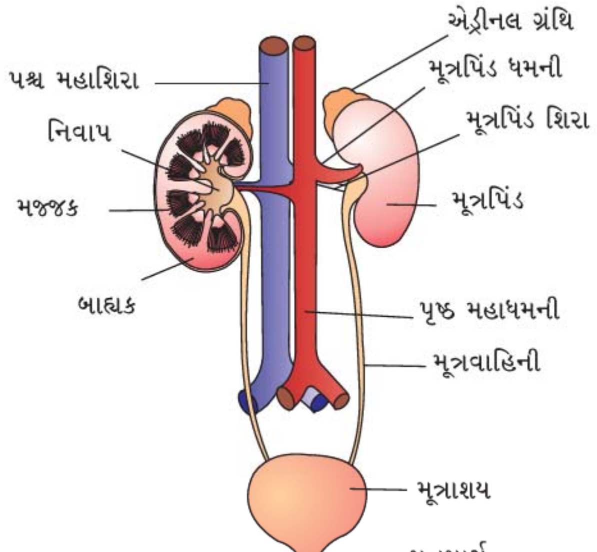
પ્રાણીઓ ચયાપચયિક ક્રિયાઓ કે વધુ પડતા અંતઃગ્રહણ દ્વારા એમોનિયા, યુરિયા, યૂરિક ઍસિડ, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, પાણી અને આયનો જેવા કે Na^+, K^+, Cl^-, ફૉસ્ફેટ, સલ્ફેટ વગેરેને એકઠા કરે છે. આ પદાર્થોનો સંપૂર્ણ અથવા અંશતઃ નિકાલ થવો જોઈએ. આ પ્રકરણમાં તમે આ પદાર્થો સાથે વિશેષ અર્થમાં સામાન્ય નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોના નિકાલની ક્રિયાવિધિનો અભ્યાસ કરશો. પ્રાણીઓ દ્વારા ઉત્સર્જિત કરવામાં આવતો નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો મુખ્યત્વે એમોનિયા, યુરિયા અને યુરિક ઍસિડ સ્વરૂપે હોય છે. એમોનિયા ખૂબ ઝેરી સ્વરૂપ છે અને તેના નિકાલમાં મોટા પ્રમાણમાં પાણીની જરૂરિયાત રહે છે. જ્યારે યુરિક ઍસિડ ઓછો ઝેરી છે, જેના નિકાલમાં પાણીનો અલ્પ વ્યય થાય છે.

એમોનિયાના ઉત્સર્જનની (નિકાલની) પ્રક્રિયાને એમિનોટેલિસમ કહે છે. ઘણી અસ્થિ મત્સ્યો, જલીય ઉભયજીવીઓ અને જલીય કીટકો **એમિનોટેલિક** પ્રકૃતિના છે. એમોનિયા, સરળતાથી દ્રાવ્ય થવાને કારણે એમોનિયમ આયન તરીકે શરીરની સપાટી અથવા ઝાલરની સપાટી(મત્સ્યોમાં)થી પ્રસરણ દ્વારા ઉત્સર્જિત થાય છે. મૂત્રપિંડો તેના નિકાલમાં કોઈ મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવતા નથી. સ્થલીય અનુકૂલન હેતુ પાણીના સંરક્ષણ (જાળવણી) માટે ઓછા ઝેરી નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો જેવા કે યુરિયા અને યૂરિક ઍસિડનું ઉત્પાદન જરૂરી છે. સસ્તનો, ઘણા સ્થલીય ઉભયજીવીઓ અને દરિયાઈ મત્સ્યો મુખ્યત્વે યુરિયાનું ઉત્સર્જન કરે છે જેથી તેમને **યુરિયોટેલિક** પ્રાણીઓ કહે છે. આ પ્રાણીઓમાં ચયાપચયિક ક્રિયાઓ દ્વારા ઉત્પાદિત એમોનિયાનું યકૃતમાં યુરિયામાં રૂપાંતરણ થાય છે. અને રુધિરમાં મુક્ત કરવામાં આવે છે. જેને મૂત્રપિંડો દ્વારા ગાળણ કરી ઉત્સર્જિત કરવામાં આવે છે. આ પ્રાણીઓના મૂત્રપિંડના કોષાંતરીય દ્રવ્ય(Matrix)માં જરૂરી આસૃતિ સાંદ્રતાને જાળવવા માટે યુરિયાની કેટલીક માત્રા જાળવી રાખે છે. સરિસૃપો, પક્ષીઓ, જમીનની ગોકળગાય અને કીટકો નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામો પદાર્થ યુરિક ઍસિડનું પાણીના ન્યૂનતમ વ્યય દ્વારા ગોળકો અથવા લુગદી સ્વરૂપે ઉત્સર્જન કરે છે જેથી તેમને **યુરિકોટેલિક** પ્રાણીઓ કહે છે.

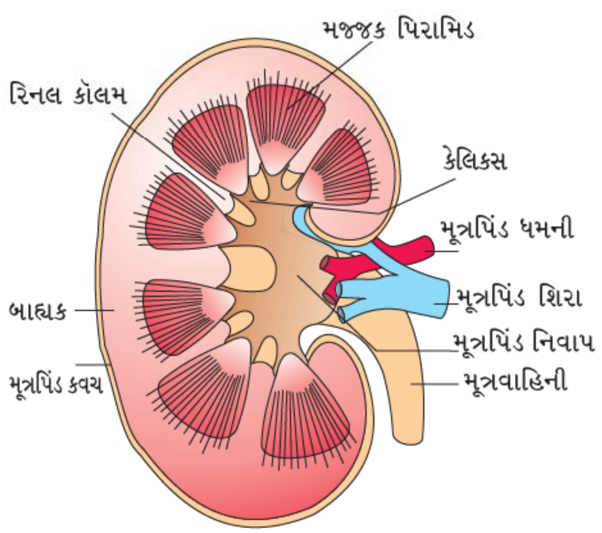
પ્રાણીસૃષ્ટિના સર્વેક્ષણમાં ઘણા બધા પ્રકારની ઉત્સર્ગીય રચનાઓ મળી આવે છે. મોટા ભાગના અપૃષ્ઠવંશીઓમાં આ રચનાઓ સરળ નલિકા સ્વરૂપે હોય છે. જ્યારે પૃષ્ઠવંશીઓમાં જટિલ નલિકામય અંગો જેને મૂત્રપિંડો કહે છે તે હોય છે. આમાંની કેટલીક રચનાઓનો અહીં ઉલ્લેખ કરેલ છે. આદિઉત્સર્ગિકા (Protonephridia) અથવા જ્યોતકોષો, પૃથુકૃમિઓ (ચપટાકૃમિ ઉદા., પ્લેનેરીયા), રોટીફર્સ, કેટલાક નુપુરકો અને શીર્ષ મેરુદંડીઓ-એમ્ફિઓક્સસની ઉત્સર્ગ રચના છે. આદિઉત્સર્ગિકાઓ પ્રાથમિક રીતે આયનીક અને પ્રવાહી કદ નિયમન એટલે કે જલનિયમન સાથે સંબંધિત છે. અળસિયાં અને અન્ય નુપૂરકોમાં નલિકામય ઉત્સર્ગ રચનાઓ, ઉત્સર્ગિકા જોવા મળે છે. ઉત્સર્ગિકા નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોનો નિકાલ અને પ્રવાહી અને આયનીક સંતુલનની જાળવણીમાં મદદ કરે છે. વંદા સહિત મોટા ભાગના કીટકોમાં ઉત્સર્ગ રચના તરીકે માલ્પિઘિયન નલિકાઓ આવેલ છે. માલ્પિઘિયન નલિકાઓ નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોના નિકાલ અને જલનિયમનમાં મદદ કરે છે. સ્તરકવચીઓ જેવા કે ઝીંગામાં એન્ટેનલ ગ્રંથિ (Antennal glands) અથવા હરિતગ્રંથિ (Green gland) ઉત્સર્જનનું કાર્ય કરે છે.

19.1 માનવ ઉત્સર્જનતંત્ર (Human Excretory System)

માનવમાં, ઉત્સર્જનતંત્ર એક જોડ મૂત્રપિંડો, એક જોડ મૂત્રનલિકાઓ, મૂત્રાશય અને મૂત્રમાર્ગ ધરાવે છે. (આકૃતિ 19.1). મૂત્રપિંડો લાલાશ પડતા કથ્થાઈ રંગની, વાલ (Bean) જેવા આકારની રચના છે. તે છેલ્લી ઉરસીય અને ત્રીજી કટિ કશેરૂકાના સમતલની વચ્ચે ઉદરીય ગુહાની પૃષ્ઠ બાજુએ અંદરની દીવાલની નજીક ગોઠવાયેલ હોય છે. પુખ્ત મનુષ્યનું દરેક મૂત્રપિંડ 10-12 સેમી લાંબુ, 5-7 સેમી પહોળુ, 2-3 સેમી જાડું અને સરેરાશ 120-170 ગ્રામ વજન ધરાવે છે. મૂત્રપિંડનાં કેન્દ્રીય ભાગ તરફની અંદરની અંતર્ગોળ સપાટીમાં ખાંચ હોય છે. જેને નાભી (Hilum) કહે છે. જેના દ્વારા મૂત્રવાહિની, રુધિરવાહિનીઓ અને ચેતાઓ દાખલ થાય છે. નાભિની અંદરના પહોળા ગળણી આકારના અવકાશને મૂત્રપિંડ નિવાપ (Renal pelvis) કહે છે, જેને પ્રવર્ધો સાથે કેલાયસીસ (Calyces) કહે છે. મૂત્રપિંડનું બાહ્યસ્તર સખત પુટકીય છે. મૂત્રપિંડની અંદર બે ભાગ હોય છે, બહાર બાહ્યક (Cortex) અને અંદર, મજ્જક (Medulla). મજ્જક થોડા શંકુ સમૂહો(મજ્જક પિરામિડ)માં વિભાજિત હોય છે જે કેલાયસીસમાં (એકવચન : કેલિક્સ) વિસ્તરેલ હોય છે. બાહ્યક, મજ્જક પિરામિડની વચ્ચે રિનલ



આકૃતિ 19.1 : માનવનું ઉત્સર્જનતંત્ર

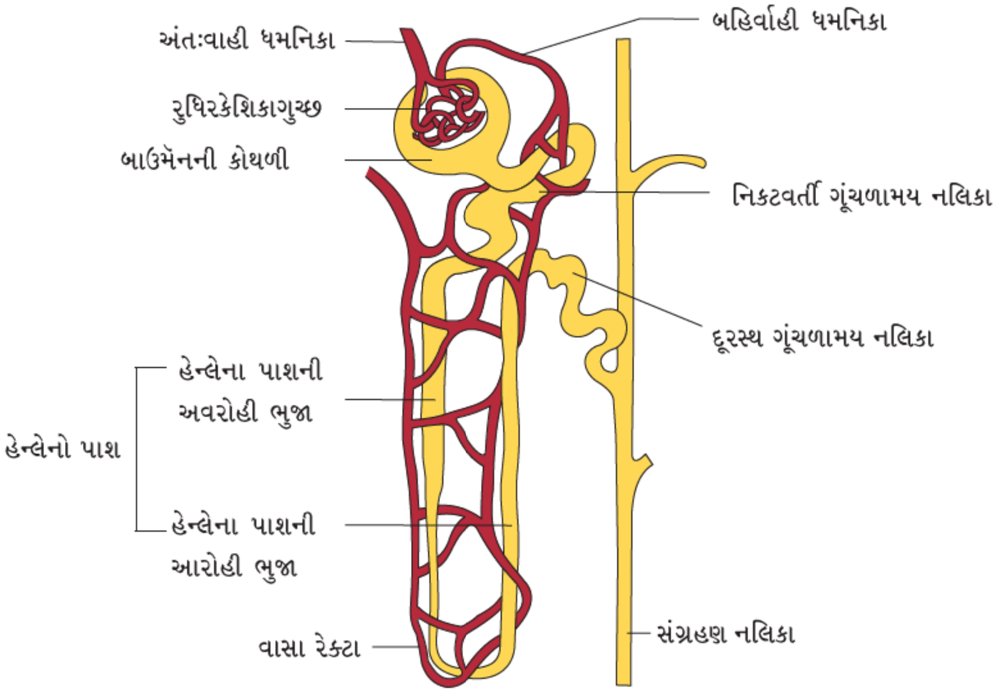


આકૃતિ 19.2 : મૂત્રપિંડનો ઊભોછેદ (રેખાકૃતિ)

કૉલમ (મૂત્રપિંડ સ્તંભ) તરીકે લંબાય છે. જેને **બર્ટિનીનાં સ્તંભો** (Columns of Bertini) કહે છે (આકૃતિ 19.2).

પ્રત્યેક મૂત્રપિંડ લગભગ 1 મિલિયન (10 લાખ) જટિલ નલિકાકાર રચનાઓ ધરાવે છે કે જેને **ઉત્સર્ગ એકમ** કહે છે (આકૃતિ 19.3). જે ક્રિયાત્મક એકમ છે. પ્રત્યેક ઉત્સર્ગ એકમને બે ભાગ છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છ અને મૂત્રપિંડ નલિકા. રુધિરકેશિકાગુચ્છ, મૂત્રપિંડ ધમનિની સૂક્ષ્મ શાખા અંતર્વાહી ધમનિકા(Afferent arteriole)થી બનેલ કેશિકાઓનું જાળું છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છમાંનું રુધિર બર્હિવાહી ધમનિકાઓ દ્વારા લઈ જવાય છે.

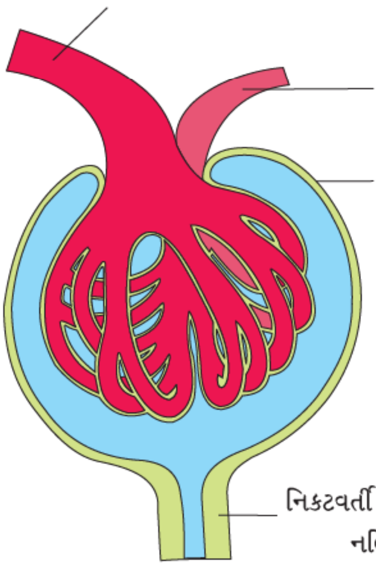
મૂત્રપિંડ નલિકાની શરૂઆત બેવડી દીવાલવાળી કપ જેવી રચનાથી થાય છે જેને **બાઉમૅનની કોથળી** (Bowmen's capsule) કહે છે. જે રુધિરકેશિકાગુચ્છને ઘેરે છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છને, બાઉમૅનની કોથળી સાથે માલ્પિઘિયન કાય અથવા મૂત્રપિંડ કણ (Renal Corpuscles) (આકૃતિ 19.4) કહે છે. નલિકા સતત આગળ વધી અતિ ગૂંચળામય જાળુ - **નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા** (PCT) બનાવે છે. હેરપીન (Hairpin) આકારનો **હેન્લેનો પાશ** તેના પછીનો ભાગ છે. જે અવરોહી અને આરોહી ભુજા ધરાવે છે. આરોહી ભુજા



આકૃતિ 19.3 : રુધિરવાહિનીઓ, વાહિનીઓ અને નલિકાઓ દર્શાવતા ઉત્સર્ગ એકમની રેખાકૃતિ

આગળ એક અન્ય અતિ ગૂંચળામય નલિકામય પ્રદેશમાં પરિણમે છે. જેને **દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકા (DCT)** કહે છે. ઘણા ઉત્સર્ગ એકમોની DCTs (દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકાઓ) સીધી નલિકામાં ખૂલે છે જેને સંગ્રહણ નલિકા કહે છે. આમાંની ઘણી એક જગ્યાએ ભેગી મળી અને મૂત્રપિંડ નિવાપમાં કેલાયસીસના મજ્જક પિરામિડ દ્વારા ખૂલે છે.

ઉત્સર્ગ એકમના આ માલ્પીઘિયન કણ, PCT અને DCT મૂત્રપિંડના બાહ્યક પ્રદેશમાં સ્થાન પામેલ છે. જ્યારે હેન્લેનો પાશ મજ્જકમાં ખૂંપેલ હોય છે. મોટા ભાગના ઉત્સર્ગ એકમોમાં હેન્લેનો પાશ ખૂબ ટૂંકો અને મજ્જકમાં ખૂબ જ થોડે સુધી લંબાયેલ હોય છે. આવા ઉત્સર્ગ એકમોને બાહ્યક ઉત્સર્ગ એકમો (Cortical nephrons) કહે છે. કેટલાક ઉત્સર્ગ એકમોમાં હેન્લેનો પાશ ખૂબ લાંબો અને મજ્જકમાં ઊંડે સુધી પ્રસરેલ હોય છે. આ ઉત્સર્ગ એકમોને જક્સટા મજ્જક ઉત્સર્ગ એકમો (Juxta medullary nephrone) કહે છે.



આકૃતિ 19.4 : માલ્પિઘિયન કાય (મૂત્રપિંડ કણ)

રુધિરકેશિકાગુચ્છમાંથી નિકળતી બર્હિવાહી ધમનિકા, મૂત્રપિંડ નલિકાની ફરતે સૂક્ષ્મ કેશિકાઓનું જાળું બનાવે છે. જેને પરિનલિકા (Peritubular) કેશિકાઓ કહે છે. આ જાળમાંથી નીકળતી સૂક્ષ્મ વાહિકા હેન્લેના પાશને સમાંતર પસાર થઈ 'U' આકારનો વાસા રેક્ટા બનાવે છે. વાસા રેક્ટા બાહ્યક ઉત્સર્ગ એકમોમાં ગેરહાજર અથવા ખૂબ અલ્પવિકસિત (Reduced) હોય છે.

19.2 મૂત્રનિર્માણ (Urine Formation)

મૂત્રનિર્માણમાં ત્રણ પ્રક્રિયાઓ સમાવિષ્ટ છે જેવી કે રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ, પુનઃ શોષણ અને સ્રાવ, જે ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ભાગોમાં થાય છે.

મૂત્રનિર્માણના પ્રથમ તબક્કામાં રુધિરકેશિકાગુચ્છ દ્વારા રુધિરનું ગાળણ થાય છે. જેને **રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ** કહે છે. મૂત્રપિંડો દ્વારા પ્રતિ મિનિટ સરેરાશ 1100-1200 મિલિ રુધિરનું ગાળણ થાય છે. જે હૃદયના દરેક ક્ષેપક દ્વારા એક મિનિટમાં ધકેલવામાં (પંપ કરવામાં) આવતા રુધિરના 1/5માં ભાગની બરાબર હોય છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છની કેશિકાઓનું રુધિર-દબાણ રુધિરનું 3 સ્તરોમાં ગાળણ કરે છે. એટલે કે રુધિર કેશિકાગુચ્છની રુધિરવાહિનીના અંતઃસ્તર, બાઉમૅનની કોથળીનું અધિસ્તર અને આ બંને સ્તરોની વચ્ચેની આધાર કલા. બાઉમૅનની કોથળીના અધિચ્છદીય કોષોને પોડોસાઇટ્સ કહે છે. જે જટિલ રીતે ગોઠવાયેલ હોય છે. જેથી કેટલાક નાના (સૂક્ષ્મ) અવકાશો છોડે છે. જેને ગાળણ ખાંચ અથવા ખાંચ છિદ્રો કહે છે. રુધિર આમાંથી એટલી સૂક્ષ્મ રીતે ગળાય છે કે રુધિરરસના પ્રોટીનો સિવાય લગભગ બધા જ ઘટકો બાઉમૅનની કોથળીના અવકાશમાં દાખલ થાય છે. તેથી આ પ્રક્રિયાને **સૂક્ષ્મ ગાળણ** કહે છે.

મૂત્રપિંડો દ્વારા પ્રતિ મિનિટે નિર્માણ કરવામાં આવતા ગાળણના જથ્થાને **રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ દર (Glomerular Filtration Rate) (GFR)** કહે છે. તંદુરસ્ત વ્યક્તિમાં GFR આશરે 125 મિલિ/મિનિટ એટલે કે

180 લિટર પ્રતિ દિવસ હોય છે.

મૂત્રપિંડ રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ દરના નિયમન માટેની ક્રિયાવિધિ કરે છે. આવી જ એક કાર્યક્ષમ ક્રિયાવિધિ જક્સટા રુધિર કેશિકાગુચ્છ ઉપકરણ (JGA) દ્વારા થાય છે. JGA એ એક સંવેદનશીલ વિસ્તાર છે જે દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકાના કોષીય રૂપાંતરણ અને અંતર્વાહી ધમનિકાના સંપર્ક સ્થળ દ્વારા નિર્માણ થાય છે. GFRમાં ઘટાડો JG કોષોને ક્રિયાશીલ કરે છે અને તે રેનીન મુક્ત કરે છે. જે રુધિરકેશિકાગુચ્છનાં રુધિર પ્રવાહને ઉત્તેજિત કરે છે અને આમ GFR પાછો સામાન્ય થાય છે.

પ્રતિ દિવસ નિર્માણ પામતા ગાળણના કદ(180 લિટર પ્રતિ દિવસ)ની ઉત્સર્જિત મૂત્ર (1.5 લિટર) સાથે તુલના કરવામાં આવે તો એમ સમજી શકાય છે કે 99 ટકા ગાળણ મૂત્રપિંડ નલિકા દ્વારા પુનઃ શોષણ પામે છે. આ પ્રક્રિયાને **પુનઃ શોષણ** કહે છે. આ પ્રક્રિયા ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ખંડોમાં આવેલ નલિકામય અધિચ્છદીય કોષો દ્વારા સક્રિય કાં તો નિષ્ક્રિય ક્રિયાવિધિથી થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે ગાળણમાંના ગ્લુકોઝ, એમિનો ઍસિડ, Na^+ વગેરે પદાર્થો સક્રિય રીતે પુનઃ શોષણ પામે છે. જ્યારે નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો નિષ્ક્રિય વહન દ્વારા પુનઃ શોષણ પામે છે. પાણીનું પુનઃ શોષણ પણ નિષ્ક્રિય રીતે ઉત્સર્ગ એકમના શરૂઆતના ખંડોમાં થાય છે (આકૃતિ 19.5).

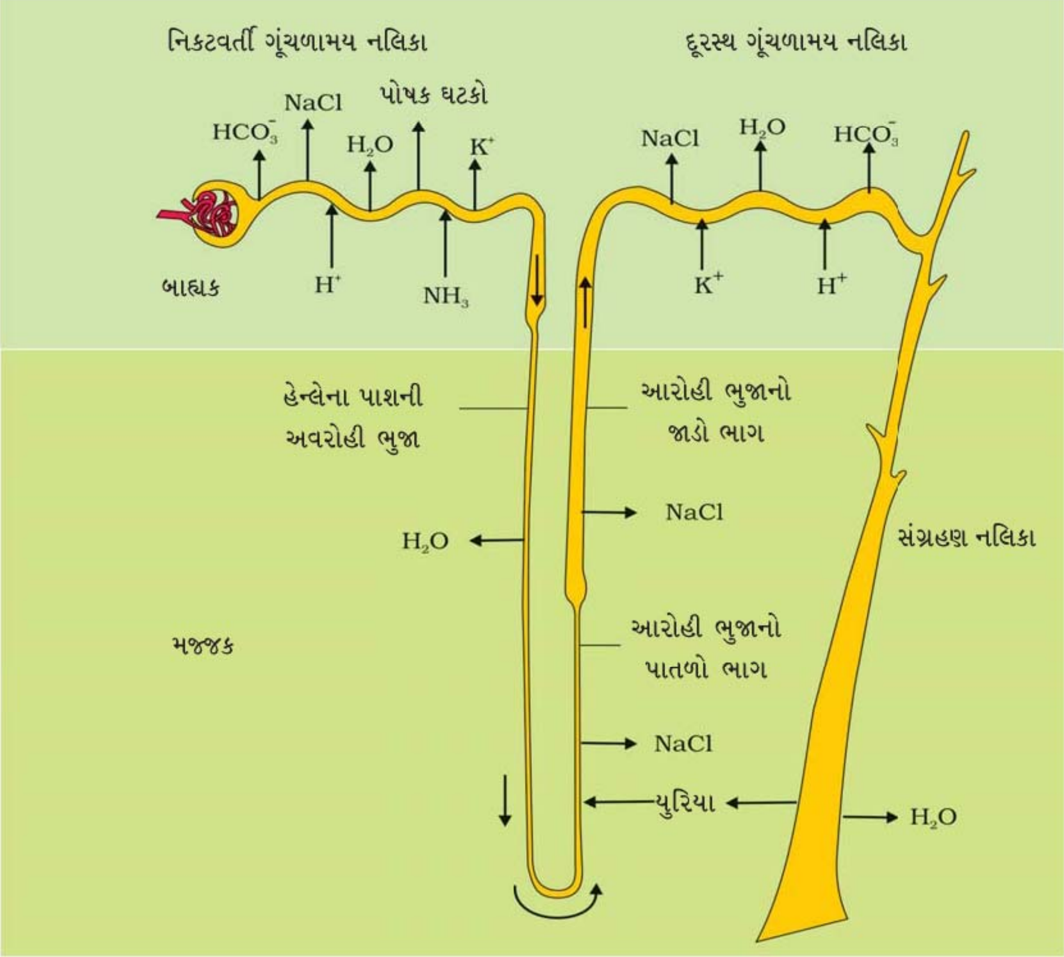
મૂત્રનિર્માણ દરમિયાન નલિકા કોષો ગાળણમાં પદાર્થો જેવા કે H^+, K^+ અને એમોનિયાને સ્રવિત કરે છે. નલિકા સ્રાવ પણ મૂત્રનિર્માણનો એક મહત્ત્વનો તબક્કો છે. કારણ કે તે દેહ જળમાં આયનો અને ઍસિડ-બેઇઝ સંતુલન જાળવવામાં મદદ કરે છે.

19.3 નલિકાઓનાં કાર્યો (Function of the Tubules)

નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા (PCT) : PCT પ્રવર્ધમય સપાટી (બ્રશ બોર્ડર) ધરાવતા ઘનાકાર અધિચ્છદની બનેલ છે, જે પુનઃ શોષણ માટે સપાટી વિસ્તારમાં વધારો કરે છે. લગભગ બધા જ આવશ્યક પોષક તત્ત્વો અને 70-80 ટકા ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સ અને પાણીનું પુનઃ શોષણ આ ખંડ દ્વારા થાય છે. PCT દેહ જળનું હાઇડ્રોજન આયન, એમોનિયા અને પોટાશિયમ આયનોના ગાળણમાં પસંદગીમાન સ્રાવ અને HCO_3^- ના શોષણ દ્વારા pH અને આયનિક સંતુલન જાળવવામાં પણ મદદ કરે છે.

હેન્લેનો પાશ : હેન્લેના પાશના અવરોહી ભાગમાં પુનઃ શોષણ ન્યૂનતમ થાય છે. આ ભાગ મજ્જકનાં આંતરાલીય પ્રવાહીની ઊંચી આસૃતિ સાંદ્રતાના નિયમનમાં મહત્ત્વપૂર્ણ ભૂમિકા ભજવે છે. હેન્લેના પાશની અવરોહી ભુજા પાણી માટે પ્રવેશશીલ હોય છે પરંતુ ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સ માટે લગભગ અપ્રવેશશીલ હોય છે. આ નીચેની તરફ જતા ગાળણને સાંદ્ર બનાવે છે. આરોહી ભુજા પાણી માટે અપ્રવંશશીલ હોય છે. પરંતુ ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સનું વહન સક્રિય અથવા નિષ્ક્રિય રીતે કરે છે. જેમ જેમ સાંદ્ર ગાળણ ઉપરની તરફ જાય છે, તેમ તેમ ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સનું મજ્જક પ્રવાહી(જલ)માં જવાથી ગાળણ મંદ (Dilute) થતું જાય છે.

દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકા (DCT) : Na^+ અને પાણીનું શરતી પુનઃ શોષણ આ ખંડમાં થાય છે. રુધિરનાં pH અને સોડિયમ-પોટૅશિયમ સંતુલન જાળવવા માટે DCT, HCO_3^- નાં પુનઃ શોષણ,



આકૃતિ 19.5 : ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ભાગોમાં મુખ્ય પદાર્થોનું પુનઃ શોષણ અને સ્રાવ(ઍરો (તીર) દ્રવ્યો(પદાર્થો)ની ગતિની દિશા સૂચવે છે.)

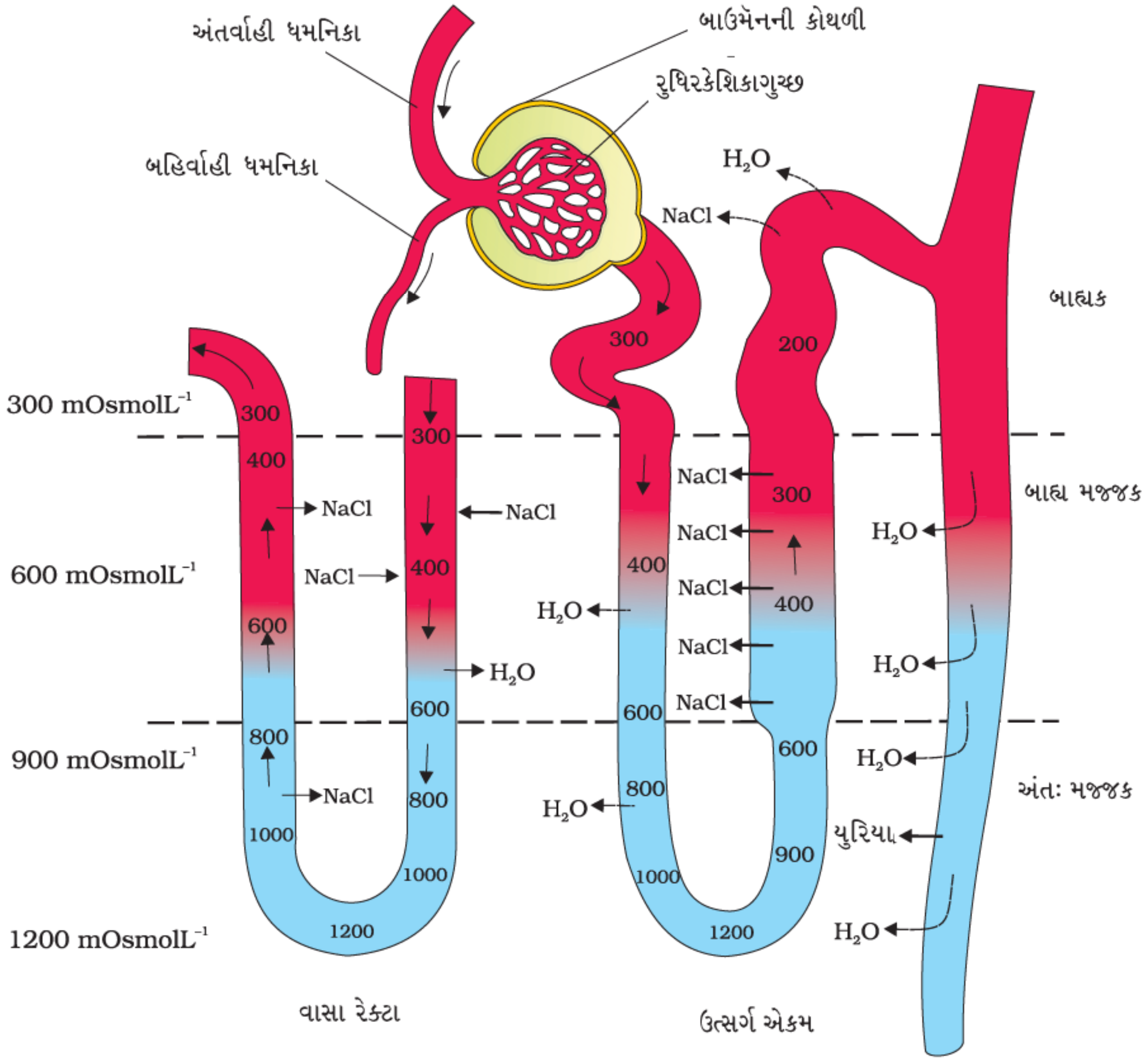
હાઈડ્રોજન, પોટૅશિયમ આયન અને એમોનિયા (NH_3)ના પસંદગીમાન સ્રાવ માટે સક્ષમ છે.

સંગ્રહણ નલિકા : આ લાંબી નલિકા મૂત્રપિંડના બાહ્યકથી મજ્જકના અંદરના ભાગો સુધી લંબાયેલ છે. આ ભાગમાં સાંદ્ર મૂત્ર ઉત્પાદન માટે મોટા જથ્થામાં પાણીનું પુનઃ શોષણ થાય છે. આ ખંડ આસૃતિ સાંદ્રતાને જાળવી રાખવા માટે યુરિયાના ઓછા જથ્થાને મજ્જક આંતરકોષીય ભાગમાં લઈ જાય છે. તે H^+ અને K^+ આયનોના પસંદગીમાન સ્રાવ દ્વારા રુધિરના pH અને આયનિક સંતુલન જાળવવામાં પણ ભૂમિકા ભજવે છે.

19.4 ગાળણની સાંદ્રતાની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Concentration of The Filtrate)

સસ્તનોમાં સાંદ્ર મૂત્ર ઉત્પાદન કરવાની ક્ષમતા હોય છે. હેન્લેનો પાશ અને વાસા રેક્ટા તેમાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. હન્લેના પાશની બંને ભુજાઓમાં ગાળણનો વિરુદ્ધ દિશાઓમાં પ્રવાહ હોય છે અને તે કાઉન્ટર કરંટ નિર્માણ કરે છે. વાસા રેક્ટાની બંને ભુજાઓમાં રુધિરનો પ્રવાહ પણ કાઉન્ટર કરંટ પ્રમાણે હોય છે. હેન્લેનો પાશ અને વાસા રેક્ટાની વચ્ચેની નિકટતા તથા એનામાં કાઉન્ટર કરંટ, મજ્જક આંતરાલીય પ્રવાહીની

(Interstitium) વધતી આસૃતિ સાંદ્રતાને વિશિષ્ટ પ્રકારે જાળવવામાં મદદ કરે છે. એટલે કે બાહ્યકમાંના 300 mOsmo/L^{-1} થી મજ્જકના અંદરના આશરે 1200 mOsmo/L^{-1} સુધી. આ ઢોળાંશ થવાનું મુખ્ય કારણ NaCl અને યુરિયા છે. NaClનું પરિવહન હેન્લેના પાશની આરોહી ભુજા દ્વારા થાય છે જે વાસા રેક્ટાની અવરોહી ભુજા સાથે ફેરબદલી પામે છે. NaCl આંતરાલીય પ્રવાહીને વાસા રેક્ટાની આરોહી ભુજા દ્વારા પાછું આપવામાં આવે છે. એવી જ રીતે યુરિયાનો ઓછો જથ્થો હેન્લેના પાશના પાતળા આરોહી ભાગમાં દાખલ થાય છે. જે સંગ્રહણ નલિકા દ્વારા પાછો આંતરાલીય પ્રવાહીમાં પરિવહન પામે છે. ઉપરોક્ત વર્ણવેલ પદાર્થોના પરિવહન, હેન્લના પાશ અને વાસા રેક્ટાની વિશિષ્ટ વ્યવસ્થા દ્વારા સરળ બનાવાય છે. જેને **કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિ (Counter Current Mechanism)** કહે છે (આકૃતિ 19.6). આ ક્રિયાવિધિ મજ્જક



આકૃતિ 19.6 : ઉત્સર્ગ એકમ અને વાસા રેક્ટા દ્વારા નિર્મિત કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિ પ્રદર્શીત કરતી રેખાકૃતિ

આંતરાલીય પ્રવાહીમાં સાંદ્રતા ઢોળાંશને જાળવવામાં મદદ કરે છે. આવા આંતરાલીય પ્રવાહી ઢોળાંશની હાજરી સંગ્રહણ નલિકા દ્વારા પાણીના સરળ અવશોષણમાં મદદ કરે છે અને ગાળણને સાંદ્ર બનાવે છે (મૂત્ર). માનવ મૂત્રપિંડો શરૂઆતના ગાળણના સાપેક્ષમાં લગભગ ચારગણુ વધુ સાંદ્ર મૂત્ર ઉત્પન્ન કરે છે.

19. 5 મૂત્રપિંડનાં કાર્યનું નિયમન (Regulation of Kidney Function)

મૂત્રપિંડોની ક્રિયાવિધિનું નિયંત્રણ અને નિયમન હાઇપોથેલેમસ, JGA અને કેટલીક હદ સુધી હૃદયના અંતઃ સ્રાવોની પ્રતિપોષી ક્રિયાવિધિ દ્વારા થાય છે.

શરીરમાં અભિસરણ (આસૃતિ) ગ્રાહીઓ, રુધિર કદ, દેહ જળ કદ અને આયનિક સાંદ્રતામાં ફેરફાર દ્વારા સક્રિય થાય છે. શરીરમાંથી પાણીના વધારે પડતા વ્યયથી આ ગ્રાહીઓ સક્રિય થાય છે. જેથી હાયપોથેલેમસ એન્ટીડાયયુરેટીક અંતઃસ્રાવ (ADH) અથવા વાસોપ્રેસીન ન્યુરોહાઈપોફાયસીસમાંથી મુક્ત કરે છે. ADH નલિકાના અંતિમ ભાગમાં પાણીના પુનઃ શોષણની સુવિધા પૂરી પાડે છે. આ રીતે તે મૂત્રવૃદ્ધિને રોકે છે. દેહ જળના કદમાં વધારો આસૃતિ ગ્રાહીઓને નિષ્ક્રિય કરે છે અને પ્રતિપોષી નિયમનને પૂરું કરવા ADHની મુક્તિને અવરોધે છે. ADH મૂત્રપિંડનાં કાર્યો ઉપર તેની રુધિર વાહિનીઓના સંકોચનની અસર દ્વારા પણ અસર કરે છે. આ રુધિર દબાણના વધારાનું કારણ બને છે. રુધિર દબાણમાં વધારો રુધિરકેશિકાગુચ્છ પ્રવાહમાં વધારો કરે છે અને તેથી GFR પણ વધે છે.

JGA જટિલ નિયામકી ભૂમિકા ભજવે છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છનો રુધિર પ્રવાહ/રુધિરકેશિકાગુચ્છનું રુધિર દબાણ / GFRમાં ઘટાડાથી JG કોષો સક્રિય થઈ **રેનિન**ને મુક્ત કરે છે. જે રુધિરમાંના એન્જિઓટેન્સીનોજનને એન્જિઓટેસીન-I અને ત્યારબાદ એન્જિઓટેસીન-IIમાં ફેરવે છે. એન્જિઓટેસીન-II એક પ્રભાવશાળી રુધિરવાહિની સંકોચક (Vasoconstrictor) હોવાથી, જે રુધિરકેશિકાગુચ્છ રુધિર દબાણ અને આમ GFRમાં વધારો કરે છે. એન્જિઓટેસીન-II, એડ્રીનલ બાહ્યકને આલ્ડોસ્ટેરોન મુક્ત કરવા પણ ઉત્તેજિત કરે છે. આલ્ડોસ્ટેરોનના કારણે નલિકાના દૂરસ્થ ભાગોમાં Na^+ અને પાણીનું પુનઃ શોષણ થાય છે. આ રુધિર દબાણ અને GFRમાં વધારા તરફ પણ દોરી જાય છે. આ જટિલ ક્રિયાવિધિ સામાન્ય રીતે **રેનિન-એન્જિઓટેસીન** ક્રિયાવિધિ તરીકે જાણીતી છે.

હૃદયના કર્ણકોમાં રુધિરના વધુ પ્રવાહથી **કર્ણક (એટ્રિઅલ) નેટ્રિયુરેટિક કારક (ANF)** મુક્ત થાય છે. ANF રુધિરવાહિની વિસ્તરણ (Vasodilation) (રુધિરવાહિનીઓનું વિસ્તરણ) પ્રેરે છે આમ રુધિર દબાણ ઘટે છે. તેથી ANF ક્રિયાવિધિ રેનિન-એન્જિઓટેસીન ક્રિયાવિધિ ઉપર નિયંત્રણનું કામ કરે છે.

19.6 મૂત્રનિકાલ (Micturition)

ઉત્સર્ગ એકમો દ્વારા નિર્મિત મૂત્ર અંતમાં મૂત્રાશયમાં લઈ જવાય છે જ્યાં તે મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર (CNS) દ્વારા ઐચ્છિક સંકેતો મળે ત્યાં સુધી સંગ્રહ પામે છે. આ સંકેતો મૂત્રાશયમાં મૂત્ર ભરાઈ જતાં તેની દીવાલ ખેંચવાને કારણે ઉત્પન્ન (પ્રેરાય) થાય છે. મૂત્રાશયની દીવાલ ઉપરના ખેંચાણ ગ્રાહીઓના પ્રત્યુત્તરથી સંકેતો CNSમાં મોકલાય છે. CNSથી મૂત્રાશયના સરળ સ્નાયુઓના સંકોચન અને

મૂત્રમાર્ગના મુદ્રિકા સ્નાયુ (Sphincter)ના શિથિલન હેતુ સમાંતર પ્રેરક (ચાલક) સંકેતો જાય છે જેને કારણે મૂત્ર મુક્ત થાય છે. મૂત્ર મુક્તિની આ ક્રિયાને મૂત્રનિકાલ કહે છે અને તેને અસર કરતી ચેતાકીય ક્રિયાવિધિને મૂત્રનિકાલ-પ્રતિક્રિયા (પરાવર્તિત ક્રિયા) (Micturition reflex) કહે છે. એક પુખ્ત મનુષ્ય પ્રતિદિવસ સરેરાશ 1-1.5 લિટર મૂત્ર ઉત્સર્જિત કરે છે. મૂત્ર એક આછા પીળા રંગનું, થોડુંક ઍસિડીક (pH - 6.0) અને વિશિષ્ટ વાસ ધરાવતું જલીય પ્રવાહી છે. સરેરાશ 25-30 ગ્રામ યુરિયા પ્રતિ દિવસ ઉત્સર્જિત થાય છે. વિવિધ પરિસ્થિતિઓ મૂત્રના ગુણધર્મો ઉપર અસર કરે છે. મૂત્રનું પૃથક્કરણ ઘણી ચયાપચયિક અનિયમિતતાઓ અને સાથે સાથે મૂત્રપિંડની ખામીઓના દાક્તરી નિદાનમાં મદદ કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે મૂત્રમાં ગ્લુકોઝ (ગ્લાયકોસૂરિયા) અને કીટોન કણો(કીટોન્યુરિયા)ની હાજરી ડાયાબિટીસ મેલીટસ સૂચવે છે.

19.7 ઉત્સર્જનમાં અન્ય અંગોનો ફાળો (Role of Other Organs in Excretion)

મૂત્રપિંડ સિવાય ફેફસાં, યકૃત અને ત્વચા પણ ઉત્સર્ગ પદાર્થો(કચરા)ના નિકાલમાં મદદ કરે છે.

આપણા ફેફસાં પ્રતિ દિવસ મોટી માત્રામાં CO_2 (આશરે 200ml /મિનિટ) અને પાણીની પર્યાપ્ત માત્રાનો નિકાલ કરે છે. યકૃત આપણા શરીરની મોટામાં મોટી ગ્રંથિ છે. જે બિલિરૂબિન, બિલિવર્ડીન, કોલેસ્ટેરોલ, વિઘટિત સ્ટીરોઈડ અંતઃસ્રાવો, વિટામિન્સ અને ઔષધો ધરાવતા પિત્તરસનો સ્રાવ કરે છે. મોટા ભાગના આ પદાર્થો પાચક નકામા પદાર્થો (મળ) સાથે બહાર નિકાલ પામે છે.

ત્વચાની પ્રસ્વેદ (Sweat) અને સ્નિગ્ધ (Sebaceous) ગ્રંથિઓ સ્રાવ દ્વારા કેટલાક પદાર્થોનો નિકાલ કરે છે. પરસેવો, પ્રસ્વેદ ગ્રંથિઓ દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. જે NaCl, ઓછી માત્રામાં યુરિયા, લેકટિક ઍસિડ વગેરે ધરાવતું જલીય પ્રવાહી છે. જો કે પરસેવાનું મુખ્ય (પ્રાથમિક) કાર્ય શરીરની સપાટીને ઠંડી રાખવાનું છે. તે ઉપર દર્શાવેલા કેટલાક નકામા પદાર્થોને દૂર કરવામાં પણ મદદ કરે છે. સ્નિગ્ધ ગ્રંથિઓ સીબમ (Sebum) દ્વારા સ્ટેરોલ, હાઇડ્રોકાર્બન્સ અને મીણ જેવા કેટલાક પદાર્થોનો નિકાલ કરે છે. આ સ્રાવ ત્વચાને રક્ષણાત્મક તૈલી કવચ પ્રદાન કરે છે. શું આપ જાણો છો કે નાઇટ્રોજનયુક્ત કચરાનો ખૂબ ઓછો જથ્થો લાળ દ્વારા પણ નિકાલ પામે છે ?

19.8 ઉત્સર્જનતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of the Excretory System)

મૂત્રપિંડની ખામીને કારણે રુધિરમાં યુરિયાનો ભરાવો થાય છે. આ સ્થિતિને **યુરેમિયા (Uremia)** કહે છે, જે ઘણી નુકશાનકારક અને તે મૂત્રપિંડને નિષ્ફળતા તરફ દોરી જાય છે. આવા દર્દીઓમાં **હીમોડાયલિસિસ (Heamodialysis)** કહેવાતી પ્રક્રિયા દ્વારા યુરિયા દૂર કરવામાં આવે છે. હીમોડાયલિસિસ પ્રક્રિયા દરમિયાન, અનુકૂળ હોય તેવી ધમનીમાંના રુધિરને ડાયાલાઈઝિંગ એકમમાં દાખલ કરવામાં આવે છે. જેને કૃત્રિમ મૂત્રપિંડ કહે છે. દર્દીની ધમનીમાંથી રુધિરને કાઢી ડાયાલાયઝિંગ એકમમાં હીપેરીન જેવા પ્રતિગંઠક (Anticoagulant) ઉમેર્યા બાદ દાખલ કરવામાં આવે છે. આ એકમમાં નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો સિવાયના રુધિરરસ જેવું જ બંધારણ ધરાવતા પ્રવાહી(ડાયાલાઈઝિંગ)થી ઘેરાયેલ ગૂંચળામય સેલોફેન નલિકાઓ ધરાવે છે.

નલિકાનું છિદ્રિષ્ઠ સેલોફેન આવરણ (સ્તર) સાંદ્રતા ઢોળાંશને આધારે અણુઓનું વહન કરે છે. ડાયાલાઇઝિંગ પ્રવાહીમાં નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો ગેરહાજરીને કારણે, આ પદાર્થો મુક્ત રીતે બહાર આવે છે. આ રીતે તે રુધિરને શુદ્ધ (clearing) કરે છે. શુદ્ધ રુધિરમાં ઍન્ટિહીપેરીન ઉમેરી શિરા દ્વારા શરીરમાં પાછું ધકેલવામાં આવે છે. આ પદ્ધતિ વિશ્વના હજારો યુરેમિક દર્દીઓ માટે આર્શીવાદ રૂપ છે.

મૂત્રપિંડની નિષ્ફળતા(Kidney failure / Acute renal failures)ને દૂર કરવાનો અંતિમ ઉપાય મૂત્રપિંડ પ્રત્યારોપણ (Transplantation) છે. પ્રત્યારોપણમાં મુખ્યત્વે નજીકના સંબંધિત દાતાના ક્રિયાશીલ મૂત્રપિંડનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. જેથી યજમાનના પ્રતિરક્ષા તંત્રના અસ્વીકારને ઓછો કરી શકાય. આધુનિક દાક્તરી પ્રક્રિયાઓ આવી જટિલ તક્નિકની સફળતાના દરમાં વધારો કરે છે.

મૂત્રપિંડની પથરી (રીનલ કેલક્યુલી) (Renal calculi) : પથ્થર અથવા સ્ફટિકમય ક્ષારોનો (ઓક્સલેટ વગેરે) અદ્રાવ્ય સમૂહ (જથ્થો) મૂત્રપિંડમાં બને છે.

ગ્લોમેરુલોનેફ્રાઈટિસ (Glomerulonephritis) (રુધિરકેશિકાગુચ્છ સોજો) : તે મૂત્રપિંડના રુધિરકેશિકાગુચ્છનો સોજો છે.

સારાંશ

શરીરમાં ઘણા નાઇટ્રોજનયુક્ત પદાર્થો, આયનો, CO_2, પાણી વગેરેની જમાવટ થાય છે. જેનો નિકાલ થવો જરૂરી છે. નિર્માણ પામતા નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થની પ્રકૃતિ અને તેનું ઉત્સર્જન પ્રાણીઓમાં ભિન્ન હોય છે. જે મુખ્યત્વે નિવાસસ્થાન (પ્રાણીની પ્રાપ્યતા) આધારિત હોય છે. એમોનિયા, યુરિયા અને યૂરિક ઍસિડ ઉત્સર્જિત થતો મુખ્ય નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થો છે.

આદિઉત્સર્ગીકાઓ, ઉત્સર્ગીકાઓ, માલ્પિધિયન નલિકાઓ, હરિતગ્રંથિઓ અને મૂત્રપિંડો પ્રાણીઓના સામાન્ય ઉત્સર્ગ અંગો છે. તે ફક્ત નાઇટ્રોજનયુક્ત નકામા પદાર્થોનો નિકાલ જ નહીં પરંતુ આયનિક અને ઍસિડ-બેઇઝ સંતુલનની દેહ જળમાં જાળવણીમાં પણ મદદ કરે છે.

માનવમાં, ઉત્સર્જન તંત્ર એક જોડ મૂત્રપિંડો, એક જોડ મૂત્રનલિકાઓ, મૂત્રાશય અને મૂત્રમાર્ગ ધરાવે છે. દરેક મૂત્રપિંડ 1 મિલીયન નલિકામય રચનાઓ કે જેને ઉત્સર્ગ એકમ કહે છે તે ધરાવે છે. ઉત્સર્ગ એકમ મૂત્રપિંડનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. પ્રત્યેક ઉત્સર્ગ એકમને બે ભાગ છે. રુધિરકેશિકાગુચ્છ અને મૂત્રપિંડ નલિકા. રુધિરકેશિકાગુચ્છ, મૂત્રપિંડ ધમનીની સૂક્ષ્મ શાખા અંતર્વાહી ધમનિકાથી બનેલ કેશિકાઓનું જાળું છે. મૂત્રપિંડ નલિકાની શરૂઆત બેવડી દીવાલવાળી બાઉમૅનની કોથળીથી થાય છે અને આગળ તે નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા (PCT), હેન્લેનો પાશ (HL) અને દૂરસ્થ ગૂંચળામય નલિકા(DCT)માં ભિન્ન પામે છે. ઘણા ઉત્સર્ગ એકમોની DCTs સામાન્ય સંગ્રહણ નલિકામાં ભેગી થાય છે, આમાની ઘણી અંતે મજ્જક પિરામિડ્સમાં થઈને મૂત્રપિંડ નિવાપમાં ખૂલે છે. બાઉમૅનની કોથળી માલ્પિધિયન અથવા મૂત્રપિંડ કણ બનાવવા રુધિરકેશિકાગુચ્છને ઘેરે છે.

મૂત્રનિર્માણમાં ત્રણ પ્રક્રિયાઓ સમાવિષ્ટ છે. એટલે કે ગાળણ, પુનઃ શોષણ અને સ્રાવ. ગાળણ એ પસંદગીમાન પ્રક્રિયા છે. જે રુધિરકેશિકાગુચ્છની કેશિકાઓના રુધિર દબાણના ઉપયોગથી રુધિરકેશિકાગુચ્છમાં થાય છે. પ્રતિ મિનિટ (GFR) બાઉમૅનની કોથળીમાં 125 મિલિ ગાળણ બનાવવા આશરે 1200 મિલિ રુધિર પ્રતિ

મિનિટ રુધિરકેશિકાગુચ્છ દ્વારા ગળાય છે. JGA ઉત્સર્ગ એકમનો એક વિશિષ્ટ ભાગ છે. જે GFRના નિયમનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. ઉત્સર્ગ એકમના વિવિધ ભાગો દ્વારા આશરે 99 % ગાળણ પુનઃ શોષણ પામે છે. PCT એ પુનઃ શોષણ અને પસંદગીમાન સ્રાવ માટેનું મુખ્ય સ્થાન છે. HL મૂત્રપિંડના આંતરાલીય પ્રવાહીમાં આસૃતિ ઢોળાંશ (300 mOsmo / L^{-1} – 1200 mOsmo / L^{-1}) જાળવવામાં પ્રાથમિક રીતે મદદ કરે છે. DCT અને સંગ્રહણ નલિકા પાણી અને ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સનું પુનઃશોષણ કરે છે, જે જલનિયમનમાં મદદ કરે છે. દેહ જળના આયનિક સંતુલન અને pH જાળવવા માટે H^+, K^+ અને NH_3 નો ગાળણમાં નલિકાઓ દ્વારા સ્રાવ થાય છે.

કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિ હેન્લેના પાશની બંને ભુજાઓ અને વાસા રેક્ટા (હેન્લેના પાશને સમાંતર કેશિકા)ની વચ્ચે કાર્ય કરે છે. ગાળણ જેમ-જેમ અવરોહી ભુજામાં નીચે ઉતરે છે તેમ-તેમ સાંદ્ર થતું જાય છે. પરંતુ આરોહી ભુજામાં તે મંદ થાય છે. ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સ અને યુરિયા આ વ્યવસ્થાને લીધે આંતરાલીય પ્રવાહીમાં જળવાય છે. DCT અને સંગ્રહણ નલિકા ગાળણને આશરે ચાર ગણુ વધુ સાંદ્ર કરે છે. એટલે કે 300 mOsmo / L^{-1} થી 1200 mOsmo / L^{-1}. આ પાણીના સંરક્ષણની ઉત્તમ ક્રિયાવિધિ છે. મૂત્રાશયમાં મૂત્ર CNS દ્વારા ઐચ્છિક સંકેતો પ્રાપ્ત થાય ત્યાં સુધી સંગ્રહ પામે છે. ત્યારબાદ તે મૂત્રમાર્ગ દ્વારા મુક્ત થાય છે, એટલે કે મૂત્રનિકાલ. ત્વચા, ફેફસાં અને યકૃત પણ ઉત્સર્જનમાં સહાય કરે છે.

સ્વાધ્યાય

1. રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ (GFR) દરને વ્યાખ્યાયિત કરો.
2. GFRની સ્વયંવનિયંત્રિત ક્રિયાવિધિ સમજાવો.
3. નીચેનાં વિધાનો સાચાં છે કે ખોટાં તે દર્શાવો :
   (a) મૂત્રનિકાલ પ્રતિક્રિયા (પરાવર્તિત ક્રિયા) દ્વારા થાય છે.
   (b) ADH, મૂત્રને અધઃ સાંદ્ર (Hypotonic) બનાવી પાણીના નિકાલમાં મદદ કરે છે.
   (c) બાઉમેનની કોથળીમાં રુધિરરસમાંનું પ્રોટીન-મુક્ત પ્રવાહી ગળાય છે.
   (d) મૂત્રની સાંદ્રતા વધારવામાં હેન્લેનો પાશ અગત્યનો ભાગ ભજવે છે.
   (e) નિકટવર્તી ગૂંચળામય નલિકા(PCT)માં ગ્લુકોઝ સક્રિય રીતે પુનઃ શોષણ પામે છે.
4. કાઉન્ટર કરંટ ક્રિયાવિધિનું સંક્ષિપ્તમાં વર્ણન કરો.
5. ઉત્સર્જનમાં યકૃત, ફેફસાં અને ત્વચાનો ફાળો વર્ણવો.
6. સમજાવો : મૂત્રનિકાલ.
7. કૉલમ-I અને કૉલમ-IIની સાથે જોડો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) એમોનોટેલીઝમ	(i) પક્ષીઓ
(b) બાઉમેનની કોથળી	(ii) પાણીનું પુનઃ શોષણ
(c) મૂત્રનિકાલ	(iii) અસ્થિમત્સ્ય
(d) યુરિકોટેલીસમ	(iv) મૂત્રાશય
(e) ADH	(v) મૂત્રપિંડ નલિકા

8. જલનિયમન શબ્દનું અર્થઘટન શું થાય છે ?
9. સ્થલીય પ્રાણીઓ મોટે ભાગે યુરિયોટેલિક અથવા યુરિકોટેલિક હોય છે, એમોનોટેલિક હોતા નથી ? શા માટે ?
10. મૂત્રપિંડનાં કાર્યોમાં જકસટા રુધિરકેશિકાગુચ્છ ઉપકરણ(JGA)નું મહત્ત્વ શું છે ?
11. નીચેનાનાં નામ આપો :
    (a) અમેરુદંડી પ્રાણીઓ કે જેમાં ઉત્સર્ગ રચના તરીકે જ્યોતકોષો ધરાવે છે.
    (b) માનવ મૂત્રપિંડમાં બાહ્યકના ભાગો કે જે મજ્જક પિરામિડની વચ્ચે વિસ્તરેલ છે.
    (c) હેન્લેના પાશને સમાંતર પસાર થતી રુધિરકેશિકાનો પાશ.
12. ખાલી જગ્યા પૂરો :
    (a) હેન્લેના પાશની આરોહી ભુજા પાણી માટે _______ જ્યારે અવરોહી ભુજા તેના માટે _______ છે.
    (b) મૂત્રપિંડ નલિકાના દૂરસ્થ ભાગ દ્વારા પાણીનું પુનઃ શોષણ _______ અંતઃસ્રાવ દ્વારા થાય છે.
    (c) ડાયાલીસીસ પ્રવાહીમાં _______ પદાર્થ સિવાય રુધિરરસના અન્ય બધા પદાર્થો હાજર હોય છે.
    (d) એક સ્વસ્થ મનુષ્ય (આશરે) _______ ગ્રામ યુરિયા / દિવસ ઉત્સર્જિત કરે છે.

પ્રકરણ 20

પ્રચલન અને હલનચલન (Locomotion and Movement)

20.1 હલનચલનના પ્રકારો
20.2 સ્નાયુ
20.3 કંકાલતંત્ર
20.4 સાંધાઓ
20.5 સ્નાયુ અને કંકાલતંત્રની અનિયમિતતાઓ

હલનચલન સજીવોનું એક અગત્યનું લક્ષણ છે. પ્રાણીઓ અને વનસ્પતિઓ ઘણા બધા પ્રકારના હલનચલન દર્શાવે છે. અમીબા જેવા એકકોષીય સજીવોમાં જીવરસનું પરિભ્રમણ સરળ પ્રકારનું હલનચલન છે. પક્ષ્મો, કશા અને સૂત્રાંગોનું હલનચલન ઘણા સજીવોમાં જોવા મળે છે. મનુષ્ય ઉપાંગો, જડબાં, આંખનાં પોપચાં, જીભ વગેરેને હલાવે છે. કેટલાક હલનચલન તેમના જગ્યા અથવા સ્થાનમાં ફેરફાર કરાવે છે. આ સ્વૈચ્છિક હલનચલનને **પ્રચલન** કહે છે. ચાલવું, દોડવું, ચઢવું, ઊડવું, તરવું એ પ્રચલનરૂપ હલનચલનના કેટલાક સ્વરૂપો છે. પ્રચલન રચનાઓ બીજા પ્રકારના હલનચલનથી જુદી હોવી જરૂરી નથી. ઉદાહરણ તરીકે પેરામીશિયમમાં પક્ષ્મો, કોષ કંઠનળી દ્વારા ખોરાકના હલનચલનમાં અને પ્રચલનમાં પણ મદદ કરે છે. હાઇડ્રા તેમના સૂત્રાંગોનો ઉપયોગ તેમના શિકારને પકડવા અને પ્રચલનમાં પણ કરે છે. આપણે ઉપાંગોનો ઉપયોગ શરીરની સ્થિતિ બદલવામાં અને પ્રચલનમાં કરીએ છીએ. ઉપરોક્ત અવલોકનો દર્શાવે છે કે હલનચલન અને પ્રચલનનો અભ્યાસ અલગ અલગ ન થઈ શકે. આથી એમ કહી શકાય કે બધા પ્રચલન એ હલનચલન છે પરંતુ બધા હલનચલન પ્રચલન નથી.

પ્રાણીઓમાં પ્રચલનની પદ્ધતિઓ તેમના નિવાસસ્થાન અને પરિસ્થિતિની જરૂરિયાત પ્રમાણે બદલાય છે. આમ પ્રચલન એ ખોરાક, આશ્રયસ્થાન, સાથી, યોગ્ય પ્રજનન સ્થળ, સાનુકૂળ આબોહવાકીય પરિસ્થિતિની શોધ અથવા દુશ્મનો / ભક્ષકોથી બચવા માટે થાય છે.

20.1 હલનચલનના પ્રકારો (Types of Movement)

માનવશરીરના કોષો મુખ્ય ત્રણ પ્રકારના હલનચલન દર્શાવે છે. જેવા કે અમીબીય, પક્ષ્મલ અને સ્નાયુલ.

આપણા શરીરમાં આવેલ વિશિષ્ટ કોષો જેવા કે ભક્ષક કોષો (બૃહદ્ કોષો (Macrophages)) અને રૂધિરમાંના શ્વેતકણો અમીબીય હલનચલન દર્શાવે છે. તે જીવરસીય પરિભ્રમણ (અમીબામાં) દ્વારા નિર્માણ પામતા ખોટાપગોને કારણે છે. કોષીય કંકાલના ઘટકો જેવા કે સૂક્ષ્મતંતુઓ પણ અમીબીય હલનચલનમાં સંકળાયેલ છે.

તમે પ્રકરણ 8માં પક્ષ્મ અને કશા, જે કોષરસપટલનો બર્હિરુદભેદ છે તે ભણી ચૂક્યા છો. કશામય હલનચલન (Flagellar movement) શુક્રકોષના તરવામાં, વાદળીઓના નલિકાતંત્રમાં પાણીના પ્રવાહની જાળવણી અને યુગ્લીના જેવા પ્રજીવના પ્રચલનમાં મદદ કરે છે. પક્ષ્મલ હલનચલન આપણા નલિકામય આંતરિક અંગોમાં થાય છે કે જે અંદરની સપાટી ઉપર પક્ષ્મલ અધિચ્છદીય પેશીથી આવૃત્ત છે. શ્વાસનળીમાં આવેલા પક્ષ્મોનું સંકલિત હલનચલન એ ધૂળના રજકણો અને કેટલાક બાહ્ય પદાર્થો જે વાતાવરણની હવા સાથે દાખલ થાય છે તેને દૂર કરવામાં મદદ કરે છે. પક્ષ્મલ હલનચલન દ્વારા માદા પ્રજનનતંત્રમાં અંડકોષના વહનને પણ સાનુકૂળતા પૂરી પાડે છે.

આપણા ઉપાંગો, જીભ, જડબા વગેરેના હલનચલન માટે સ્નાયુનું હલનચલન જરૂરી છે. સ્નાયુઓના સંકોચનનો ગુણધર્મ અસરકારક રીતે, માનવમાં તથા મોટા ભાગના બહુકોષી સજીવો દ્વારા થતા પ્રચલન અને અન્ય હલનચલનોમાં ઉપયોગી છે. આ પ્રકારના પ્રચલનમાં સ્નાયુઓનું કંકાલતંત્રનું અને ચેતાતંત્રનો પારસ્પરિક સહયોગની ક્રિયાઓ જરૂરી છે. આ પ્રકરણમાં તમે સ્નાયુના પ્રકાર, તેની રચના, તેમના સંકોચનની કાર્યપદ્ધતિ અને કંકાલતંત્રના મહત્ત્વ વિશે અભ્યાસ કરશો.

20.2 સ્નાયુ (Muscle)

સ્નાયુ એ મધ્યગર્ભસ્તરમાંથી ઉત્પન્ન થતી વિશિષ્ટ પેશી છે. પુખ્ત મનુષ્યમાં શરીરના કુલ વજનનો આશરે 40-50 % જેટલું સ્નાયુ દ્વારા બને છે. તેઓ વિશિષ્ટ ગુણધર્મો ધરાવે છે. જેવા કે, ઉત્તેજના, સંકોચનશીલતા, વિસ્તૃતતા અને સ્થિતિસ્થાપકતા. સ્નાયુઓને વિવિધ લક્ષણો જેવા કે, સ્થાન, દેખાવ અને કાર્યનિયમનની પ્રકૃતિને આધારે વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. સ્થાનને આધારે સ્નાયુ ત્રણ પ્રકારથી ઓળખવામાં આવે છે. (I) કંકાલસ્નાયુ (II) કોષ્ઠાંતર સ્નાયુ અને (III) હૃદસ્નાયુ.

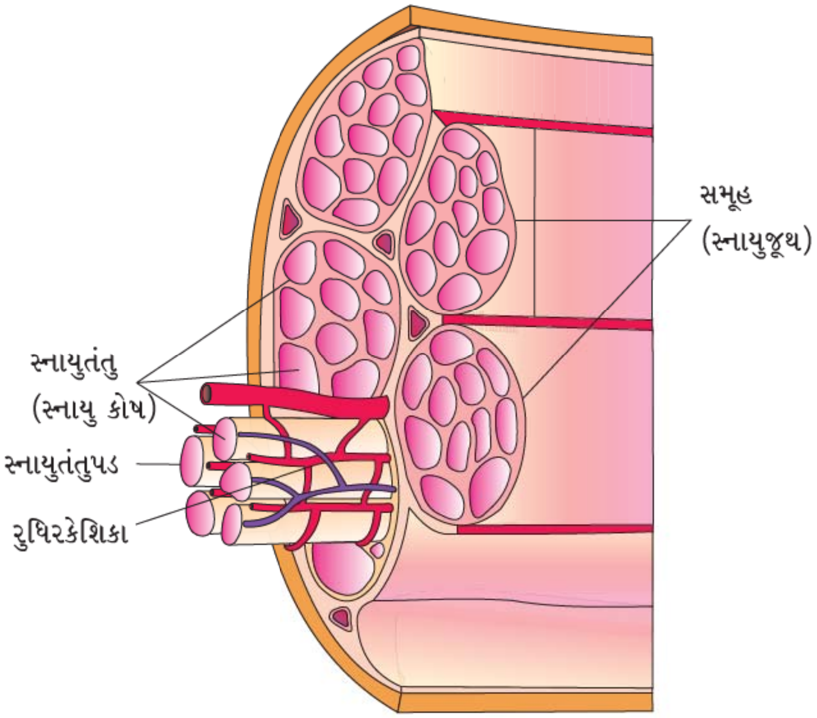
કંકાલસ્નાયુ એ શરીરના કંકાલ ઘટકો સાથે ચુસ્ત રીતે જોડાયેલા છે. સૂક્ષ્મદર્શક નીચે તેની રચના જોતા તે રેખિત દેખાય છે અને તેથી તેને **રેખિત સ્નાયુઓ** કહે છે. તેમનું કાર્ય ચેતાતંત્રના ઐચ્છિક નિયંત્રણ હેઠળ હોય છે, તેથી તેઓ ઐચ્છિક સ્નાયુઓ તરીકે પણ જાણીતા છે. તેઓ પ્રાથમિક રીતે પ્રચલન ક્રિયાઓ અને શરીરની સ્થિતિના બદલાવ સાથે સંકળાયેલ છે.

કોષ્ઠાંતર સ્નાયુઓ શરીરમાંના અંતઃસ્થ અંગોના પોલાણની અંદરની દીવાલમાં સ્થાન પામેલા છે. જેવા કે પાચનમાર્ગ, પ્રજનનમાર્ગ વગેરે. તેઓ કોઈ રેખિત રચના ધરાવતા નથી અને પ્રમાણમાં લીસા દેખાય છે. તેથી તેઓને **લીસા સ્નાયુઓ (અરેખિત સ્નાયુઓ)** કહે છે. તેમનું કાર્ય ચેતાતંત્રના ઐચ્છિક નિયંત્રણ હેઠળ હોતું નથી. તેથી તેને અનૈચ્છિક સ્નાયુઓ કહે છે. ઉદાહરણ તરીકે તેઓ ખોરાકનું પાચનમાર્ગમાં વહન અને જનનકોષોનું જનનમાર્ગ દ્વારા વહનમાં સહાય કરે છે.

હૃદસ્નાયુ પેશી તેના નામ પ્રમાણે હૃદયના સ્નાયુઓ છે. હૃદસ્નાયુ પેશીના નિર્માણમાં ઘણા

હૃદસ્નાયુ કોષો ભેગા મળી શાખિત રચના કરે છે. દેખાવને આધારે હૃદસ્નાયુઓ રેખિત છે. તેઓ અનૈચ્છિક પ્રકૃતિના છે. ચેતાતંત્ર તેમની ક્રિયાઓનું સીધું નિયંત્રણ કરતું નથી.

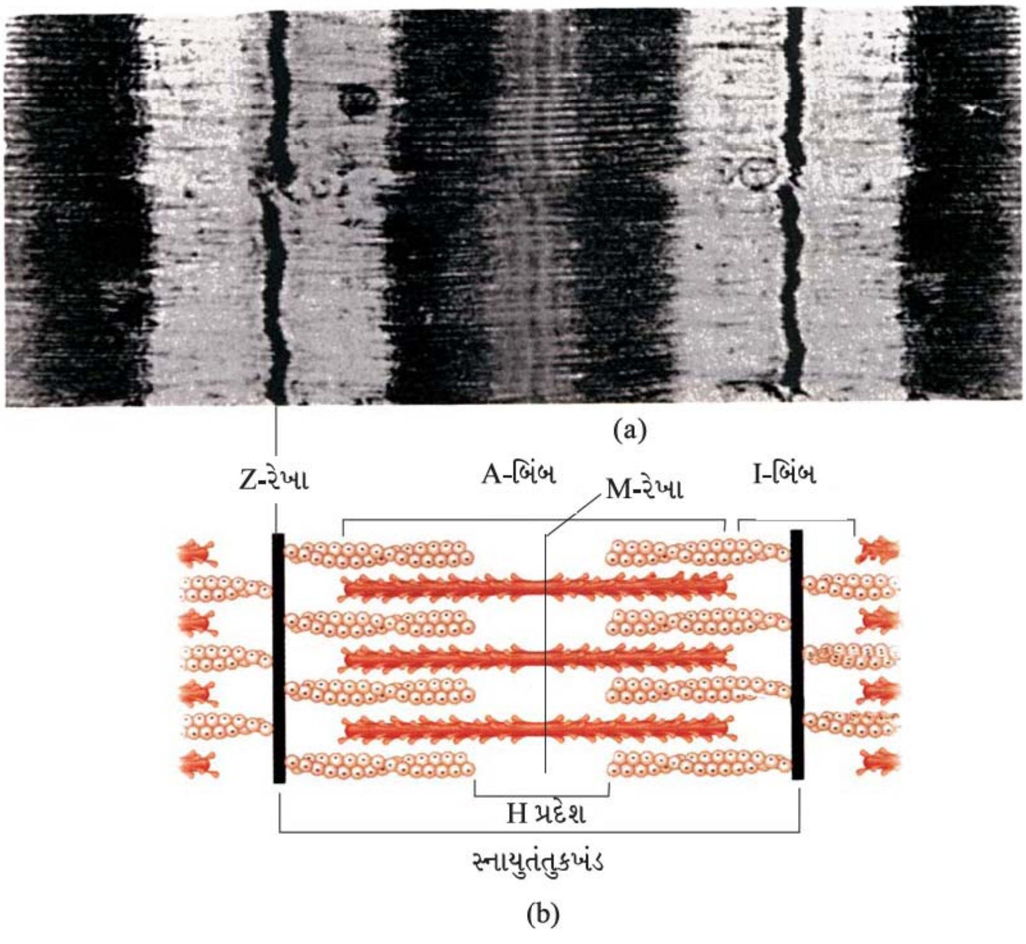
ચાલો, કંકાલસ્નાયુઓને રચના અને સંકોચન ક્રિયાવિધિ સમજવા ઉંડાણપૂર્વક તપાસીએ. આપણા શરીરના દરેક સુઆયોજિત કંકાલસ્નાયુ ઘણા **સ્નાયુજૂથ** અથવા **સમૂહ (Fascicles)** કે જે સામાન્ય કૉલેજનયુક્ત સંયોજક પેશીના સ્તર જેને **સંપુટ (Fascia)** કહે છે તેના દ્વારા ભેગા મળી બનાવે છે. દરેક સ્નાયુજૂથ ઘણા સ્નાયુતંતુઓ ધરાવે છે (આકૃતિ 20.1). દરેક સ્નાયુતંતુ રસપટલ દ્વારા આવૃત્ત હોય છે. જેને **સ્નાયુતંતુપડ (Sarcolemma)** કહે છે. જે



આકૃતિ 20.1 : સ્નાયુજૂથ અને સ્નાયુતંતુઓ દર્શાવતો સ્નાયુનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

સ્નાયુરસ(Sarcoplasm)ને ઘેરે છે. સ્નાયુતંતુ એક બહુકોષકેન્દ્રીય રચના છે. કારણ કે તે ઘણા કોષકેન્દ્ર ધરાવે છે. સ્નાયુતંતુની અંતઃકોષરસજાળ એટલે કે સ્નાયુ- રસજાળ. કૅલ્શિયમ આયનનું સંગ્રહસ્થાન છે. સ્નાયુતંતુની લાક્ષણિકતા સ્નાયુરસમાં સમાંતર રીતે ગોઠવાયેલ મોટી સંખ્યામાં જોવા મળતા તંતુકોની(Filaments) હાજરીને કારણે હોય છે. જેને **સ્નાયુતંતુકો (Myofilaments or Myofibrils)** કહે છે. દરેક સ્નાયુતંતુકો એકાંતરે ઘેરા અને ઝાંખા બિંબ ધરાવે છે. સ્નાયુતંતુકનો ઊંડાણપૂર્વકનો અભ્યાસ તેનો રેખિત દેખાવ દર્શાવે છે. જે અગત્યના બે પ્રોટીન **ઍક્ટિન** અને **માયોસિન**ની વિતરણ પદ્ધતિને કારણે છે. ઝાંખા બિંબ ઍક્ટિન ધરાવે છે અને તેને **I-**બિંબ અથવા

આઈસોટ્રૉપિક બિંબ કહે છે. જ્યારે ઘેરા બિંબને A-બિંબ અથવા એનઆઈસોટ્રૉપિક બિંબ કહે છે. જે માયોસિન ધરાવે છે. બંને પ્રોટીન સ્નાયુતંતુકોમાં સળિયાની જેમ એકબીજાને સમાંતર અને સ્નાયુ તંતુકોના લંબઅક્ષે પણ ગોઠવાયેલ હોય છે. ઍક્ટિન તંતુકો માયોસિન તંતુકોની તુલનામાં પાતળા હોય છે. તેથી સામાન્ય રીતે તેમને અનુક્રમે પાતળા અને જાડા તંતુઓ કહે છે. દરેક I-બિંબની મધ્યમાં સ્થિતિસ્થાપક તંતુ જેને Z-રેખા કહે છે, જે તેને બે ભાગોમાં વિભાજિત કરે છે. પાતળા તંતુકો Z-રેખા સાથે જોડાયેલા હોય છે. A-બિંબમાંના જાડા તંતુકો આ બિંબના મધ્યમાં પાતળા તંતુમય પટલ વડે જોડાય છે જેને M-રેખા કહે છે. A અને I-બિંબ સ્નાયુતંતુકોની લંબાઈમાં એકાંતરે ગોઠવાયેલા હોય છે. સ્નાયુતંતુકની બે ક્રમિક Z-રેખા વચ્ચેનો ભાગ સંકોચનનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. જેને સ્નાયુતંતુકખંડ (Sarcomere) કહે છે (આકૃતિ 20.2) વિશ્રામી અવસ્થામાં જાડા તંતુકોની બંને બાજુએ આવેલ પાતળા તંતુકોના છેડા વડે જાડા તંતુકોના મધ્ય ભાગને છોડી અંશતઃ આચ્છાદન પામે છે. જેથી જાડા તંતુનો મધ્યભાગ કે જે પાતળા તંતુઓ વડે આચ્છાદન પામતો નથી તેને H-વિસ્તાર કહે છે.

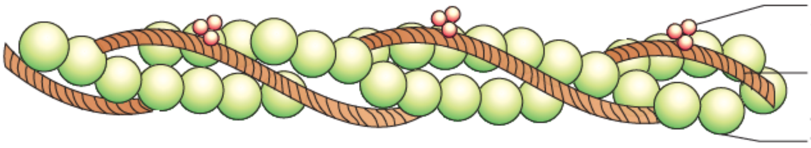


આકૃતિ 20.2 : રેખાકૃતિ રજૂઆત (a) સ્નાયુતંતુકખંડ દર્શાવતી સ્નાયુતંતુની અંતઃસ્થરચના (b) સ્નાયુતંતુકખંડ

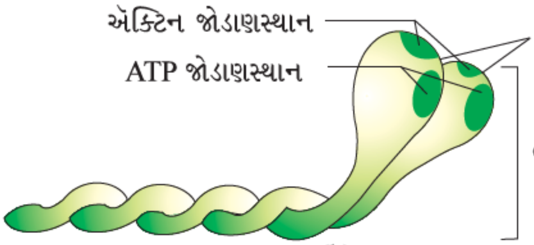
20.2.1 સંકોચનશીલ પ્રોટીનની રચના (Structure of Contractile Proteins)

દરેક ઍક્ટિન (પાતળા) તંતુકો બે 'F' (Filamentous) ઍક્ટિન એકબીજા સાથે કુંતલાકારે વીંટળાઈને બને છે. દરેક 'F' ઍક્ટિન, એકલઅણુ (Monomeric) 'G' (ગોળાકાર) ઍક્ટિનના બહુ અણુ (બહુલક) છે. બે અન્ય પ્રોટીનના તંતુકો, ટ્રોપોમાયોસિન પણ 'F' ઍક્ટિનની સમગ્ર લંબાઈની નજદીકથી પસાર થાય છે. જટિલ પ્રોટીન ટ્રોપોનીન, ટ્રોપોમાયોસિનના નિયત અંતરાલે વિતરણ પામેલા હોય છે. વિશ્રામી અવસ્થામાં ટ્રોપોનીનનો એક ઉપએકમ ઍક્ટિન તંતુકો ઉપરના સક્રિય માયોસિન જોડાણ સ્થાનને ઢાંકેલો રાખે છે (આકૃતિ 20.3 (a)).

દરેક માયોસિન (જાડો) તંતુક પણ બહુલીકૃત (બહુલક) પ્રોટીન છે. ઘણા એકલ પ્રોટીનો જેને મેરોમાયોસિન કહે છે. તેના દ્વારા એક જાડો તંતુક બને છે (આકૃતિ 20.3(b)). દરેક મેરોમાયોસિનને બે અગત્યના ભાગો હોય છે, ટૂંકા હસ્ત સાથેનું ગોળાકાર શીર્ષ અને પૂંછડી, અગ્રભાગને ભારે (Heavy) મેરોમાયોસિન (HMM) અને પાછળના ભાગને હલકું (Light) મેરોમાયોસિન (LMM) કહે છે. HMM ઘટક અર્થાત્ શીર્ષ અને ટૂંકી ભુજા (હસ્ત) જે એકબીજા સાથે એક નિયત અંતરે અને ખૂણે બહુલીકૃત માયોસિન તંતુ ઉપર બહારની તરફ ઉપસેલ હોય છે જે ભુજાની ચોકડી (Cross arm) તરીકે ઓળખાય છે. ગોળાકાર શીર્ષ એ સક્રિય ATPase ઉત્સેચક છે અને ATPનું જોડાણ સ્થાન ધરાવે છે અને ઍક્ટિન માટેનું સક્રિય સ્થાન છે.



(a)



(b)

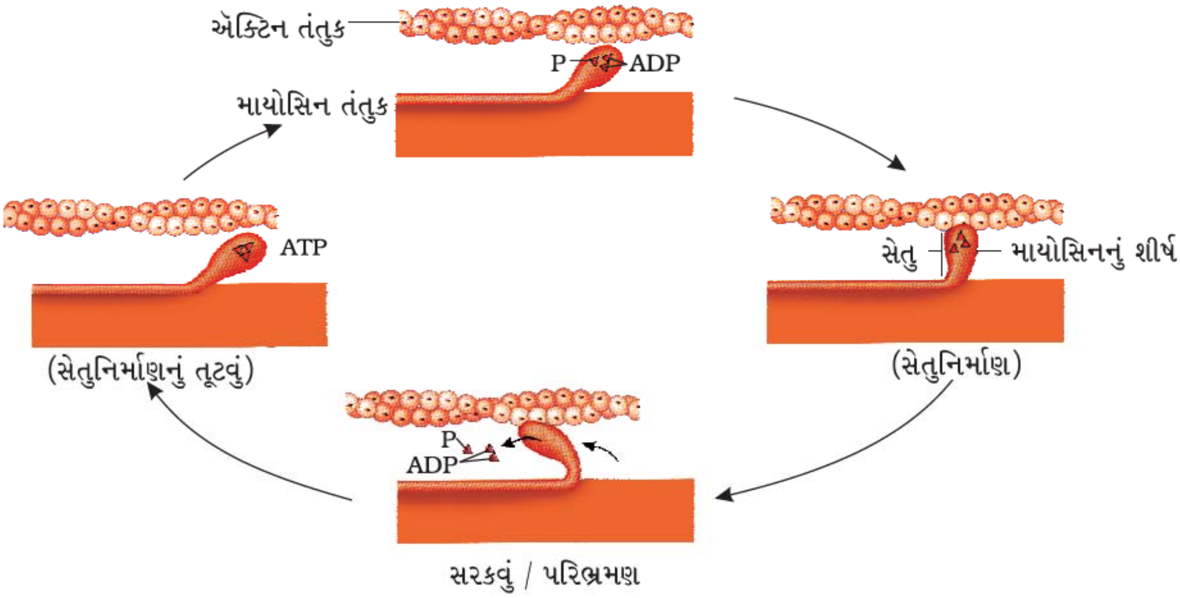
આકૃતિ 20.3 : (a) ઍક્ટિન (પાતળા) તંતુક (b) માયોસિન એકલઅણુ (મેરોમાયોસિન)

20.2.2 સ્નાયુસંકોચનની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Muscle Contraction)

સ્નાયુસંકોચનની ક્રિયાવિધિ સારી રીતે સરકતા તંતુકવાદ દ્વારા સમજાવી શકાય છે. જેના અનુસાર સ્નાયુતંતુનું સંકોચન પાતળા તંતુકોનું, જાડા તંતુકો ઉપર સરકવાને લીધે થાય છે.

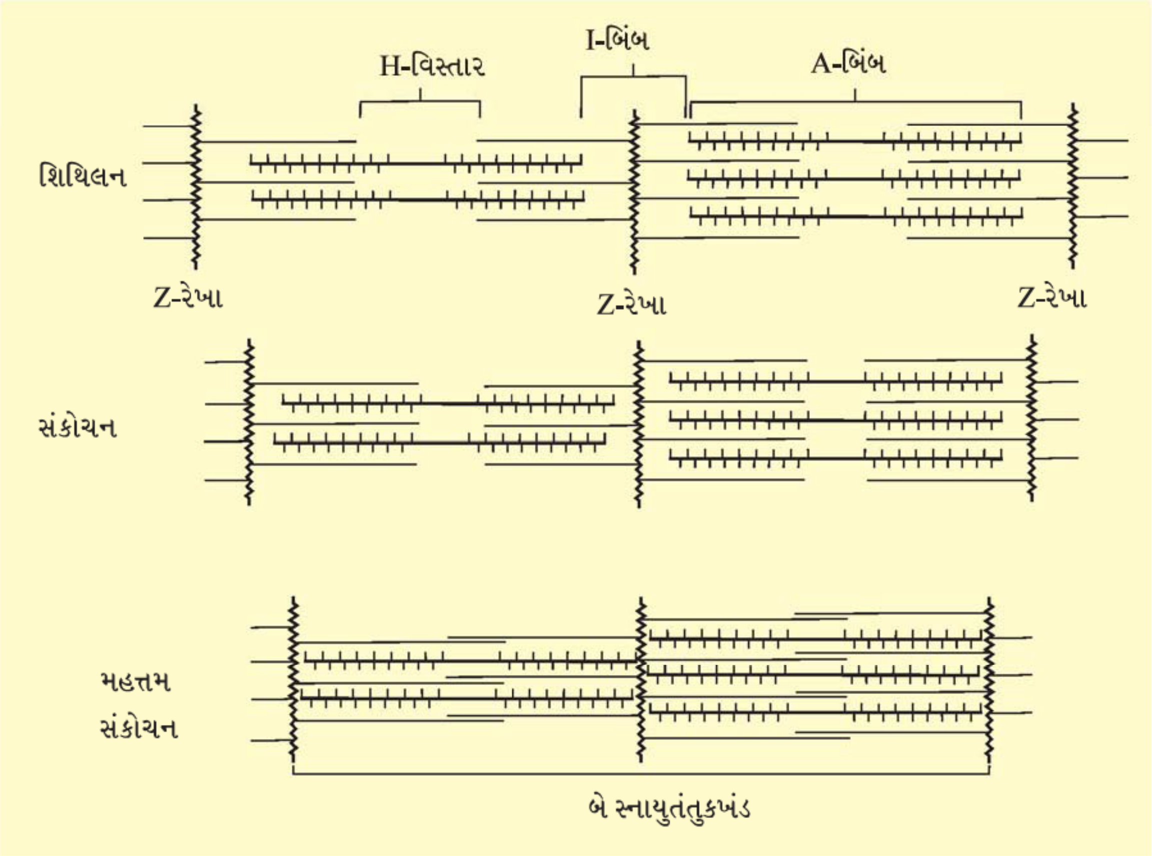
સ્નાયુ સંકોચનની શરૂઆત મધ્યસ્થ ચેતાતંત્રના પ્રેરક ચેતાકોષ દ્વારા મોકલવામાં આવતા

સંદેશાઓ દ્વારા થાય છે. પ્રેરક ચેતાકોષ, સ્નાયુ તંતુઓ સાથે જોડાઈ પ્રેરક એકમ બનાવે છે. પ્રેરક ચેતાકોષ અને સ્નાયુતંતુના ચેતાતંતુ પડ વચ્ચેના જોડાણને ચેતાસ્નાયુ સંધાન કે પ્રેરક-અંત તકતી (Motor-end Plate) કહે છે. ચેતા- સંદેશાઓ જ્યારે આ જોડાણ સ્થાને પહોંચે છે ત્યારે ન્યુરોટ્રાન્સમીટર (એસિટાઇલ કોલાઇન) મુક્ત થાય છે. જે સ્નાયુતંતુપડમાં સક્રિય ક્લાવીજસ્થિતિમાનનું નિર્માણ કરે છે. જે સ્નાયુતંતુ દ્વારા ફેલાય છે અને તેને લીધે સ્નાયુરસમાં કૅલ્શિયમ આયનો મુક્ત થાય છે. Ca^{++}ના સ્તરમાં થતો વધારો, કૅલ્શિયમ એ ઍક્ટિન તંતુકો ઉપરના ટ્રોપોનીનના ઉપ-એકમ સાથે જોડાણ પામે છે અને તેને લીધે માયોસિનના સક્રિય સ્થાનેથી ઢાંકણ(Masking)ને દૂર કરે છે. જેથી તે ભાગ માયોસિનના જોડાણ માટે ખુલ્લો થાય છે. ATPના જળવિભાજન દ્વારા પ્રાપ્ત શક્તિનો ઉપયોગ કરી માયોસિન તંતુકના શીર્ષ ઍક્ટિનના ખુલ્લા સક્રિય સ્થાનો



આકૃતિ 20.4 : સેતુનિર્માણ, શીર્ષનું પરિભ્રમણ અને સેતુનિર્માણનું તૂટવાના તબક્કા

સાથે સેતુનિર્માણ માટે જોડાય છે (આકૃતિ 20.4). આ બંધથી જોડાયેલ ઍક્ટિન તંતુઓ 'A' બિંબના કેન્દ્ર તરફ ખસે છે. આ ઍક્ટિન સાથે જોડાયેલ 'Z'-રેખા પણ અંદરની તરફ ખેંચાય છે. જેનાથી સ્નાયુતંતુકખંડ ટૂંકો થાય છે, એટલે કે સંકોચન થાય છે. ઉપરોક્ત તબક્કાથી એ સ્પષ્ટ છે કે સ્નાયુના ટૂંકા થવાના સમયે એટલે કે સંકોચન થવાથી 'I'-બિંબ ટૂંકો થાય છે, જ્યારે 'A'-બિંબ તેની લંબાઈને જાળવી રાખે છે (આકૃતિ 20.5). માયોસિન, ADP અને P*i* મુક્ત કરે છે જે વિશ્રામી સ્થિતિમાં પરત જાય છે. નવો ATP જોડાય છે અને સેતુનિર્માણ તૂટે છે (આકૃતિ 20.4). ATP માયોસિનના શીર્ષ દ્વારા ફરી જળવિભાજન પામે છે અને સેતુનિર્માણ અને તૂટવાનું ચક્ર પુનરાવર્તિત થયા કરે છે. જેને પરિણામે સરકવાનું આગળ ચાલે છે. પ્રક્રિયા ત્યાં સુધી ચાલું રહે છે. જ્યાં સુધી Ca++ આયનો સ્નાયુરસની સિર્સ્ટની (અંતઃ સ્નાયુ રસજાળ)માં પાછા ન



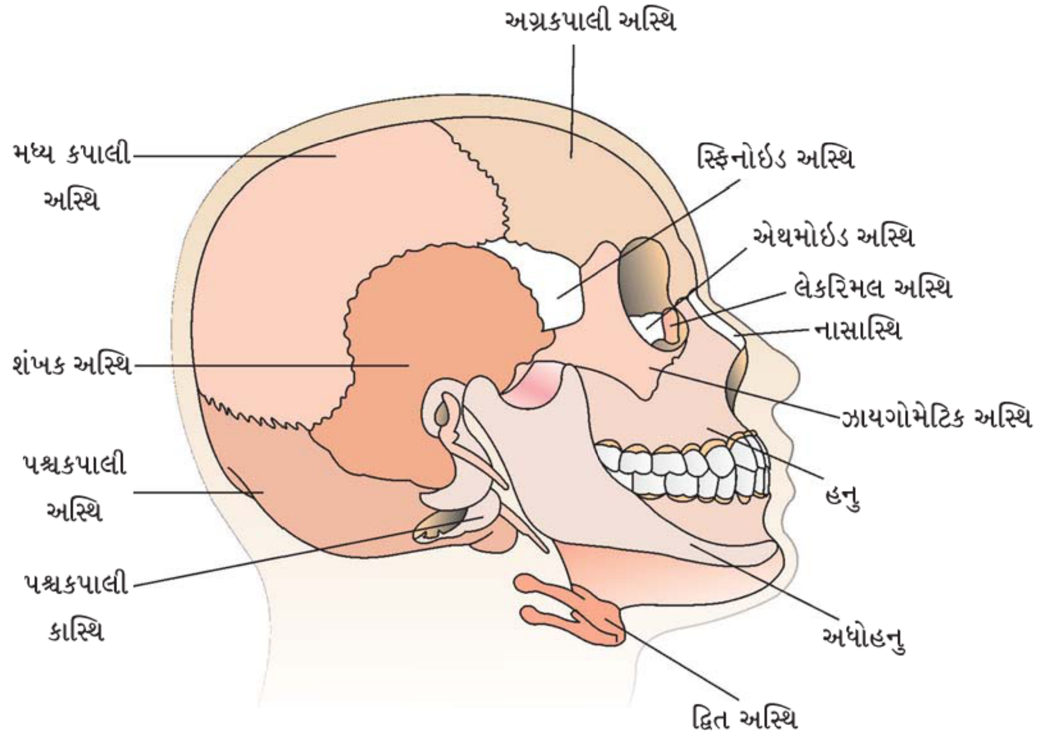
આકૃતિ 20.5 : સ્નાયુસંકોચનનો સરકતા તંતુકવાદ (પાતળા તંતુનું હલનચલન અને I-બિંબ અને H-બિંબનું સાપેક્ષ કદ)

ફરે, તેને પરિણામે ઍક્ટિન તંતુઓ ઢંકાય છે. આ 'Z' રેખાઓનું પોતાના મૂળસ્થાને પરત ફરવાનું કારણ છે. એટલે કે શિથિલન થાય છે. વિવિધ સ્નાયુઓમાં આ પ્રક્રિયાનો સમય ભિન્ન હોય છે. સ્નાયુઓની પુનરાવર્તિત સક્રિયતા, તેમાં ગ્લાયકોજનના અજારક વિઘટનને કારણે ઉત્પન્ન થતા લેક્ટિક ઍસિડના એકઠા થવા (ભરાવા) તરફ દોરી જાય છે, જેને કારણે થાક લાગે છે. સ્નાયુઓ લાલ રંગના ઑક્સિજનનો સંગ્રહ કરતા રંજક કણો ધરાવે છે. જેને માયોગ્લોબિન કહે છે. માયોગ્લોબિન કેટલાક સ્નાયુઓમાં વધુ જોવા મળે છે. જે તેને લાલાશ પડતો દેખાવ આપે છે. આ સ્નાયુઓને લાલ તંતુઓ (Red Fibres) કહે છે. આ સ્નાયુઓ ઘણા કણાભસૂત્રો પણ ધરાવે છે. જે ATPના ઉત્પાદન માટે તેમાં સંગ્રહ પામેલ મોટા જથ્થામાં O_2ને વાપરે છે. આ સ્નાયુઓને તેથી જારક સ્નાયુઓ પણ કહે છે. બીજી બાજુ કેટલાક સ્નાયુઓ ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં માયોગ્લોબિન ધરાવે છે અને તેથી તે ઝાંખા અથવા સફેદ દેખાય છે. આ સફેદ (શ્વેત) તંતુઓ છે કણાભસૂત્રની સંખ્યા પણ તેમાં ઓછી હોય છે. પરંતુ સ્નાયુરસ જાળ વધુ હોય છે. તેઓ શક્તિ માટે અજારક પ્રક્રિયા ઉપર નિર્ભર છે.

20.3 કંકાલતંત્ર (Skeletal System)

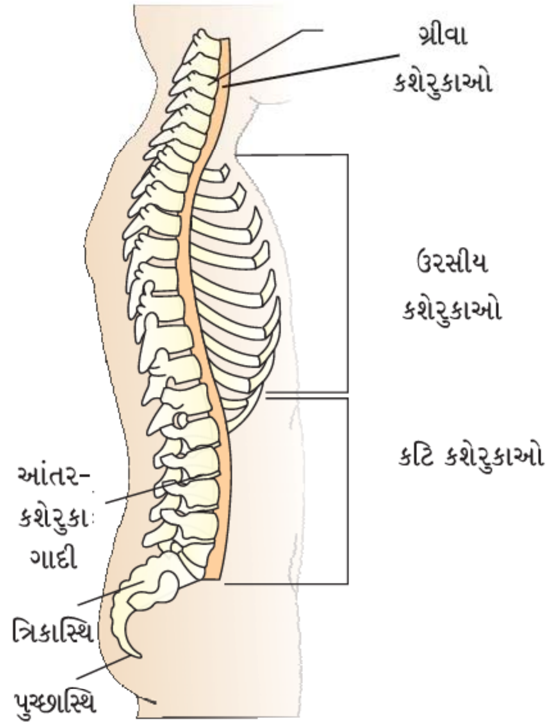
કંકાલતંત્ર અસ્થિઓ અને થોડાક કાસ્થિઓના માળખાનું બનેલું છે. આ તંત્ર શરીર દ્વારા થતા હલનચલનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. જડબાના અસ્થિઓ વગર ચાવવું અને ઉપાંગોના અસ્થિઓ વિના ચાલવું અકલ્પ્ય છે. અસ્થિ અને કાસ્થિ વિશિષ્ટ સંયોજક પેશીઓ છે. પહેલામાં (અસ્થિ) કૅલ્શિયમ ક્ષારો હોવાથી તેમાં ખૂબ જ સખત આધારક હોય છે અને પછીમાં (કાસ્થિ) કોન્ડ્રોઈટિન ક્ષારો (કાસ્થિજન્ય) હોવાના કારણે સહેજ મૃદુ આધારક હોય છે. મનુષ્યમાં, આ તંત્ર 206 અસ્થિઓ અને કેટલાક કાસ્થિઓનું બનેલું છે. તેને મુખ્ય બે ભાગમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે. - અક્ષીય કંકાલ અને ઉપાંગીય કંકાલ.

અક્ષીય કંકાલમાં 80 અસ્થિઓ હોય છે. જે શરીરના મુખ્ય અક્ષ પર આવેલી હોય છે. ખોપરી, કરોડસ્તંભ, ઉરોસ્થિ અને પાંસળીઓ અક્ષીય કંકાલ બનાવે છે. **ખોપરી** (આકૃતિ 20.6) બે પ્રકારના અસ્થિઓના સમૂહથી બનેલી હોય છે. - મસ્તકના અસ્થિઓ અને ચહેરાના અસ્થિઓ, જે 22 અસ્થિઓ છે.

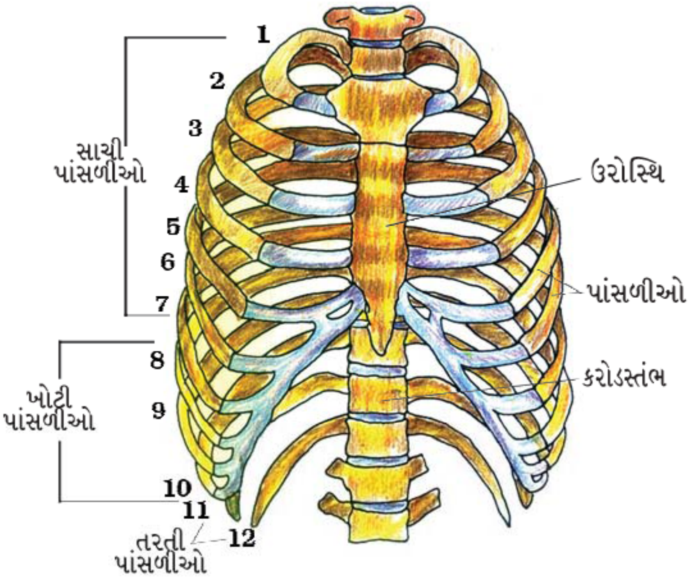


આકૃતિ 20.6 : મનુષ્યની ખોપરીની રેખાકૃતિ

મસ્તકના અસ્થિઓની સંખ્યા 8 હોય છે, જે મગજના રક્ષણ માટે સખત રક્ષણાત્મક બાહ્ય આવરણ - મસ્તક પેટી બનાવે છે. ચહેરાનો ભાગ 14 અસ્થિઓનો બનેલો હોય છે, જે ખોપરીના આગળના ભાગનું નિર્માણ કરે છે. મુખગુહાના તળિયાના ભાગમાં એક 'U'-આકારનું અસ્થિ આવેલું હોય છે, જેને હાઓઈડ (Hyoid) (દ્વિત) અસ્થિ કહે છે, તેનો પણ ખોપરીમાં જ સમાવેશ થાય છે. દરેક મધ્યકર્ણમાં ત્રણ નાના



આકૃતિ 20.7 : કરોડસ્તંભ (જમણો પાર્શ્વ દેખાવ)



આકૃતિ 20.8 : પાંસળીઓ અને પાંસળી-પિંજર

અસ્થિઓ - હથોડી, એરણ અને પેગડું આવેલા હોય છે, જેને સંયુક્ત રીતે **કર્ણાસ્થિઓ** કહે છે. ખોપરીનો ભાગ કરોડસ્તંભના અગ્રભાગ સાથે પશ્ચકપાલી કંદુક (ઓસીપીટલ કોન્ડાઈલ) (Occipital Condyles)ની મદદ વડે જોડાય છે. (Dicondylic Skull = દ્વિકંદુકીય ખોપરી)

આપણું **કરોડસ્તંભ** (આકૃતિ 20.7) 26 ક્રમિક ગોઠવાયેલ એકમોનું બનેલ છે જેને કશેરુકા કહે છે જે પૃષ્ઠ બાજુએ આવેલ છે. તે ખોપરીના તળિયેથી લંબાય છે અને ધડનું મુખ્ય માળખું બનાવે છે. દરેક કશેરુકામાં મધ્યસ્થ પોલો ભાગ (ચેતાનાલી) હોય છે, જેમાંથી કરોડરજ્જુ પસાર થાય છે. પ્રથમ કશેરુકા શિરોધર (Atlas) છે અને તે પશ્ચકપાલી કંદુક (Occipital Condyles) સાથે જોડાય છે. કરોડસ્તંભ ખોપરીના ભાગેથી શરૂ કરતાં ગ્રીવા (7), ઉરસીય (12), કટિ (5), ત્રિક (1-જોડાયેલ) અને પુચ્છાસ્થિ (1-જોડાયેલ) કશેરુકામાં ભિન્નન પામેલ હોય છે. મનુષ્ય સહિતના લગભગ તમામ સસ્તનોમાં ગ્રીવા કશેરુકા 7 હોય છે. કરોડસ્તંભ કરોડરજ્જુની રક્ષા કરે છે, શીર્ષને આધાર આપે છે અને પાંસળીઓ તથા પીઠના સ્નાયુઓનું જોડાણ કરે છે. **ઉરોસ્થિ** ઉરસના મધ્યવક્ષ ભાગે આવેલ ચપટું અસ્થિ છે.

પાંસળીઓની 12 જોડ હોય છે. દરેક પાંસળી પાતળી, ચપટી, અસ્થિ છે, જે પૃષ્ઠ બાજુએથી કરોડસ્તંભ અને વક્ષ ભાગેથી ઉરોસ્થિ સાથે જોડાયેલ હોય છે. તેના પૃષ્ઠ છેડે બે જોડાણ સ્થાનો હોય છે, જેના કારણે તેને દ્વિશિરસ્થ પણ કહે છે. પ્રથમ સાત જોડી પાંસળીઓને સાચી પાંસળીઓ કહે છે. તેઓ પૃષ્ઠ બાજુએ ઉરસીય કશેરુકાઓ સાથે અને વક્ષ બાજુએ ઉરોસ્થિ સાથે કાચવત્ કાસ્થિની મદદથી જોડાયેલ હોય છે. આઠમી, નવમી અને દસમી જોડ પાંસળીઓ ઉરોસ્થિ સાથે સીધી જોડાયેલ હોતી નથી પરંતુ સાતમી જોડી પાંસળી સાથે કાચવત્ કાસ્થિની મદદથી જોડાયેલ હોય છે, તેને ખોટી કે કૂટ (Vertebrochondral) પાંસળીઓ કહે છે. પાંસળીઓની છેલ્લી બે જોડીઓ (અગિયારમી અને બારમી) વક્ષ બાજુએથી જોડાયેલ હોતી નથી. તેથી તેમને તરતી પાંસળીઓ કહે છે. ઉરસીય કશેરુકાઓ, પાંસળીઓ અને ઉરોસ્થિ જોડાઈને પાંસળીપિંજર બનાવે છે (આકૃતિ 20.8).

ઉપાંગોના અસ્થિઓ તેમની મેખલા સાથે **ઉપાંગીય કંકાલ** બનાવે છે. પ્રત્યેક **ઉપાંગ** 30 અસ્થિઓથી બને છે. હાથના (અગ્ર ઉપાંગના) અસ્થિઓ - ભુજાસ્થિ, અરીય અને પ્રકોષ્ઠાસ્થિ, મણિબંધાસ્થિ (કાંડાના અસ્થિઓ - 8ની સંખ્યામાં), પશ્ચમણિબંધાસ્થિ (હથેળીના અસ્થિઓ - 5ની સંખ્યામાં) અને અંગુલ્યાસ્થિઓ (આંગળીઓના અસ્થિઓ - 14ની

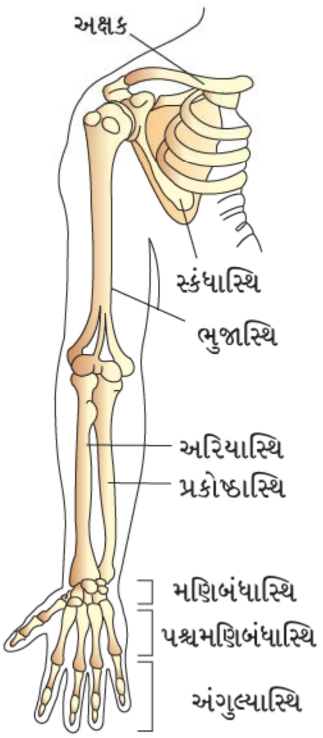
સંખ્યામાં) હોય છે (આકૃતિ 20.9). ઉરુ અસ્થિ (ઊર્વસ્થિ) (જાંઘ / સાથળનું અસ્થિ - સૌથી લાંબુ અસ્થિ), ટિબિયા અને ફિબ્યુલા, ગુલ્ફાસ્થિઓ (પગની ઘૂંટીના અસ્થિઓ - 7ની સંખ્યામાં), પશ્ચગુલ્ફાસ્થિઓ (5ની સંખ્યામાં) અને અંગુલ્યાસ્થિઓ (આંગળીઓના અસ્થિઓ - 14ની સંખ્યામાં) પશ્ચ ઉપાંગના અસ્થિઓ છે (આકૃતિ 20.10). કપ આકારનું એક અસ્થિ જેને ઘૂંટણનું અસ્થિ (Patella) કહે છે, જે ઘૂંટણને વક્ષ ભાગેથી ઢાંકે છે (ઘૂંટણ ઢાંકણ).

સ્કંધમેખલા અને **નિતંબમેખલા**ના અસ્થિઓ અક્ષીય કંકાલ સાથે અનુક્રમે અગ્ર ઉપાંગ અને પશ્ચ ઉપાંગના અસ્થિઓને જોડે છે. પ્રત્યેક મેખલા બે અર્ધ ભાગોની બનેલી હોય છે. સ્કંધમેખલાનો પ્રત્યેક અડધો ભાગ અક્ષક અને સ્કંધાસ્થિ ધરાવે છે (આકૃતિ 20.9). સ્કંધાસ્થિ ઉરસના પૃષ્ઠ ભાગે બીજી અને સાતમી પાંસળીઓ વચ્ચે આવેલ મોટું ત્રિકોણાકાર ચપટું અસ્થિ છે. સ્કંધાસ્થિના પૃષ્ઠ, ચપટા, ત્રિકોણાકાર ભાગમાં એક સહેજ ઉપસેલી ધાર આવેલ છે, જેને કંટક કહે છે. જે ચપટી, વિસ્તૃત રચના સ્કંધાગ્ર પ્રવર્ધરૂપે દેખાય છે. અક્ષક આની સાથે જોડાય છે. સ્કંધાગ્ર પ્રવર્ધની (Acromion) નીચે એક ખાડો હોય છે જેને સ્કંધઉલૂખલ (Glenoid cavity) કહે છે, જે ભુજાસ્થિના શીર્ષ સાથે ખભાનો સાંધો બનાવા માટે જોડાય છે. દરેક અક્ષક લાંબુ, પાતળું અસ્થિ છે, જેમાં બે વળાંક આવેલા હોય છે, જેને સામાન્ય રીતે હાંસડીનું અસ્થિ કહે છે.

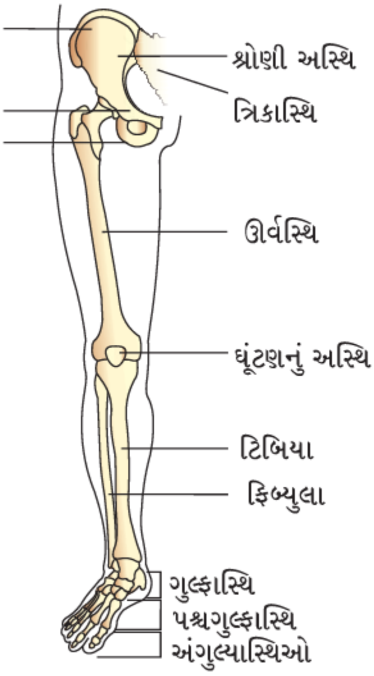
નિતંબમેખલા બે શ્રોણી અસ્થિ ધરાવે છે (આકૃતિ 20.10). પ્રત્યેક શ્રોણી અસ્થિ ત્રણ અસ્થિઓના જોડાણથી બનેલ હોય છે. નિતંબાસ્થિ, આસનાસ્થિ અને પુરોનિતંબકાસ્થિ. આ અસ્થિઓના જોડાણ સ્થાને એક ગુહા (પોલાણ) આવેલી હોય છે જેને નિતંબ ઉલૂખલ (Acetabulum) કહે છે. જે ઉર્વસ્થિ (સાથળના અસ્થિ)ને જોડે છે. નિતંબમેખલાના બંને ભાગ વક્ષ બાજુએ ભેગા મળી પુરોનિતંબકાસ્થિ સંધાન બનાવે છે જે તંતુમય કાસ્થિ ધરાવે છે.

20.4 સાંધા (Joints)

સાંધાઓ શરીરના અસ્થિ ભાગો સહિતના દરેક પ્રકારના હલનચલન માટે આવશ્યક છે. પ્રચલનરૂપ હલનચલન પણ આનો અપવાદ નથી. સાંધાઓ, અસ્થિઓ અથવા અસ્થિઓ ઉપરાંત કાસ્થિઓ વચ્ચેના



આકૃતિ 20.9 : જમણી સ્કંધમેખલા અને અગ્ર ઉપાંગ (અગ્ર દેખાવ)



આકૃતિ 20.10 : જમણી નિતંબમેખલા અને પશ્ચ ઉપાંગના અસ્થિઓ (અગ્ર દેખાવ)

જોડાણ સ્થાન છે. સ્નાયુ દ્વારા ઉત્પન્ન થતા બળનો ઉપયોગ સાંધાઓ દ્વારા હલનચલન કરવા માટે થાય છે. અહીં સાંધાઓ ઉચ્ચાલનના આધારબિંદુ તરીકે કાર્ય કરે છે. આ સાંધાઓની ગતિ પર જુદા જુદા પરિબળો અસર કરે છે. સાંધાઓને મુખ્ય ત્રણ બંધારણીય સ્વરૂપોમાં વર્ગીકૃત કરવામાં આવે છે. – તંતુમય સાંધા, કાસ્થિમય સાંધા અને સાયનોવિયલ સાંધા.

તંતુમય સાંધાઓ કોઈ પણ જાતનું હલનચલન કરવા દેતા નથી. આ પ્રકારના સાંધાઓ ખોપરીના ચપટા અસ્થિઓમાં જોવા મળે છે, કે જેઓ છેડાના ભાગેથી તંતુમય સંયોજક પેશીની મદદ વડે ટાંકા(સિલાઈ)ના સ્વરૂપમાં જોડાઈને મસ્તક પેટીનું નિર્માણ કરે છે.

કાસ્થિમય સાંધાઓમાં, અસ્થિઓ કાસ્થિ વડે જોડાયેલા હોય છે. કરોડસ્તંભમાં પાસ-પાસેની કશેરુકાઓ આ રીતે જોડાયેલ હોય છે. તે મર્યાદિત હલનચલનની છૂટ આપે છે.

સાયનોવિયલ સાંધાઓમાં બે અસ્થિઓના જોડાણ સ્થાને સાયનોવિયલ ગુહામાં પ્રવાહી ભરેલું હોય છે જે તેની લાક્ષણિકતા છે. આ પ્રકારની ગોઠવણી સરળતાથી હલનચલન થવા દે છે. આ સાંધાઓ પ્રચલન અને અન્ય બીજા હલનચલનમાં મદદરૂપ છે. કંદુક-ઉલૂખલ સાંધો (ભુજાસ્થિ અને સ્કંધમેખલા વચ્ચે), મિજાગરનો સાંધો (કોણીનો સાંધો), ઉખળી સાંધો (શિરોધર અને અક્ષક કશેરુકા વચ્ચે), સરકતા સાંધા (મણિબંધાસ્થિ વચ્ચે) અને વળી શકે તેવા સાંધા (અંગુઠાના મણિબંધાસ્થિ અને પશ્ચ મણિબંધાસ્થિ વચ્ચે) વગેરે તેના ઉદાહરણો છે.

20.5 સ્નાયુ અને કંકાલતંત્રની અનિયમિતતાઓ (Disorders of Muscular and Skeletal System)

માયેસ્થેનીઆ ગ્રેવીસ : આ સ્વ-રોગપ્રતિકાર રોગ છે. જે ચેતા સ્નાયુસંધાનને અસર કરે છે, જેને લીધે થાક, નબળાઈ અને કંકાલસ્નાયુનો પક્ષાઘાત થાય છે.

મસ્ક્યૂલર ડિસ્ટ્રોફી (સ્નાયુમય દુર્વિકાર) : મોટા ભાગે જનીનિક ખામીઓને કારણે કંકાલ-સ્નાયુઓનો ધીરે ધીરે અપકર્ષ થાય છે.

ટીટેની : દેહજળમાં Ca^{+2}નું ઓછું પ્રમાણ થવાને કારણે ઝડપી આપોઆપ સ્નાયુઓનું સંકોચન થાય છે.

આર્થરાઈટીસ : સાંધાઓનો સોજો

ઓસ્ટીઓપોરોસીસ (અસ્થિસુષિરતા) : ઉંમર વધવા સાથે થતો રોગ છે. જેમાં અસ્થિદ્રવ્ય ઘટતું જાય છે અને અસ્થિભંગ(ફ્રેક્ચર)ની શક્યતાઓ વધે છે. ઈસ્ટ્રોજનનું ઘટતું પ્રમાણ આનું મુખ્ય કારણ છે.

ગાઉટ (સંધિવા) : યુરિક ઍસિડના સ્ફટિકો જમા થવાને કારણે સાંધાઓમાં સોજો આવે છે.

સારાંશ

હલનચલન એ સજીવોનું અનિવાર્ય લક્ષણ છે. જીવરસનું પરિભ્રમણ, પક્ષ્મલ હલનચલન, મીનપક્ષ, ઉપાંગો, પાંખો વગેરેનું હલનચલન પ્રાણીઓ દ્વારા દર્શાવવામાં આવતા કેટલાક સ્વરૂપો છે. ઐચ્છિક હલનચલન કે જેના દ્વારા પ્રાણી તેનું સ્થાન બદલે છે. તેને પ્રચલન કહે છે. પ્રાણીઓ મુખ્યત્વે ખોરાક, રહેઠાણ, સંવનન, પ્રજનન સ્થળ, સાનુકૂળ આબોહવા અથવા પોતાની જાતનો બચાવની શોધમાં પ્રચલન કરે છે.

માનવશરીરના કેટલાક કોષો અમીબીય, પક્ષ્મલ અને સ્નાયુલ હલનચલન દર્શાવે છે. પ્રચલન અને ઘણા અન્ય હલનચલન માટે સ્નાયુલ ક્રિયાઓનું સહનિયમન જરૂરી છે. આપણા શરીરમાં ત્રણ પ્રકારના સ્નાયુઓ હોય છે. કંકાલસ્નાયુઓ એ કંકાલના ઘટકો સાથે જોડાયેલ છે. તેઓ રેખિત દેખાવ અને ઐચ્છિક પ્રકૃતિના છે. કોષ્ઠાંતર સ્નાયુઓ, અંતઃસ્થ અંગોની અંદરની દીવાલમાં હોય છે. તેઓ અરેખિત અને અનૈચ્છિક છે. હૃદસ્નાયુઓ એ હૃદયના સ્નાયુઓ છે. તેઓ રેખિત, શાખિત અને અનૈચ્છિક છે. સ્નાયુઓ ઉત્તેજના, સંકોચનશીલતા, વિસ્તૃતતા અને સ્થિતિસ્થાપકતા ધરાવે છે.

સ્નાયુતંતુ, સ્નાયુનો અંતઃસ્થ રચનાકીય એકમ છે. દરેક સ્નાયુતંતુ, સમાંતર ગોઠવાયેલા સ્નાયુતંતુકો ધરાવે છે. દરેક સ્નાયુતંતુકો ઘણા શ્રેણીબદ્ધ રીતે ગોઠવાયેલા એકમો ધરાવે છે જેને સ્નાયુતંતુકખંડ કહે છે. જે ક્રિયાત્મક એકમો છે. દરેક સ્નાયુતંતુકખંડના મધ્યમાં જાડા માયોસિન તંતુકોથી બનેલ 'A'-બિંબ હોય છે અને બે અડધા 'I'-બિંબ પાતળા ઍક્ટિન તંતુકોથી બનેલા છે, તેની બંને બાજુએ 'Z'-રેખા આવેલ છે. ઍક્ટિન અને માયોસિન સંકોચનશીલ બહુલીકૃત પ્રોટીન છે. વિશ્રામની અવસ્થામાં, ઍક્ટિન તંતુક ઉપર માયોસિન માટેનું સક્રિય સ્થાન ટ્રોપોનીન (પ્રોટીન) દ્વારા ઢંકાયેલા હોય છે. માયોસિનનું શીર્ષ ATPase અને ATP જોડાણસ્થાન અને ઍક્ટિન માટેનું સક્રિય સ્થાન ધરાવે છે. પ્રેરક ચેતાકોષ સંદેશાઓને સ્નાયુતંતુ સુધી લઈ જાય છે. જે તેમાં સક્રિય ક્લાવીજ સ્થિતિમાન પેદા કરે છે. આ કારણે સ્નાયુ રસજાળમાંથી Ca^{++} મુક્ત થાય છે. Ca^{++} ઍક્ટિનને સક્રિય કરે છે. જે માયોસિનના શીર્ષ સાથે જોડાઈ ત્રાંસો સેતુ બનાવે છે. આ ત્રાંસા સેતુઓ ઍક્ટિન તંતુકોને માયોસિન તંતુકો ઉપર સરકવા ધકેલે છે અને તેથી સંકોચન થાય છે. Ca^{++} ત્યારબાદ સ્નાયુ રસજાળમાં પરત ફરે છે. જે ઍક્ટિનને નિષ્ક્રિય કરે છે. ત્રાંસા સેતુઓ તૂટે છે અને સ્નાયુ શિથિલ બને છે.

સ્નાયુઓની પુનરાવર્તિત ઉત્તેજના તેમને થકવે છે. સ્નાયુઓ પ્રાથમિક રીતે લાલ રંગના માયોગ્લોબિન રંજક કણોના પ્રમાણને આધારે લાલ અને સફેદ તંતુઓમાં વર્ગીકૃત થાય છે.

આપણું કંકાલતંત્ર અસ્થિઓ અને કાસ્થિઓ ધરાવે છે. કંકાલતંત્ર અક્ષીય અને ઉપાંગીય કંકાલમાં વિભાજિત થાય છે. ખોપરી, કરોડસ્તંભ, પાંસળીઓ અને ઉરોસ્થિ અક્ષીય કંકાલ બનાવે છે. ઉપાંગીય અસ્થિઓ અને મેખલાઓ ઉપાંગીય કંકાલ બનાવે છે. ત્રણ પ્રકારના સાંધાઓનું નિર્માણ અસ્થિઓની વચ્ચે, અસ્થિ અને કાસ્થિ - તંતુઓ વચ્ચે અને કાસ્થિઓ અને સાયનોવિયલ વચ્ચે થાય છે. સાયનોવિયલ સાંધાઓ નોંધપાત્ર હલનચલન કરાવે છે અને તેથી તે પ્રચલનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

સ્વાધ્યાય

1. કંકાલસ્નાયુના એક સ્નાયુતંતુકખંડની જુદા જુદા ભાગો દર્શાવતી આકૃતિ દોરો.
2. સ્નાયુસંકોચનનો સરકતા તંતુક સિદ્ધાંત (વાદ) વ્યાખ્યાયિત કરો.
3. સ્નાયુસંકોચન માટેના મહત્ત્વનાં તબક્કાઓ વર્ણવો.
4. સાચું કે ખોટું લખો. જો ખોટું હોય તો વિધાન બદલીને સાચું લખો :
   (a) ઍક્ટિન પાતળા તંતુકોમાં હાજર હોય છે.
   (b) રેખિત સ્નાયુતંતુનો H-વિસ્તાર એ જાડા અને પાતળા તંતુકો દર્શાવે છે.
   (c) માનવ કંકાલમાં 206 અસ્થિઓ છે.
   (d) મનુષ્યમાં 11 જોડ પાંસળીઓ છે.
   (e) ઉરોસ્થિ શરીરની વક્ષ બાજુએ આવેલ છે.
5. તફાવત લખો :
   (a) ઍક્ટિન અને માયોસિન
   (b) લાલ અને સફેદ સ્નાયુઓ
   (c) સ્કંધ અને નિતંબમેખલા
6. યોગ્ય જોડકાં જોડો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) લીસા (સરળ) સ્નાયુ	(i) માયોગ્લોબિન
(b) ટ્રોપોમાયોસિન	(ii) પાતળા તંતુકો
(c) લાલ સ્નાયુ	(iii) સિવન
(d) ખોપરી	(iv) અનૈચ્છિક

7. માનવશરીરના કોષો દ્વારા દર્શાવાતી જુદા જુદા પ્રકારના હલનચલન કયા કયા છે ?

8. તમે કંકાલસ્નાયુ અને હૃદસ્નાયુઓને કઈ રીતે ઓળખશો ?

9. નીચેનાઓ વચ્ચે કયા પ્રકારનો સાંધો છે તે જણાવો :

(a) શિરોધર / અક્ષક

(b) મણિબંધાસ્થિ / પશ્ચમણિબંધાસ્થિ

(c) અંગુલ્યાસ્થિઓ વચ્ચે

(d) ઊર્વસ્થિ / નિતંબઉલૂખલ

(e) મસ્તિષ્કના અસ્થિઓ વચ્ચે

(f) નિતંબમેખલાના પુરોનિતંબકાસ્થિના અસ્થિઓ વચ્ચે

10. ખાલી જગ્યા પૂરો :

(a) બધા જ સસ્તનો(કેટલાક અપવાદ સિવાય)માં _________ ગ્રીવા કશેરુકાઓ હોય છે.

(b) મનુષ્યમાં પ્રત્યેક ઉપાંગમાં અંગુલ્યાસ્થિઓની સંખ્યા _________ હોય છે.

(c) સ્નાયુતંતુના પાતળા તંતુઓ 2 'F' ઍક્ટિન અને અન્ય બે પ્રોટીન ધરાવે છે જેને _________ અને _________ કહે છે.

(d) સ્નાયુતંતુમાં Ca++ _________ માં સંચિત હોય છે.

(e) _________ અને _________ જોડ પાંસળીઓને તરતી પાંસળીઓ કહે છે.

(f) મનુષ્યની મસ્તક પેટી _________ અસ્થિઓનું બનેલું છે.

પ્રકરણ 21

ચેતાકીય નિયંત્રણ અને સહનિયમન (Neural Control and Coordination)

21.1 ચેતાતંત્ર
21.2 માનવ ચેતાતંત્ર
21.3 ચેતાકોષ ચેતાતંત્રના રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમ તરીકે
21.4 મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર
21.5 પરાવર્તિત ક્રિયા અને પરાવર્તિત કમાન
21.6 સંવેદના ગ્રહણ અને પ્રક્રિયા

તમે જાણો છો કે આપણા શરીરના અંગો / અંગતંત્રોનાં કાર્યોની સમસ્થિતિ જાળવવા માટે **સહનિયમન** જરૂરી છે. સહનિયમન એક પ્રક્રિયા છે. જેના દ્વારા બે અથવા વધુ અંગો એકબીજા સાથે આંતરક્રિયાઓ અને પૂરક કાર્યો કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે જ્યારે આપણે કસરત કરીએ છીએ ત્યારે વધતી સ્નાયુલ ક્રિયાવિધિને જાળવવા શક્તિની જરૂરિયાત વધે છે. ઑક્સિજનના પુરવઠાની આવશ્યકતામાં પણ વધારો થાય છે. ઑક્સિજનની વધતી જરૂરિયાત માટે શ્વસનદર, હૃદયના ધબકારા અને રૂધિર વાહિનીઓ દ્વારા રૂધિર પ્રવાહમાં વધારો થાય છે. જ્યારે શારીરિક કસરત બંધ કરવામાં આવે છે ત્યારે ચેતાઓ, ફેફસાં, હૃદય અને મૂત્રપિંડની ક્રિયાઓ સમયાંતરે તેની સામાન્ય સ્થિતિમાં પરત આવે છે. તેથી શારીરિક કસરત દરમિયાન સ્નાયુઓ, ફેફસાં, હૃદય, રુધિરવાહિનીઓ, મૂત્રપિંડ અને અન્ય અંગોના કાર્યનું સહનિયમન થાય છે. આપણા શરીરમાં ચેતાતંત્ર અને અંતઃસ્રાવી તંત્ર સાથે મળીને અંગોની ક્રિયાઓનું સહનિયમન અને સંકલન કરે છે. જેથી તેઓ સંકલિત રૂપમાં કાર્ય કરે છે.

ચેતાતંત્ર એવી આયોજીત વ્યવસ્થા પૂરી પાડે છે, જે ત્વરિત સહનિયમન માટે દરેક સ્તરે જોડાયેલ રહે છે. અંતઃસ્રાવી તંત્ર અંતઃસ્રાવો દ્વારા રાસાયણિક સંકલન પૂરું પાડે છે. આ પ્રકરણમાં તમે માનવ ચેતાતંત્ર, ચેતા સહનિયમનની ક્રિયાવિધિ જેવી કે ચેતા દ્વારા ઊર્મિવેગનું વહન, ઊર્મિવેગનું ચેતોપાગમની આરપાર વહન અને પ્રતિવર્તી ક્રિયાની દેહધર્મવિધાનો અભ્યાસ કરશો.

21.1 ચેતાતંત્ર (Neural System)

બધા જ પ્રાણીઓનું ચેતાતંત્ર અતિ વિશિષ્ટ કોષોથી બને છે. જેને **ચેતાકોષો (Neurons)** કહે છે. જે વિવિધ ઉત્તેજનાને ઓળખે, ગ્રહણ કરે અને વહન કરે છે.

નીચલી કક્ષાના અપૃષ્ઠવંશીઓમાં ચેતાકીય વ્યવસ્થા ખૂબ જ સરળ હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે હાઈડ્રા- (જળવ્યાળ)માં તે ચેતાજાલિકાનું બનેલ હોય છે. કીટકોનું ચેતાતંત્ર સારી રીતે આયોજન પામેલ હોય છે. જ્યાં મગજ ઘણા બધા ચેતાકંદો અને ચેતાપેશીઓ ધરાવતું હોય છે. પૃષ્ઠવંશીઓ સારી રીતે વિકસિત ચેતાતંત્ર ધરાવે છે.

21.2 માનવ ચેતાતંત્ર (Human Neural System)

માનવ ચેતાતંત્ર બે ભાગોમાં વિભાજિત થાય છે :

(i) **મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર (Central Neural System) (CNS))**

(ii) **પરિઘવર્તી ચેતાતંત્ર (Peripheral Neural System (PNS)).**

CNSમાં **મગજ** અને **કરોડરજ્જુ**નો સમાવેશ થાય છે અને તે માહિતીનું પૃથ્થકરણ અને નિયંત્રણનું સ્થાન છે. PNS એ CNS (મગજ અને કરોડરજ્જુ) સાથે જોડાયેલી શરીરની બધી જ ચેતાઓથી બને છે. PNSના ચેતાતંતુઓ બે પ્રકારના છે :

(a) **અંતર્વાહી તંતુઓ**

(b) **બહિર્વાહી તંતુઓ**

અંતર્વાહી ચેતાતંતુઓ ઊર્મિવેગનું વહન પેશીઓ / અંગોથી CNS તરફ કરે છે અને બહિર્વાહી તંતુઓ નિયામક ઊર્મિવેગોનું CNSથી સંબંધિત પરિઘવર્તી પેશીઓ / અંગો તરફ વહન કરે છે.

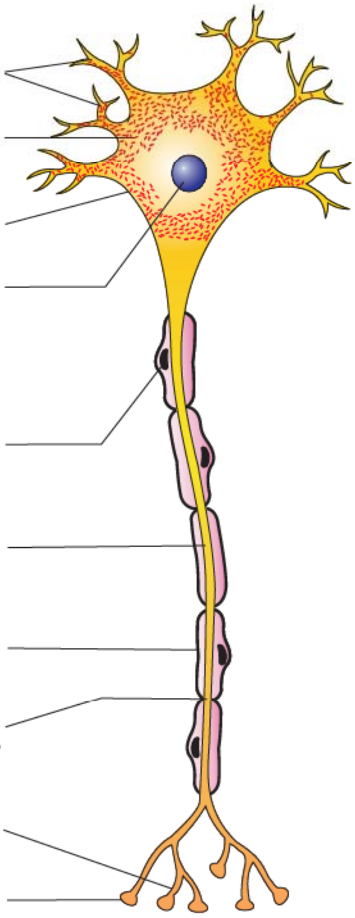
PNS બે ભાગોમાં વિભાજિત થાય છે. જેને **દૈહિક ચેતાતંત્ર (Somatic neural system)** અને **સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર (Autonomic neural system)** કહે છે. દૈહિક ચેતાતંત્ર ઊર્મિવેગોને CNSથી કંકાલ- સ્નાયુ તરફ પ્રસરાવે છે. જ્યારે સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર ઊર્મિવેગોને CNSથી અનૈચ્છિક અંગો અને શરીરના સરળ (લીસા) સ્નાયુઓ તરફ વહન કરાવે છે. સ્વયંવર્તી ચેતાતંત્ર આગળ **અનુકંપી ચેતાતંત્ર (Sympathetic neural system)** અને **પરાનુકંપી ચેતાતંત્ર(Parasympathetic neural system)**માં વર્ગીકૃત થાય છે.

કોષ્ઠાંતર કે અંતરંગીય ચેતાતંત્ર (Visceral Nervous System) એ પરિઘવર્તી ચેતાતંત્રનો ભાગ છે. જે ચેતાઓ, તંતુઓ, ચેતાકંદો અને જાલિકાઓ(plexuses) કે જે ઊર્મિવેગોને મધ્યસ્થ ચેતાતંત્રથી અંતઃસ્થ અંગો સુધી અને અંતઃસ્થ અંગોથી મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર સુધી વહન કરાવે છે, તેના આખા સંકુલથી બનેલ છે.

21.3 ચેતાકોષ ચેતાતંત્રના રચનાત્મક અને ક્રિયાત્મક એકમ તરીકે (Neuron as structural and functional unit of neural system)

ચેતાકોષ એક સૂક્ષ્મદર્શી રચના છે જે મુખ્ય ત્રણ ભાગોથી બનેલ છે. જેમકે **કોષકાય (Cell body)**, **શિખાતંતુ (Dendrites)** અને **ચેતાક્ષ (Axon)** (આકૃતિ 21.1). કોષકાય, લાક્ષણિક કોષીય અંગિકાઓ અને **નિઝલની કણિકાઓ** તરીકે ઓળખાતી કેટલીક કણિકામય રચના યુક્ત કોષરસ ધરાવે છે. ટૂંકા તંતુઓ કે જે વારંવાર શાખાઓમાં વિભાજિત થાય છે અને કોષકાયની બહાર નીકળે છે અને નિઝલની

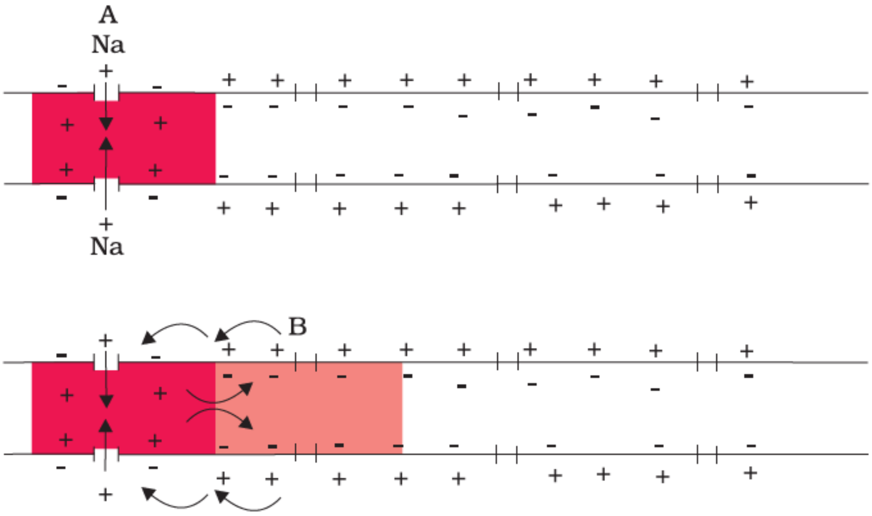
કણિકાઓ પણ ધરાવે છે. તેને શિખાતંતુઓ કહે છે. આ તંતુઓ ઊર્મિવેગોને કોષકાય તરફ મોકલે કરે છે. ચેતાક્ષ એ લાંબો તંતુ છે. તેનો દૂરસ્થ છેડો શાખિત હોય છે. દરેક છેડો બલ્બ જેવી રચનાથી અંત પામે છે. જેને **ચેતોપાગમીય ગાંઠ (Synaptic knob)** કહે છે. જે **ન્યુરોટ્રાન્સમીટર (ચેતાપ્રેષક દ્રવ્ય)** તરીકે ઓળખાતા રસાયણયુક્ત ચેતોપાગમીય પુટિકાઓ ધરાવે છે. ચેતાક્ષ ચેતા ઊર્મિવેગને કોષકાયથી દૂર ચેતોપાગમ અથવા ચેતા-સ્નાયુ સંધાન તરફ લઈ જાય છે. ચેતાક્ષ અને શિખાતંતુની સંખ્યાને આધારે ચેતાકોષોના ત્રણ પ્રકાર પડે છે, જેવા કે **બહુધ્રુવીય (Multipolar)** (એક ચેતાક્ષ અને બે અથવા વધુ શિખાતંતુયુક્ત; જે મસ્તિષ્ક બાહ્યકમાં મળી આવે છે.), **દ્વિધ્રુવીય (Bipolar)** (એક ચેતાક્ષ અને એક શિખાતંતુયુક્ત જે આંખના નેત્રપટલમાં મળી આવે છે.) અને **એકધ્રુવીય (Unipolar)** (કોષકાય એક ચેતાક્ષયુક્ત જે સામાન્ય રીતે ગર્ભીય અવસ્થામાં મળી આવે છે.) ચેતાક્ષના બે પ્રકારો છે. જેવા કે **મજ્જિત** અને **અમજ્જિત**. મજ્જિત ચેતાતંતુઓ **સ્વૉનના કોષો** દ્વારા આવૃત્ત હોય છે. જે ચેતાક્ષની ફરતે મજ્જા આવરણ બનાવે છે. બે ક્રમિક મજ્જા આવરણો (Myelin sheaths) વચ્ચેના અવકાશને **રેનવીયરની ગાંઠ** કહે છે. મજ્જિત ચેતાતંતુઓ કરોડરજ્જુ અને મસ્તિષ્ક ચેતાઓમાં મળી આવે છે. અમજ્જિત ચેતાતંતુ **સ્વૉનના કોષ** દ્વારા આવરિત હોય છે પરંતુ ચેતાક્ષની ફરતે મજ્જા આવરણ બનાવતા નથી અને તે સામાન્ય રીતે સ્વયંવર્તી અને દૈહિક ચેતાતંત્રમાં મળી આવે છે.



આકૃતિ 21.1 : ચેતાકોષની રચના

21.3.1 ચેતા ઊર્મિવેગની ઉત્પત્તિ અને વહન (Generation and Conduction of Nerve Impulse)

ચેતાકોષો ઉત્તેજનાશીલ (Excitable) કોષો છે. કારણ કે તેમનું પટલ ધ્રુવીય સ્થિતિમાં હોય છે. તમે જાણો છો ચેતાકોષનું પટલ ધ્રુવીય શા માટે છે ? વિવિધ પ્રકારના આયન માર્ગો ચેતાપટલ ઉપર આવેલા હોય છે. આ આયન માર્ગો વિવિધ આયનો માટે પસંદગીમાન પ્રવેશશીલ હોય છે. જ્યારે ચેતાકોષ કોઈ પણ ઊર્મિવેગનું વહન નથી કરતા એટલે કે વિરામ અવસ્થામાં ચેતાક્ષપટલ તુલનાત્મક રીતે પૉટેશિયમ આયન (K^+) માટે વધુ પ્રવેશશીલ અને સોડિયમ આયન (Na^+) માટે લગભગ અપ્રવેશશીલ હોય છે. તેવી જ રીતે ચેતાક્ષરસ(Axoplasm)માં આવેલ ઋણ ભારિત પ્રોટીન્સ માટે પટલ અપ્રવેશશીલ હોય છે. પરિણામે, ચેતાક્ષમાંનો ચેતાક્ષરસ K^+ અને ઋણ ભારિત પ્રોટીન્સની ઊંચી સાંદ્રતા અને Na^+ની ઓછી સાંદ્રતા ધરાવે છે. એનાથી વિપરીત ચેતાક્ષની બહારનું પ્રવાહી K^+ની ઓછી સાંદ્રતા અને Na^+ની વધુ સાંદ્રતા ધરાવે છે. તેથી સાંદ્રતા ઢોળાંશ રચાય છે. આ આયનિક ઢોળાંશ સમગ્ર વિશ્રામી કલામાં સોડિયમ-પૉટેશિયમ પંપ દ્વારા આયનોના સક્રિય વહનથી જળવાય છે, જે 3 Na^+ને બહારની તરફ અને 2 K^+ને કોષમાં વહન કરાવે છે. પરિણામ સ્વરૂપ ચેતાક્ષ પટલની બાહ્ય સપાટી ધનભાર ધરાવે છે. જ્યારે તેની અંદરની સપાટી ઋણ ભારિત બને છે અને તેથી તે ધ્રુવીય (ધ્રુવીકૃત) છે. સમગ્ર વિશ્રામી ચેતાપડમાં વીજસ્થિતિમાન (Electrical potential)



આકૃતિ 21.2 : ચેતાક્ષ દ્વારા વહન પામતા ઊર્મિવેગનું નિર્દેશન કરતી રેખાકૃતિ (A અને B સ્થાને)

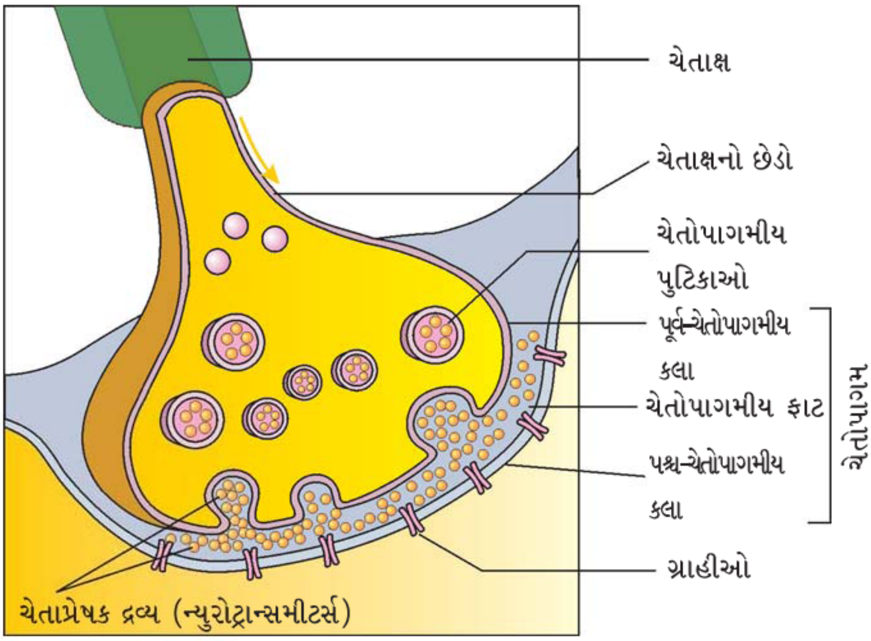
ભિન્ન હોય છે. જેને **વિશ્રામી કલાવીજસ્થિતિમાન (Resting Potential)** કહે છે.

તમે એ જાણવા ઉત્સુક હશો કે ચેતા ઊર્મિવેગનું નિર્માણ અને તેનું ચેતાક્ષ સાથે વહનની ક્રિયાવિધિ કેવી રીતે થાય છે. જ્યારે ધ્રુવીય પટલના કોઈ એક સ્થાને (આકૃતિ 21.2 ઉદા., પૉઇન્ટ A) ઉત્તેજના આપવામાં આવે છે, ત્યારે તે સ્થાને પટલ Na^+ માટે મુક્તપણે પ્રવેશશીલ બને છે. જેના પરિણામે Na^+ તીવ્ર ગતિથી અંદર આવે છે અને તે સ્થાને વિપરીત ધ્રુવીયતા થઈ જાય છે. એટલે કે પટલની બાહ્ય સપાટી ઋણ ભારિત બને છે અને અંદરની બાજુ ધનભારિત બને છે. આમ, પટલના A સ્થાનની ધ્રુવીયતા ઉલટી (વિપરીત) થવાથી વિધ્રુવીકરણ થાય છે. A સ્થાને સમગ્ર રસસ્તરમાં વીજસ્થિતિમાનના તફાવતને **સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન (Action potential)** કહે છે, જેને સાચા અર્થમાં **ચેતા ઊર્મિવેગ** કહે છે. આ સ્થાનની તરત પછી, ચેતાક્ષપટલ (ઉદા. સ્થાન B), બાહ્ય સપાટી ઉપર ધનભારિત અને અંદરની સપાટીએ ઋણ ભારિત હોય છે. પરિણામ સ્વરૂપ અંદરની સપાટી ઉપર પ્રવાહ સ્થાન-Aથી સ્થાન-B તરફ વહે છે. પ્રવર્તમાન પ્રવાહનું પરિભ્રમણ પૂર્ણ કરવા બાહ્ય સપાટી ઉપર પ્રવાહ સ્થાન-Bથી સ્થાન-A તરફ વહે છે. (આકૃતિ 21.2). જેથી ચોક્કસ (સ્થાન-Aની) સ્થાનની ધ્રુવીયતા ઉલટી થાય છે અને સ્થાન-B ઉપર સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન ઉત્પન્ન થાય છે. આમ, **ઊર્મિવેગ** (સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન) સ્થાન-A થી ઉત્પન્ન થઈ સ્થાન-B એ પહોંચે છે. ચેતાક્ષની લંબાઈને અનુસરી ક્રમિક પુનરાવર્તન થાય છે અને પરિણામ સ્વરૂપ ઊર્મિવેગનું વહન થાય છે. ઉત્તેજના દ્વારા પ્રેરિત Na^+ની વધુ પ્રવેશશીલતા ખૂબ જ ટૂંક જીવી હોય છે. તે K^+ની પ્રવેશશીલતા વધારાને ત્વરિત અનુસરે છે. સેકન્ડના ભાગોમાં K^+ પટલની બહાર પ્રસરણ પામે છે અને ઉત્તેજનાના સ્થાને પટલમાં વિશ્રામી કલાવીજસ્થિતિમાન પુનઃ પ્રસ્થાપિત થાય છે અને તંતુ એકવાર ફરી આગળની ઉત્તેજના માટે જવાબદાર બને છે.

21.3.2 ઊર્મિવેગોનું વહન (Transmision of impulses)

ઊર્મિવેગનું વહન એક ચેતાકોષથી બીજા ચેતાકોષમાં તેમના જોડાણ સ્થાન દ્વારા થાય છે તેને ચેતોપાગમ કહે છે. **ચેતોપાગમ**નું નિર્માણ પૂર્વ ચેતોપાગમીય ચેતાકોષ અને પશ્ચ-ચેતોપાગમીય ચેતાકોષના પટલ દ્વારા થાય છે. જે **ચેતોપાગમીય ફાટ** કહેવાતા અવકાશ દ્વારા છૂટા પડે કે ન પણ પડે. બે પ્રકારના ચેતોપાગમો હોય છે. જેવા કે વિદ્યુતકીય ચેતોપાગમ અને રાસાયણિક ચેતોપાગમ. વિદ્યુતકીય ચેતોપાગમમાં પૂર્વ અને પશ્ચ ચેતોપાગમીય ચેતાકોષોના પટલો ખૂબ જ નજદીક હોય છે. વિદ્યુત પ્રવાહ ચેતોપાગમની આરપાર એક ચેતાકોષમાંથી બીજામાં સીધો પસાર થાય છે. વિદ્યુતકીય ચેતોપાગમમાંથી પસાર થતો ઊર્મિવેગ, એકલ ચેતાક્ષમાંથી પસાર થતા ઊર્મિવેગને સમાન હોય છે. ઊર્મિવેગનું વિદ્યુતકીય ચેતોપાગમ દ્વારા વહન હંમેશાં રાસાયણિક ચેતોપાગમ દ્વારા થતા વહન કરતાં ઝડપી હોય છે. આપણા તંત્રમાં વિદ્યુતકીય ચેતોપાગમ ખૂબ જ ઓછા હોય છે.

રાસાયણિક ચેતોપાગમમાં પૂર્વ અને પશ્ચ ચેતોપાગમીય ચેતાકોષોના પટલ પ્રવાહીથી ભરેલા અવકાશ દ્વારા છૂટા પડે છે. તને ચેતોપાગમીય ફાટ (Synaptic cleft) કહે છે (આકૃતિ 21.3). શું તમે જાણો છો કે પૂર્વ ચેતોપાગમીય કોષો ઊર્મિવેગને (સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન) ચેતોપાગમીય ફાટની આરપાર પસાર કરી પશ્ચ ચેતોપાગમીય ચેતાકોષમાં વહન કેવી રીતે કરાવે છે ? આ ચેતોપાગમમાં ઊર્મિવેગના વહનમાં સામેલ રસાયણને ચેતાપ્રેષક દ્રવ્ય (ન્યુરોટ્રાન્સમીટર) કહે છે. ચેતાક્ષનો અંતિમ ભાગ આ ચેતાપ્રેષક દ્રવ્યથી ભરેલ પુટિકાઓ ધરાવે છે. જ્યારે ઊર્મિવેગ (સક્રિય કલા વીજસ્થિતિમાન) ચેતાક્ષના અંતિમ ભાગમાં પહોંચે છે ત્યાર તે ચેતોપાગમીય પુટિકાઓને પટલ તરફ ગતિ કરાવે છે. જ્યાં તેઓ રસસ્તર સાથે જોડાય છે અને તેના ચેતાપ્રેષક દ્રવ્યને ચેતોપાગમીય



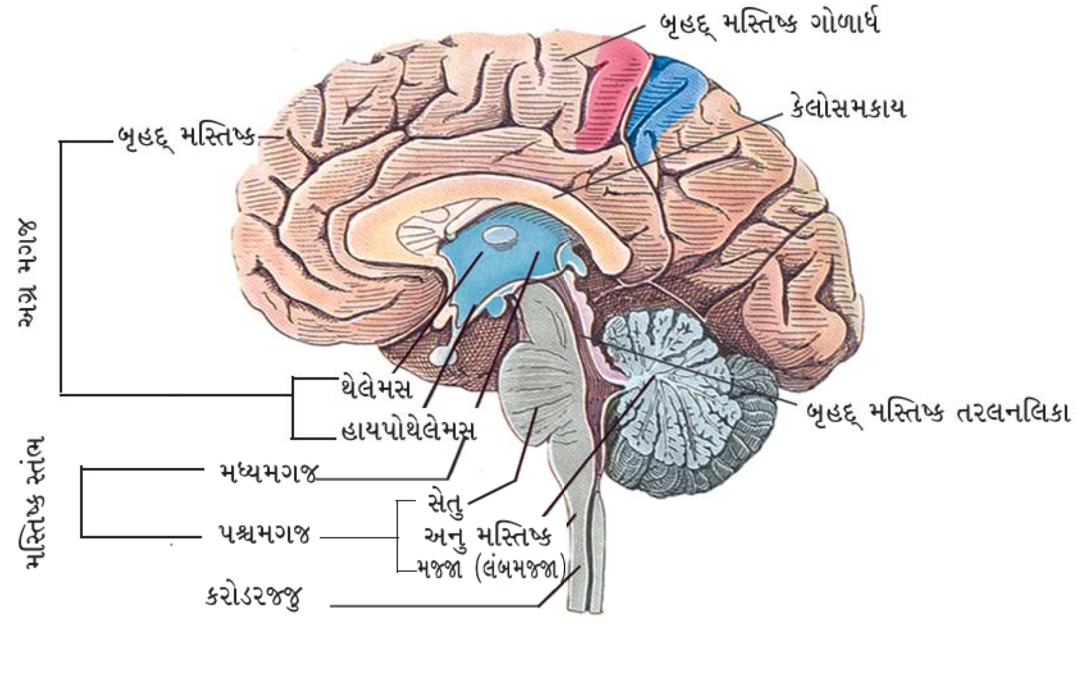
આકૃતિ 21.3 : ચેતાક્ષનો છેડો અને ચેતોપાગમ દર્શાવતી આકૃતિ

ફાટમાં મુક્ત કરે છે. આ મુક્ત થતું ચેતાપ્રેષક દ્રવ્ય પશ્ચ-ચેતોપાગમીય કલા ઉપર આવેલા તેના **વિશિષ્ટ ગ્રાહકો** સાથે જોડાય છે. આ જોડાણ આયન માર્ગો ખોલી આયનોને પ્રવેશ કરાવે છે. જે પશ્ચ-ચેતોપાગમીય ચેતાકોષમાં નવા વીજસ્થિતિમાનનું નિર્માણ કરે છે. વિકસતો નવો વીજસ્થિતિમાન કાંતો ઉત્તેજનાત્મક અથવા અવરોધાત્મક હોય છે.

21.4 મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર (Central Neural System)

મગજ આપણા શરીરનું મધ્યસ્થ માહિતી પૃથ્થકરણ અંગ છે અને 'આદેશ અને નિયંત્રણ તંત્ર' તરીકે વર્તે છે. તે ઐચ્છિક હલનચલન, શરીરનું સમતોલન, મહત્ત્વપૂર્ણ અનૈચ્છિક અંગોનાં કાર્યો (ઉદા., ફેફસાં, હૃદય, મૂત્રપિંડ વગેરે), ઉષ્ણતા નિયમન, ભૂખ અને તરસ, શરીરમાં પરિવહન(24-કલાક)ની લયબદ્ધતા, ઘણી બધી અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓની ક્રિયાઓ અને માનવ વર્તણૂકનું નિયંત્રણ કરે છે. તે જોવાની (દૃષ્ટિની), સાંભળવાની, બોલવાની, યાદશક્તિ, બુદ્ધિમત્તા, લાગણીઓ અને વિચારોની પ્રક્રિયાનું પણ કેન્દ્ર છે.

માનવ મગજ ખોપરી દ્વારા સારી રીતે રક્ષાયેલું હોય છે. ખોપરીની અંદર મગજ **મસ્તિષ્ક આવરણ** દ્વારા ઘેરાયેલ હોય છે. જેના બહારના સ્તરને **બાહ્યતાનિકા (Dura mater)** કહે છે, પાતળા મધ્યસ્તરને **મધ્યતાનિકા (Ara-chnoid)** કહે છે અને અંદરના સ્તર(કે જે મગજની પેશીઓ સાથે જોડાયેલું છે)ને **અંતઃતાનિકા (Pia mater)** કહે છે. મગજ મુખ્ય ત્રણ ભાગમાં વિભાજિત થાય છે : (i) **અગ્રમગજ (Forebrain)**, (ii) **મધ્યમગજ (Midbrain)** અને (iii) **પશ્ચમગજ (Hindbrain)** (આકૃતિ 21.4).



આકૃતિ 21.4 : માનવ મગજનો આયામ છેદ દર્શાવતી આકૃતિ

21.4.1 અગ્રમગજ (Forebrain)

અગ્રમગજ, **બૃહદ્ મસ્તિષ્ક (Cerebrum), થેલેમસ** અને **હાયપોથેલેમસ** ધરાવે છે (આકૃતિ 21.4). બૃહદ્ મસ્તિષ્ક માનવ મગજનો મુખ્ય ભાગ બનાવે છે. એક ઊંડી ફાટ બૃહદ્ મસ્તિષ્કને આયામ રીતે બે અડધા ભાગોમાં વિભાજિત કરે છે. જેને ડાબું અને જમણું **બૃહદ્ મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધ** કહે છે. આ ગોળાર્ધ ચેતાતંતુઓની પટ્ટી દ્વારા જોડાયેલ છે. જેને **કેલોસમકાય (Corpus Callosum)** કહે છે. મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધને ઘેરતા કોષોના સ્તરને મસ્તિષ્ક બાહ્યક કહે છે અને તે નિશ્ચિત ગર્તોમાં બદલાય છે. મસ્તિષ્ક બાહ્યકને તેના ભૂખરા દેખાવના સંદર્ભમાં ભૂખરું દ્રવ્ય કહે છે. ચેતાકોષકાયો અહીં સંકેન્દ્રિત થઈ રંગ આપે છે. મસ્તિષ્ક બાહ્યક પ્રેરક વિસ્તારો, સંવેદી વિસ્તારો અને મોટા વિસ્તારો કે જે કાર્યમાં ના તો સંપૂર્ણ સંવેદી ન તો પ્રેરક હોય છે, તેઓને ધરાવે છે. આ વિસ્તારોને **સંગઠન વિસ્તારો (Association areas)** કહે છે, જે જટિલ કાર્યો જેવા કે આંતર સંવેદી સંગઠનો, યાદશક્તિ અને વાતચીત માટે જવાબદાર છે. આ પથના તંતુઓ મજ્જા આવરણ દ્વારા આવૃત્ત હોય છે, જે મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધનો અંદરનો ભાગ બનાવે છે. તેઓ સપાટીએથી અપારદર્શક સફેદ દેખાય છે અને તેથી તેને શ્વેત દ્રવ્ય કહે છે. બૃહદ્ મસ્તિષ્ક આવરણથી ઘેરાયેલ રચનાને થેલેમસ કહે છે. જે સંવેદી અને પ્રેરક સંદેશાઓનું મુખ્ય સહનિયમન કેન્દ્ર છે. બીજો ખૂબ જ મહત્ત્વનો મગજનો ભાગ જેને **હાયપોથેલેમસ** કહે છે. જે થેલેમસના તળિયે (પાયાના ભાગે) આવેલો છે. હાયપોથેલેમસ ઘણા કેન્દ્રો ધરાવે છે. જે શરીરનું તાપમાન, ખાવાની અને પીવાની તીવ્રતાનું નિયંત્રણ કરે છે. તે પણ ઘણા ચેતાસ્રાવી કોષોના જૂથ ધરાવે છે, જે અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરે છે. જેને હાયપોથેલેમિક અંતઃસ્રાવો કહે છે. બૃહદ્ મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધના અંદરના ભાગો અને સંકળાયેલ ઊંડી રચનાના સમૂહ જેવા કે બદામ આકારનો ભૂખરા દ્રવ્યનો સમૂહ (Amygdala) અને હિપ્પોકેમ્પસ (Hippocampus) વગેરે જટિલ રચના બનાવે છે. જેને લિંબિક ખંડ અથવા લિંબિક તંત્ર કહે છે. હાયપોથેલેમસની સાથે મળી તે જાતીય વર્તણૂક, લાગણીની પ્રતિક્રિયાની અભિવ્યક્તિ (ઉદા., ઉત્તેજના, ખુશી, ગુસ્સો અને ભય) અને પ્રેરણાનું નિયમન કરે છે.

21.4.2 મધ્યમગજ (Midbrain)

મધ્યમગજ, અગ્રમગજના થેલેમસ / હાયપોથેલેમસ અને પશ્ચમગજના પોન્સની વચ્ચે આવેલ હોય છે. એક નળી કે જેને **મસ્તિષ્ક તરલનલિકા (Cerebral aqueduct)** કહે છે. જે મધ્યમગજમાંથી પસાર થાય છે. મધ્યમગજનો પૃષ્ઠ ભાગ મુખ્યત્વે ચાર ઉપસેલા ગોળકો (ખંડો) કે જેને **ચતુષ્કાય ખંડો (Corpora quadrigemina)** કહે છે.

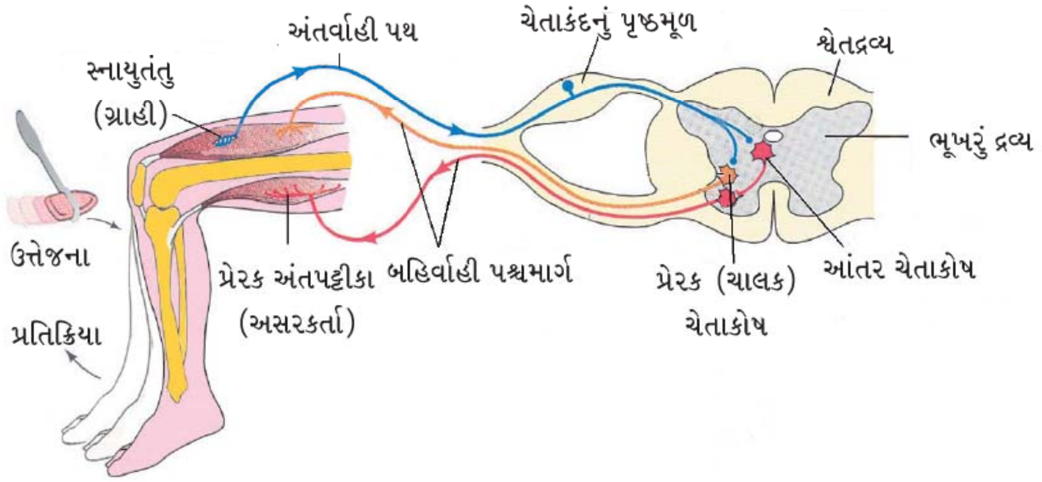
21.4.3 પશ્ચમગજ (Hindbrain)

પશ્ચમગજ **પોન્સ (સેતુ), અનુમસ્તિષ્ક** અને **લંબમજ્જા**નું બનેલ છે. પોન્સ (સેતુ) મગજના વિવિધ વિસ્તારોને સાંકળતા પથ તંતુઓ ધરાવે છે. અનુમસ્તિષ્કની સપાટી ખૂબ ગૂંચળામય હોય છે. જે ઘણા બધા ચેતાકોષોને વધારાની જગ્યા પૂરી પાડે છે. મગજનું લંબમજ્જા કરોડરજ્જુ સાથે જોડાયેલ છે. લંબમજ્જા શ્વસન, હૃદયને લગતી પરાવર્તિત ક્રિયાઓ અને જઠરના સ્રાવોનું નિયંત્રણ કરે છે.

મધ્ય મગજ, પોન્સ અને લંબમજ્જા આ ત્રણ મુખ્ય વિસ્તારો મસ્તિક સ્તંભની રચના કરે છે. મસ્તિષ્ક સ્તંભ એ મગજ અને કરોડરજ્જુ વચ્ચે જોડાણ સાધે છે.

21.5 પરાવર્તી ક્રિયા અને પરાવર્તી કમાન (Reflex Action and Reflex Arc)

તમને અનુભવ હશે કે આપણા શરીરનો જે ભાગ અત્યંત ગરમ, ઠંડી, તીક્ષ્ણ અથવા ભયાનક અથવા ઝેરી પ્રાણીઓના કે વસ્તુઓના સંપર્કમાં આવે કે તરત તે ભાગ ત્યાંથી દૂર થાય છે. આ સમગ્ર પ્રક્રિયા પરીઘવર્તિ ચેતાઓની ઉત્તેજનાનો પ્રતિચાર છે, જે અનૈચ્છિક છે. એટલે કે સભાન પ્રયાસ અથવા વિચાર વિના અને તેમાં સંકળાયેલ મધ્યસ્થ ચેતાતંત્રના ભાગને **પરાવર્તી ક્રિયા** કહે છે. પરાવર્તી પથ યોગ્ય રીતે ક્રમમાં ગોઠવાયેલ ઓછામાં ઓછો એક અંતર્વાહી ચેતાકોષ (ગ્રાહી) અને એક બહીર્વાહી (અસરકારક અથવા ઉત્તેજક) ચેતાકોષ ધરાવે છે (આકૃતિ 21.5). અંતર્વાહી ચેતાકોષ સંવેદી અંગમાંથી સંદેશાઓ મેળવે છે અને ઊર્મિવેગને CNSના પૃષ્ઠ ચેતામૂળ (કરોડરજ્જુના સ્તરે) દ્વારા વહન કરાવે છે. બહિર્વાહી ચેતાકોષ આ સંદેશાઓને CNSથી અસર કરતાં અંગમાં મેળવાય છે. આમ, ઉત્તેજના અને પ્રતિચાર પરાવર્તી કમાન બનાવે છે. જે નીચે ઘૂંટણના આંચકાની પરાવર્તી ક્રિયા(Knee jerk reflex)માં બતાવેલ છે. તમે ઘૂંટણના આંચકાની પરાવર્તી ક્રિયાની ક્રિયાવિધિને સમજવા માટે આકૃતિ 21.5નો ધ્યાનપૂર્વક અભ્યાસ કરો.



આકૃતિ 21.5 : પરાવર્તી ક્રિયાનું નિદર્શન કરતી રેખાકૃતિ (ઘૂંટણના આંચકાની પરાવર્તી ક્રિયા)

21.6 સંવેદના ગ્રહણ અને પ્રક્રિયા (Sensory Reception and Processing)

તમે કાયમ વિચારતા હશો કે તમે પર્યાવરણમાંના આબોહવાકીય ફેરફારોને કેવી રીતે અનુભવી શકો છો ? તમે કઈ રીતે કોઈ વસ્તુ અને તેના રંગને જોઈ શકો છો ? તમે કેવી રીતે અવાજ સાંભળો છો ? સંવેદી અંગો પર્યાવરણના બધા પ્રકારના ફેરફારો અનુભવી શકે છે અને CNS તરફ યોગ્ય સંદેશાઓ મોકલે છે, જ્યાં બધા અંતર્વાહી સંદેશાઓ (મોકલાવેલ સંદેશા)નું સંચાલન અને પૃથક્કરણ થાય છે. સંદેશાઓ ત્યારબાદ મગજના વિવિધ ભાગો / કેન્દ્રોમાં મોકલાવાય છે. જેથી તમે પર્યાવરણના ફેરફારો અનુભવી શકો છો.

સંવેદી અંગો : આપણે નાક દ્વારા સૂંઘી શકીએ છીએ. જીભ દ્વારા સ્વાદ પારખી શકીએ છીએ. કાન દ્વારા સાંભળી શકીએ છીએ અને વસ્તુને આંખો દ્વારા જોઈ શકીએ છીએ.

નાક શ્લેષ્મ આચ્છાદિત રીસેપ્ટર ધરાવે છે જે સૂંઘવાની સંવેદના ગ્રહણ કરવા માટે ખાસ છે, તેને ઘ્રાણગ્રાહી કહે છે. તેઓ ઘ્રાણ અધિચ્છદના બનેલા છે જે ત્રણ પ્રકારના કોષો ધરાવે છે. ઘ્રાણ અધિચ્છદનાં ચેતાકોષો બહારના પર્યાવરણથી, જોડમાં આવેલા વટાણા જેવા ઘ્રાણ ગોલક (Olfactory bulb) તરીકે ઓળખાતા ભાગ સાથે સીધા જોડાયેલ હોય છે. ઘ્રાણ ગોલકો એ મગજના લિંબિક તંત્રમાંથી લંબાયેલ હોય છે.

નાક અને **જીભ** બંને દ્રાવ્ય રસાયણોને ઓળખે છે. સ્વાદ (Gustation) અને ઘ્રાણ (સૂંઘવુ)ની રાસાયણિક સંવેદનાઓ કાર્યાત્મક રીતે સરખી અને આંતરસંબંધિત હોય છે. જીભ, **સ્વાદાંકુરો** દ્વારા સ્વાદ પારખે છે જે **સ્વાદગ્રાહીઓ** ધરાવે છે. દરેક ખોરાક અથવા પીણાંના સ્વાદ સાથે, મગજ સ્વાદાંકુરોના વિવિધ ઈનપૂટ (Input)ને મગજ એકીકૃત કરે છે અને જટિલ સ્વાદ અનુભવાય છે.

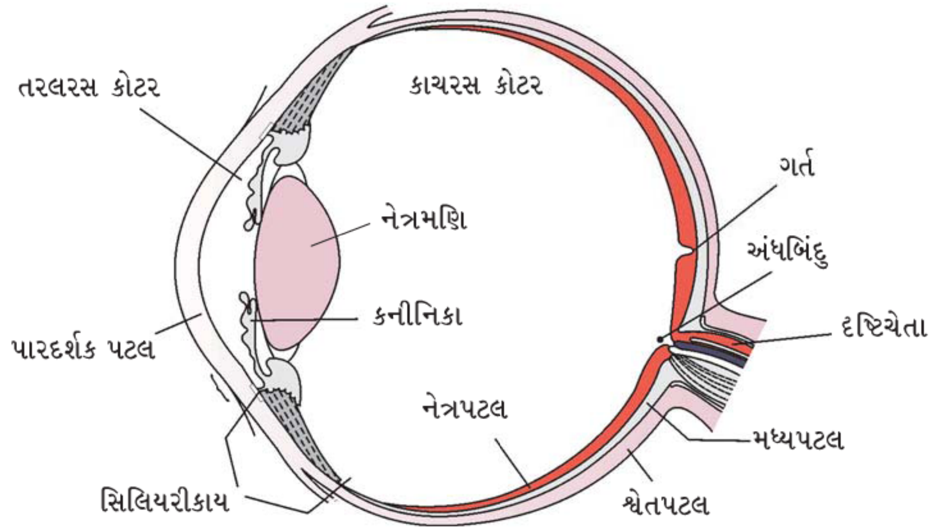
નીચેના વિભાગમાં, તમને આંખ (દૃષ્ટિ માટેનું સંવેદી અંગ) અને કાન(સાંભળવા માટેનું સંવેદી અંગ)ની રચના અને કાર્યથી પરિચિત કરાવવામાં આવશે.

21.6.1 આંખ (Eye)

આપણી એક જોડ આંખો ખોપરીની ગુહાઓમાં સ્થાન પામેલ છે. જેને **નેત્રકોટર (Orbits)** કહે છે. નીચેના વિભાગમાં માનવ આંખની રચના અને કાર્યો ટૂંકમાં આપેલ છે.

21.6.1.1 આંખના ભાગો (Parts of an eye)

પુખ્ત મનુષ્યની આંખ લગભગ ગોળાકાર રચના છે. આંખના ડોળાની દીવાલ ત્રણ સ્તરોની બનેલ છે (આકૃતિ 21.6). બાહ્યસ્તર સઘન સંયોજક પેશીનું બનેલ છે અને તેને **શ્વેતપટલ (Sclera)** કહે છે. આ સ્તરના અગ્ર ભાગને **પારદર્શકપટલ (Cornea)** કહે છે. મધ્યસ્તર, **મધ્યપટલ (Choroid)** ઘણી રુધિરવાહિનીઓ ધરાવે છે અને વાદળી રંગનું દેખાય છે. મધ્યપટલ સ્તર આંખના ડોળાના પશ્ચ 2/3 ભાગમાં પાતળું હોય છે પરંતુ અગ્ર ભાગે તે જાડું બની



આકૃતિ 21.6 : આંખના ભાગો દર્શાવતી રેખાકૃતિ

સિલિયરીકાય બનાવે છે. સિલિયરીકાય આગળ વધી રંગકણયુક્ત અને અપારદર્શક રચના બનાવે છે. જેને **કનીનિકા (Iris)** કહે છે. જે આંખનો રંગીન દૃશ્યમાન ભાગ છે. આંખનો ડોળો પારદર્શક સ્ફટિકીય **લેન્સ (Lens)** ધરાવે છે. જે સિલિયરીકાય સાથે જોડાયેલા અસ્થિબંધ દ્વારા સ્થાન પામે છે. લેન્સ(નેત્રમણિ)ની આગળ કનીનિકા દ્વારા આવૃત્ત રચનાને **કીકી (Pupil)** કહે છે. કીકીના વ્યાસનું નિયમન કનીનિકાના સ્નાયુતંતુઓ દ્વારા થાય છે.

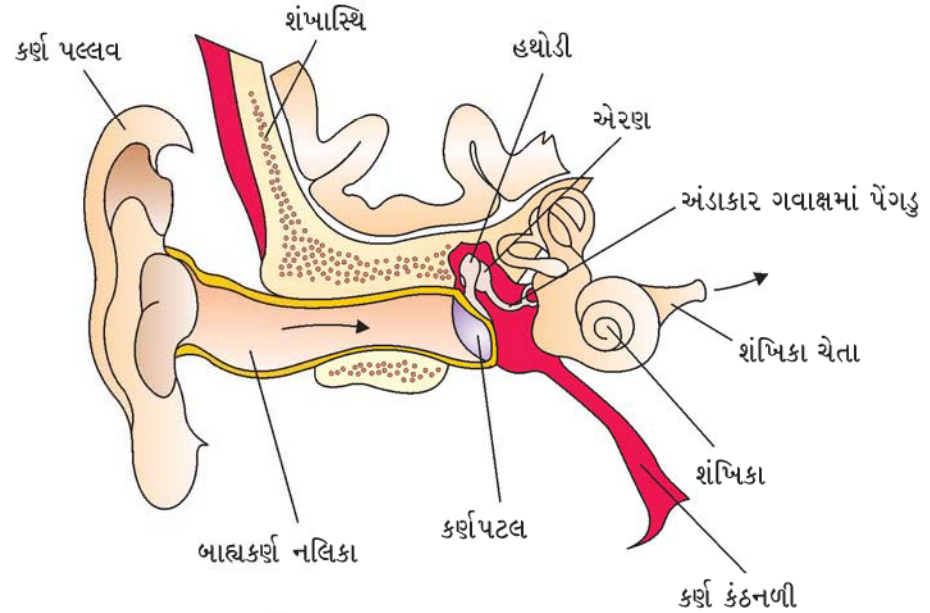
અંદરનું સ્તર **નેત્રપટલ (Retina)** છે અને તે કોષોના ત્રણ સ્તરો ધરાવે છે. અંદરથી બહાર તરફ - ચેતાકંદ કોષો, દ્વિધ્રુવીય કોષો અને પ્રકાશગ્રાહી કોષો. પ્રકાશગ્રાહી કોષો બે પ્રકારના હોય છે. જેવા કે **દંડકોષો (Rods cells)** અને **શંકુ કોષો (Cones cells)**. આ કોષો પ્રકાશ સંવેદી પ્રોટીન ધરાવે છે. જેને પ્રકાશ રંજકકણ કહે છે. દિવસના પ્રકાશની (પ્રકાશાનુંકુલી (Photopic)) દૃષ્ટિ અને રંગની દૃષ્ટિ (રંગ પારખવો) શંકુ કોષોનાં કાર્યો છે અને મંદ પ્રકાશની (તિમિરાનુંકૂલિત (Scotopic)) દૃષ્ટિ એ દંડકોષોનું કાર્ય છે. દંડકોષો જાંબલી પડતા લાલ પ્રોટીન ધરાવે છે. જેને રોડોપ્સિન અથવા જાંબલી દૃષ્ટિનું કહે છે. જે વિટામિન - Aના વ્યુત્પન્ન ધરાવે છે. માનવની આંખમાં ત્રણ પ્રકારના શંકુકોષો હોય છે. જે પોતાના લાક્ષણિક પ્રકાશ રંજકકણો ધરાવે છે જે લાલ, લીલા અને વાદળી પ્રકાશ માટે પ્રતિસાદ આપે છે. વિવિધ રંગો માટેની સંવેદના, આ શંકુકોષો અને તેમના પ્રકાશ રંજકકણોના વિવિધ મિશ્રણ દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. જ્યારે આ શંકુકોષો સમાન રીતે ઉત્તેજિત થાય છે. ત્યારે સફેદ પ્રકાશ માટેની સંવેદના પેદા થાય છે.

દૃષ્ટિ ચેતાઓ આંખની બહાર અને નેત્રપટલની રુધિરવાહિનીઓ તેની અંદર દાખલ થાય છે. તે જગ્યાના આંખના ડોળાના પશ્ચ ધ્રુવના મધ્યથી સહેજ ઉપર આવેલ છે. તે વિસ્તારમાં પ્રકાશગ્રાહી કોષો આવેલા હોતા નથી અને તેથી તેને **અંધ બિંદુ (Blind Spot)** કહે છે. આંખના પશ્ચ ધ્રુવમાં, અંધ બિંદુની પાર્શ્વ બાજુએ પીળાશ પડતું રંગકણના બિંદુને **પિત્તબિંદુ** (ડાઘ) **(Macula latea)** કહે છે. તેને મધ્યસ્થ ખાડા સાથે **ગર્ત (Fovea)** કહે છે. ગર્ત એ નેત્રપટલનો પાતળો બાહ્ય ભાગ છે. જ્યાં ફક્ત ઘનિષ્ટ રીતે જોડાયેલ શંકુકોષો હોય છે. આ એ સ્થાન છે કે જ્યાં દૃષ્ટિ તીવ્રતા (Resolution) વધુ સારી હોય છે.

પારદર્શકપટલ અને નેત્રમણિ વચ્ચેના અવકાશને **તરલરસ કોટર (Aqueous chamber)** કહે છે અને તે પાતળું જલીય પ્રવાહી ધરાવે છે. જેને તરલરસ (Aqueous humor) કહે છે. નેત્રમણિ અને નેત્રપટલ વચ્ચેના અવકાશને **કાચરસ કોટર (Vitreous chamber)** કહે છે અને આ પારદર્શક પ્રવાહી (gel) દ્વારા ભરાયેલ હોય છે. જેને કાચરસ કહે છે.

21.6.1.2 દૃષ્ટિની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Vision)

દૃશ્ય પ્રકાશના પ્રકાશ કિરણો પારદર્શક પટલ અને નેત્રમણિ દ્વારા નેત્રપટલ ઉપર આપાત થાય છે. જેથી દંડકોષો અને શંકુકોષોમાં કલાવીજસ્થિતિમાન (ઊર્મિવેગ) ઉત્પન્ન થાય છે. આગળ જણાવ્યા પ્રમાણે મનુષ્યની આંખોમાંના પ્રકાશ સંવેદી ઘટકો (પ્રકાશ રંગકણો) **ઓપ્સિન** (પ્રોટીન) અને **રેટિનલ**(વિટામિન - Aના આલ્ડિહાઇડ)ના બનેલા છે. પ્રકાશ ઓપ્સિનમાંથી રેટિનલના વિયોજનને પ્રેરે છે, પરિણામે ઓપ્સિનની રચનામાં ફેરફાર થાય છે. આને કારણે પટલની પ્રવેશશીલતા બદલાય છે. આને પરિણામે, પ્રકાશગ્રાહી કોષોમાં કલાવીજસ્થિતિમાન તફાવત નિર્માણ પામે છે. આ ઉત્પન્ન થતા સંકેતો (સંદેશાઓ) દ્વિધ્રુવીય કોષો દ્વારા ચેતાકંદ કોષોમાં સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન ઉત્પન્ન કરે છે. આ સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન (ઊર્મિવેગો) દૃષ્ટિ ચેતાઓ દ્વારા મગજના **દૃષ્ટિ બાહ્યક (Visual Cortex)** વિસ્તારમાં મોકલાવાય છે. જ્યાં ચેતા ઊર્મિવેગોનું પૃથક્કરણ થાય છે અને નેત્રપટલ ઉપર નિર્માણ પામતું ચિત્ર પૂર્વ સ્મૃતિ અને અનુભવોને આધારે ઓળખાય છે.

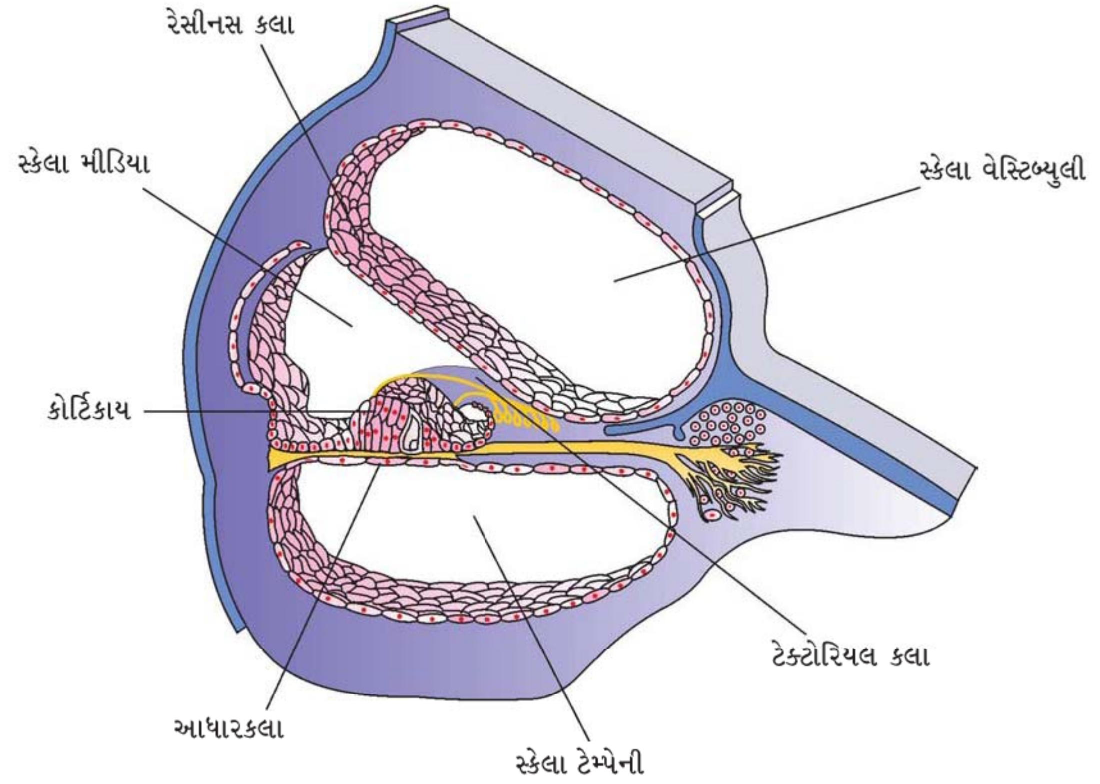


આકૃતિ 21.7 : કાનનો રેખાંકિત દેખાવ

21.6.2 કાન (The Ear)

કાન બે સંવેદી કાર્યો કરે છે, સાંભળવું અને શરીર સંતુલન જાળવણી. અંતઃસ્થ રચનાની દૃષ્ટિએ કાન મુખ્ય ત્રણ વિભાગોમાં વિભાજિત થાય છે, જેને **બાહ્ય કર્ણ (Outer ear), મધ્યકર્ણ (Middle ear)** અને **અંતઃકર્ણ (Inner ear)** કહે છે (આકૃતિ 21.7). **બાહ્યકર્ણ, કર્ણ પલ્લવ** અને **બાહ્ય કર્ણનલિકા** ધરાવે છે. કર્ણ પલ્લવ હવાના તરંગો કે જે અવાજ ઉત્પન્ન કરે છે. તેને એકત્રિત કરે છે. કર્ણનલિકા અંદરની તરફ આગળ વધી અને **કર્ણપટલ (Tympanic membrane) (The ear drum)** સુધી લંબાય છે. કર્ણ પલ્લવની ત્વચામાં અને ગુહામાં અતિસૂક્ષ્મ વાળ અને મીણનો સ્રાવ કરતી સ્નિગ્ધગ્રંથિઓ હોય છે. કર્ણપટલ સંયોજક પેશીઓથી બનેલ છે. જે બહારની બાજુ ત્વચા દ્વારા અને અંદરની તરફ શ્લેષ્મ કલા દ્વારા આવૃત્ત હોય છે. મધ્યકર્ણ ત્રણ અસ્થિઓ ધરાવે છે. જેમને **હથોડી (Malleus), એરણ (Incus)** અને **પેંગડુ (Stapes)** કહે છે. જે સાંકળની જેમ એકબીજા સાથે જોડાયેલા હોય છે. હથોડી કર્ણપટલ સાથે જોડાયેલું છે અને પેંગડુ શંખિકા(Cochlea)ના અંડાકાર ગવાક્ષ (Oval window) સાથે જોડાયેલ છે. કર્ણાસ્થિઓ અવાજના તરંગોની અંતઃકર્ણ સુધી પહોંચવાની ક્ષમતામાં વધારો કરે છે. **કર્ણ કંઠનળી (Eustachian tube)** મધ્યકર્ણ ગુહાને કંઠનળી સાથે જોડે છે. કર્ણ કંઠનળી બંને બાજુના કર્ણપટલ ઉપરના દબાણને સંતુલિત કરવામાં મદદ કરે છે.

અંતઃકર્ણ કે જે પ્રવાહીથી ભરેલ છે, તેને **કુહર** કહે છે. જે બે ભાગ ધરાવે છે – અસ્થિ કુહર અને કલાકુહર. અસ્થિકુહર એ સળંગ નલિકામય રચના છે. આ નલિકાઓની અંદર કલાકુહર ગોઠવાયેલ છે. જે બાહ્ય લસિકા કહેવાતા પ્રવાહીથી ઘેરાયેલ હોય છે. કલાકુહર સ્વયં અંતઃલસિકા કહેવાતા પ્રવાહીથી ભરેલ હોય છે. કલાકુહરના ગુંચળાદાર ભાગને **શંખિકા** કહે છે. આ શંખિકાની કલાઓ જેને રેસીનર્સ અને બેસીલર કલાઓ કહે છે. અસ્થિકુહર કે જે બાહ્ય લસિકાથી ભરેલું છે તેને બે ભાગમાં વહેંચે છે. જેવા કે ઉપરનું સ્કેલા વેસ્ટીબ્યુલી અને નીચેનું સ્કેલા ટિમ્પેની (આકૃતિ 21.8). શંખિકા વચ્ચેના અવકાશને સ્કેલા મિડીયા (Scala media) કહે છે. જે



આકૃતિ 21.8 : શંખિકાનો છેદ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

અંતઃ લસિકાથી ભરેલ હોય છે. શંખિકાના પાયાના ભાગે, સ્કેલા વેસ્ટીબ્યુલી અંડાકાર ગવાક્ષમાં અંત પામે છે, જ્યારે સ્કેલા ટિમ્પેની ગોળાકાર ગવાક્ષમાં અંત પામે છે. જે મધ્યકર્ણમાં ખૂલે છે.

કોર્ટિકાય (Organ of Corti) રચના આધારકલા (Basilar membrane) ઉપર સ્થાન પામેલ છે. જે **રોમ કોષો (Hair Cells)** ધરાવે છે. જે શ્રવણગ્રાહીઓ તરીકે વર્તે છે. આ રોમ કોષો, કોર્ટિકાયની અંદરની બાજુએ હરોળમાં ગોઠવાયેલા હોય છે. રોમ કોષનો પાયાનો છેડો અંતર્વાહી ચેતાતંતુઓના નજદીકના સંપર્કમાં હોય છે. દરેક રોમ કોષોના ટોચના ભાગેથી પ્રવર્ધો નીકળે છે. જેને ત્રિપરિમાણીય પક્ષ્મ (Stereo Cilia) કહે છે. રોમ કોષોની હરોળની ઉપર પાતળી સ્થિતિસ્થાપક કલા આવેલ છે. જેને **ટેક્ટોરિયલ કલા (Tectorial Membrane)** કહે છે.

અંતઃ કર્ણ પણ જટિલતંત્ર ધરાવે છે. જેને **વેસ્ટિબ્યુલર અંગ (Vestibular Apparatus)** કહે છે. જે શંખિકાની ઉપર સ્થાન પામેલ છે. વેસ્ટિબ્યુલર અંગ ત્રણ **અર્ધવર્તુળી નલિકાઓ** તથા સેક્યુલી અને યુટ્રીકલ સમાવતી **ઉદરિકા (Otolith Organ)**નું બનેલ છે. પ્રત્યેક અર્ધવર્તુળી નલિકાઓ એકબીજાથી સમકોણીય ભિન્ન તલ ઉપર ગોઠવાયેલ છે. પટલીય નલિકાઓ, અસ્થિ નલિકાઓના બાહ્ય લસિકામાં ડૂબેલી રહે છે. નલિકાનો પાયાનો ભાગ ઉપસેલ છે તેને તુંબિકા (Amulla) કહે છે. જે વિસ્તરેલ ટોચ ધરાવે છે જેને **ક્રિસ્ટા તુંબિકા** કહે છે. જે રોમ કોષો ધરાવે છે. સેક્યુલી અને યુટ્રીકલ ઉપસેલ ભાગ ધરાવે છે, જેને

મેક્યુલા કહે છે. ક્રિસ્ટા અને મેક્યુલા શરીરનું સમતોલન અને સ્થિતિ (Posture) જાળવવા માટેના વિશિષ્ટગ્રાહી કેન્દ્રો ધરાવે છે.

21.6.2.1 સાંભળવાની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Hearing)

કેવી રીતે કાન અવાજના મોજાઓને ચેતા ઊર્મિવેગમાં ફેરવે છે, કે જે મગજ દ્વારા સંવેદિત અને ક્રિયાત્મક થઈ અવાજને ઓળખે છે ? બાહ્ય કર્ણ અવાજના તરંગોને મેળવી અને તેમને કર્ણપટલ તરફ મોકલે છે. કર્ણપટલ અવાજના તરંગોના પ્રતિચાર રૂપ ધ્રૂજે છે અને આ ધ્રૂજારી કર્ણાસ્થિ(હથોડી, એરણ અને પેંગડુ)માંથી વહન પામી અંડાકાર ગવાક્ષમાં જાય છે. અંડાકાર ગવાક્ષ દ્વારા ધ્રૂજારી શંખિકાના પ્રવાહીમાં આવે છે, જ્યાં તેઓ લસિકામાં તરંગો ઉત્પન્ન કરે છે. લસિકાના તરંગો આધાર કલામાં હલચલ પ્રેરે છે. આ આધાર કલાનું હલનચલન રોમ કોષોને જોડે છે અને ટેક્ટોરીયલ કલા ઉપર દબાણ લાવે છે. પરિણામ સ્વરૂપ સંકળાયેલ અંતર્વાહી ચેતાઓમાં ચેતા ઊર્મિવેગ ઉત્પન્ન થાય છે. જે અંતર્વાહી તંતુઓ મારફતે શ્રવણ ચેતા દ્વારા મગજના શ્રવણ બાહ્યકમાં વહન પામે છે, જ્યાં ઊર્મિવેગનું પૃથક્કરણ થાય છે અને અવાજ ઓળખાય છે.

સારાંશ

ચેતાતંત્ર સહનિયમન અને એકત્રીકરણનાં કાર્યોની સાથે સાથે અંગોની ચયાપચયિક અને સમસ્થિતિની ક્રિયાઓ પણ કરે છે. ચેતાકોષ ચેતાતંત્રનો ક્રિયાત્મક એકમ છે. તે પટલની બંને બાજુ આયનોના સાંદ્રતા ઢોળાંશને કારણે ઉત્તેજક કોષો છે. વિશ્રામી ચેતાપડમાં વીજસ્થિતિમાનમાં ફેરફારને વિશ્રામી કલાવીજસ્થિતિમાન કહે છે. ચેતાક્ષ કલામાં પસાર થતો ચેતા ઊર્મિવેગ વિધ્રુવીકરણ અને પુનઃધ્રુવીકરણના સ્વરૂપમાં હોય છે. ચેતોપાગમ પૂર્વ ચેતોપાગમીય ચેતાકોષ અને પશ્ચ-ચેતોપાગમીય ચેતાકોષની કલા દ્વારા નિર્માણ પામે છે. જે ચેતોપાગમીય ફાટ કહેવાતા અવકાશ દ્વારા છૂટા પડે કે ન પણ પડે. રાસાયણિક ચેતોપાગમમાં ઊર્મિવેગના વહન સાથે સંકળાયેલ રસાયણને ચેતાપ્રેષક દ્રવ્ય કહે છે.

માનવ ચેતાતંત્ર બે ભાગોનું બનેલ છે : (i) મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર (CNS) અને (ii) પરિઘવર્તી ચેતાતંત્ર (PNS). CNS, મગજ અને કરોડરજ્જુ ધરાવે છે. મગજ મુખ્ય ત્રણ ભાગોમાં વિભાજિત થાય છે : (i) અગ્રમગજ, (ii) મધ્ય-મગજ અને (iii) પશ્ચમગજ. અગ્રમગજ બૃહદ્ મસ્તિષ્ક, થેલેમસ અને હાયપોથેલેમસ ધરાવે છે. બૃહદ્ મસ્તિષ્ક આયામ રીતે બે સરખા ભાગોમાં વિભાજિત થાય છે. તે કેલોસમકાય દ્વારા જોડાયેલ હોય છે. અગ્રમગજના ખૂબ જ અગત્યના ભાગને હાયપોથેલેમસ કહે છે. જે શરીરનું તાપમાન, ખાવાની અને પીવાની તીવ્રતાનું નિયમન કરે છે. મસ્તિષ્ક ગોળાર્ધનો અંદરનો ભાગ અને સંકળાયેલ ઊંડી રચનાના સમૂહ, જટિલ રચના બનાવે છે. જેને લિંબિક તંત્ર કહે છે. જે ધ્રાણ ક્રિયા, સ્વયંવ પ્રતિચાર, જાતીય વર્તણૂકનું નિયમન, લાગણીની ક્રિયાઓની અભિવ્યક્તિ અને પ્રેરણા સાથે સંકળાયેલ છે. મધ્યમગજ, મુખવટો (Visral), સ્પર્શ અને શ્રવણ ઊર્મિવેગોને મેળવે અને એકત્રિત કરે છે. પશ્ચમગજ પોન્સ, અનુમસ્તિષ્ક અને લંબમજ્જાનું બનેલ છે. અનુમસ્તિષ્ક કાનની અર્ધવર્તુળી નલિકા અને શ્રવણ તંત્રમાંથી મેળવાતી માહિતીનું એકત્રીકરણ કરે છે. લંબમજ્જા, શ્વસન, હૃદયને લગતી પરાવર્તી ક્રિયાઓ અને જઠરના સ્રાવોનું નિયંત્રણ કરતા કેન્દ્રો ધરાવે છે. પોન્સ (સેતુ) મગજના વિવિધ વિસ્તારોને સાંકળતા પથતંતુઓ ધરાવે છે. પરિઘવર્તી ચેતાતંત્રની ઉત્તેજનાના અનૈચ્છિક પ્રતિચારની સમગ્ર પ્રક્રિયાને પરાવર્તી ક્રિયા કહે છે.

પર્યાવરણમાં થતા ફેરફારો સંબંધી માહિતી સંવેદી અંગો દ્વારા CNS મેળવે છે. જે તેનું સંચાલન અને પૃથક્કરણ કરે છે. સંદેશાઓ ત્યારબાદ યોગ્ય વ્યવસ્થા માટે મોકલાય છે. માનવ આંખની દીવાલ ત્રણ સ્તરોની બનેલ છે. બાહ્ય સ્તર પારદર્શકપટલ અને શ્વેતપટલનું બનેલ છે. શ્વેતપટલની અંદર, મધ્યસ્તર હોય છે. જેને મધ્યપટલ કહે છે. નેત્રપટલ, સૌથી અંદરનું સ્તર છે. જે બે પ્રકારના પ્રકાશ સંવેદી કોષો ધરાવે છે. જેવા કે દંડકોષો અને શંકુકોષો. દિવસના પ્રકાશની (Photopic) દૃષ્ટિ અને રંગની દૃષ્ટિએ શંકુકોષોના અને મંદ પ્રકાશની (Scotopic) દૃષ્ટિ એ દંડકોષોના કાર્ય છે. પ્રકાશ પારદર્શકપટલમાંથી નેત્રમણિમાંથી દાખલ થઈ વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટલ ઉપર નિર્માણ કરે છે.

કાન, બાહ્યકર્ણ, મધ્યકર્ણ અને અંતઃકર્ણમાં વિભાજિત થાય છે. મધ્યકર્ણ ત્રણ અસ્થિઓ ધરાવે છે. જેને હથોડી, એરણ અને પેંગડુ કહે છે. પ્રવાહીથી ભરેલ અંતઃકર્ણને કલાકુહર કહે છે અને કુહરના ગૂંચળામય ભાગને શંખિકા કહે છે. કોર્ટિકાય, આધારકલામાં સ્થાન પામેલ અને શ્રવણગ્રાહી તરીકે વર્તતા રોમ કોષોની બનેલ રચના છે. કર્ણપટલમાં ઉત્પન્ન થતી ધ્રૂજારી (કંપનો), કર્ણાસ્થિઓ અને અંડાકાર ગવાક્ષ દ્વારા અંતઃકર્ણમાં ભરેલ પ્રવાહીમાં વહન પામે છે. ચેતા ઊર્મિવેગ ઉત્પન્ન થઈ અને અંર્તવાહી તંતુઓ દ્વારા મગજના શ્રવણ બાહ્યકમાં વહન પામે છે. અંતઃકર્ણ, શંખિકાની ઉપર જટિલ તંત્ર ધરાવે છે. જેને વેસ્ટિબ્યુલર અંગ કહે છે. તે ગુરૂત્વાકર્ષણ અને હલનચલન દ્વારા પ્રભાવિત થાય છે અને શરીરનું સંતોલન અને સ્થિતિ જાળવવામાં મદદ કરે છે.

સ્વાધ્યાય

1. નીચેની રચનાઓને ટૂંકમાં વર્ણવો :

   (a) મગજ (b) આંખ (c) કાન

2. નીચેની તુલના કરો :

   (a) મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર (CNS) અને પરિઘવર્તી ચેતાતંત્ર (PNS)

   (b) વિશ્રામી કલાવીજસ્થિતિમાન અને સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાન

   (c) મધ્યપટલ અને નેત્રપટલ

3. નીચેની પ્રક્રિયાઓ સમજાવો :

   (a) ચેતાતંતુની કલાનું ધ્રુવીકરણ

   (b) ચેતાતંતુની કલાનું વિધ્રુવીકરણ

   (c) ચેતાતંતુમાં ચેતા ઊર્મિવેગનું વહન

   (d) રાસાયણીક ચેતોપાગમ દ્વારા ચેતા ઊર્મિવેગનું વહન

4. નીચેનાની નામનિર્દેશવાળી આકૃતિ દોરો :

   (a) ચેતાકોષ (b) મગજ (c) આંખ (d) કાન

5. નીચેના ઉપર ટૂંકનોંધ લખો :

   (a) ચેતા સહનિયમન (b) અગ્રમગજ (c) મધ્યમગજ

   (d) પશ્ચમગજ (e) નેત્રપટલ (f) કર્ણાસ્થિઓ

   (g) શંખિકા (h) કોર્ટિકાય (i) ચેતોપાગમ

6. ટૂંકમાં અહેવાલ આપો :
   (a) ચેતોપાગમીય વહનની ક્રિયાવિધિ
   (b) દૃષ્ટિની ક્રિયાવિધિ
   (c) સાંભળવાની ક્રિયાવિધિ
7. ટૂંકમાં જવાબ આપો :
   (a) તમે વસ્તુના રંગને કેવી રીતે પારખો છો ?
   (b) શરીરનું સંતુલન જાળવવા શરીરનો કયો ભાગ મદદ કરે છે ?
   (c) આંખ દ્વારા નેત્રપટલ ઉપર પડતા પ્રકાશનું નિયમન કઈ રીતે થાય છે ?
8. સમજાવો :
   (a) સક્રિય કલાવીજસ્થિતિમાનના નિર્માણમાં Na^+નો ફાળો
   (b) નેત્રપટલમાં પ્રકાશ પ્રેરિત ઊર્મિવેગના નિર્માણની ક્રિયાવિધિ
   (c) અંતઃકર્ણમાં અવાજ દ્વારા ચેતા ઊર્મિવેગ ઉત્પન્ન થવાની ક્રિયાવિધિ
9. તફાવત આપો :
   (a) મજ્જિત અને અમજ્જિત ચેતાક્ષો
   (b) શિખાતંતુ અને ચેતાક્ષ
   (c) દંડકોષ અને શંકુકોષ
   (d) થેલેમસ અને હાયપોથેલેમસ
   (e) બૃહદ્ મસ્તિષ્ક અને અનુમસ્તિષ્ક
10. નીચેનાના જવાબ આપો :
   (a) કાનનો કયો ભાગ અવાજના સ્વરને ઓળખે છે ?
   (b) માનવ મગજનો કયો ભાગ સૌથી વધુ વિકસિત છે ?
   (c) મધ્યસ્થ મગજનો કયો ભાગ પ્રમુખ ઘડિયાળ (Master Clock) તરીકે વર્તે છે ?
11. પૃષ્ઠવંશીઓની આંખનો ભાગ કે જ્યાંથી દૃષ્ટિ ચેતા નેત્રપટલમાંથી બહાર નીકળે છે તેને શું કહે છે ?
   (a) ગર્ત
   (b) કનીનિકા
   (c) અંધ બિંદુ
   (d) દૃષ્ટિ ચેતાની ચોકડી
12. ભેદ સ્પષ્ટ કરો :
   (a) અંતર્વાહી ચેતાઓ અને બહિર્વાહી ચેતાઓ
   (b) મજ્જિત ચેતાતંતુમાં ઊર્મિવેગનું વહન અને અમજ્જિત ચેતાતંતુમાં ઊર્મિવેગનું વહન
   (c) તરલરસ અને કાચરસ
   (d) અંધ બિંદુ અને પિત્ત બિંદુ
   (e) મસ્તિષ્ક ચેતાઓ અને કરોડરજ્જુ ચેતાઓ

પ્રકરણ 22

રાસાયણિક સહનિયમન અને સંકલન (Chemical Coordination and Integration)

22.1 અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ અને અંતઃસ્રાવો
22.2 માનવ અંતઃસ્રાવીતંત્ર
22.3 હૃદય, મૂત્રપિંડ અને જઠર આંત્રીયમાર્ગના અંતઃસ્રાવો
22.4 અંતઃસ્રાવોની ક્રિયાવિધિ

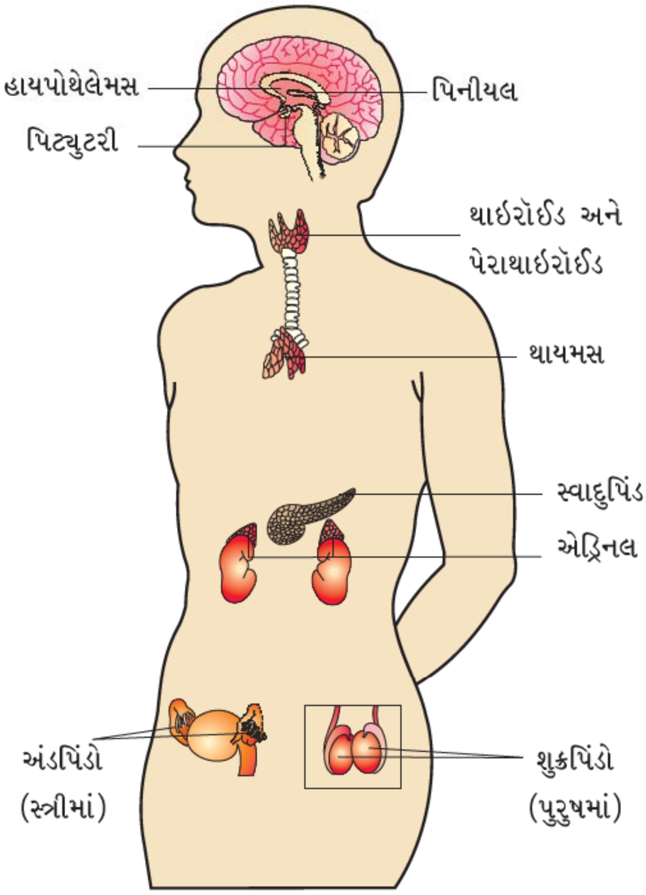
તમે અભ્યાસ કરી ગયા છો કે ચેતાતંત્ર પ્રત્યેક અંગોનું ઝડપી સહનિયમન પૂરું પાડે છે. ચેતાનિયમન ઝડપી પરંતુ ક્ષણિક છે. ચેતાતંતુઓ શરીરના બધા જ કોષોને સાંકળતા નથી અને કોષીય કાર્યોને સતત નિયમનની જરૂરિયાત હોય છે; તેથી વિશેષ પ્રકારનું સહનિયમન અને સંકલન પૂરું પાડવું જરૂરી છે. આ કાર્ય અંતઃસ્રાવો કરે છે. ચેતાતંત્ર અને અંતઃસ્રાવીતંત્ર સંયુક્ત રીતે શરીરના દેહધાર્મિક કાર્યોનું સહનિયમન અને નિયમન કરે છે.

22.1 અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ અને અંતઃસ્રાવો (Endocrine Glands and Hormones)

અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ નલિકાઓ ધરાવતી નથી માટે તેને નલિકારહિત ગ્રંથિઓ કહે છે. તેઓના સ્રાવોને અંતઃસ્રાવો કહે છે. પારંપરિક વ્યાખ્યા પ્રમાણે અંતઃસ્રાવો એ અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિ દ્વારા નિર્માણ પામતા અને રુધિરમાં મુક્ત થતા અને વહન પામી દૂરના લક્ષ્ય અંગોને અસર કરતાં રસાયણો છે. વર્તમાન વૈજ્ઞાનિક વ્યાખ્યા પ્રમાણે **અંતઃસ્રાવો આંતરકોષીય સંદેશાવાહકો તરીકે વર્તતા અને ઓછી માત્રામાં ઉત્પન્ન થતા બિન-પોષક રસાયણો છે.** નવી વ્યાખ્યા સુયોજીત અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ દ્વારા સ્રવતા અંતઃસ્રાવો ઉપરાંત તે ઘણા નવા અણુઓને પણ આવરે છે. અપૃષ્ઠવંશી પ્રાણીઓ થોડાક જ અંતઃસ્રાવો ધરાવતું ખૂબ જ સરળ અંતઃસ્રાવીતંત્ર ધરાવે છે, જ્યારે પૃષ્ઠવંશીઓમાં મોટી સંખ્યામાં રસાયણો અંતઃસ્રાવો તરીકે વર્તી અને સહનિયમન પ્રદાન કરે છે. માનવ અંતઃસ્રાવીતંત્ર અહીં વર્ણવામાં આવેલ છે.

22.2 માનવ અંતઃસ્રાવીતંત્ર (Human Endocrine System)

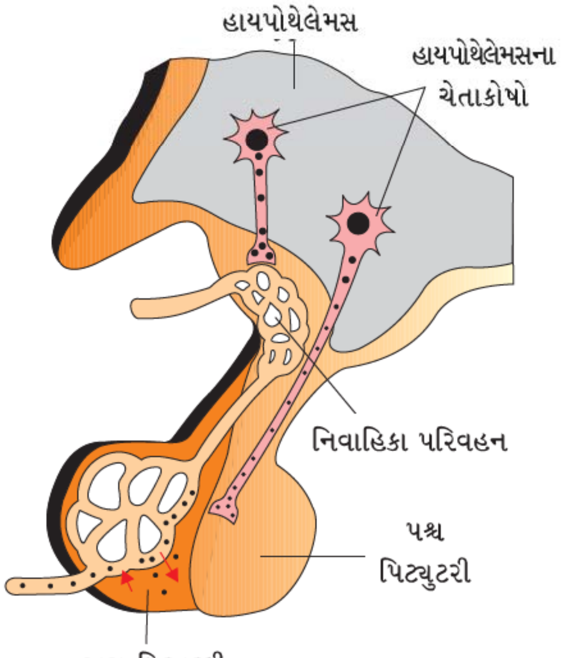
અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ અને શરીરના વિવિધ ભાગોમાં સ્થાન પામેલ પેશીઓ / કોષોનો સમૂહ કે જે અંતઃસ્રાવો ઉત્પન્ન કરે છે, તે અંતઃસ્રાવીતંત્ર બનાવે છે. પિટ્યુટરી, પિનિયલ, થાઇરૉઈડ, એડ્રિનલ, સ્વાદુપિંડ, પેરાથાઇરૉઈડ, થાયમસ અને જનનપિંડો (પુરૂષોમાં શુક્રપિંડો અને સ્ત્રીઓમાં અંડપિંડો) આપણા શરીરમાં આવેલ આયોજિત અંતઃસ્રાવી કાયો (રચનાઓ) (Bodies) છે (આકૃતિ 22.1). આ ઉપરાંત કેટલાક અન્ય અંગો જેવા કે જઠર-આંત્રીય માર્ગ, યકૃત, મૂત્રપિંડ, હૃદય પણ અંતઃસ્રાવો ઉત્પન્ન કરે છે. નીચેના વિભાગમાં માનવ શરીરની બધી મુખ્ય અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ અને હાયપોથેલેમસની રચના અને કાર્યોનો ટૂંકમાં અહેવાલ આપેલો છે.



આકૃતિ 22.1 : અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓનું સ્થાન

22.2.1 હાયપોથેલેમસ (Hypothalamus)

તમે જાણો છો કે હાયપોથેલેમસ (આકૃતિ 22.1) એ અગ્ર મગજમાં આવેલ આંતર મસ્તિષ્કનું તળિયું છે અને તે શરીરનાં વિવિધ કાર્યોનું નિયમન કરે છે. ચેતાસ્રાવી કોષો તરીકે જાણીતા ચેતાકોષોથી બનેલા કેન્દ્રો ધરાવે છે. જે અંતઃસ્રાવોનું નિર્માણ કરે છે. આ અંતઃસ્રાવો પિટ્યુટરીના અંતઃસ્રાવોનું સંશ્લેષણ તથા સ્રાવોનું નિયમન કરે છે. જો કે હાયપોથેલેમસ દ્વારા બે પ્રકારના અંતઃસ્રાવો ઉત્પન્ન થાય છે; રિલીઝિંગ અંતઃસ્રાવો (RH) (જે પિટ્યુટરીના અંતઃસ્રાવોને ઉત્તેજે છે) અને અવરોધક અંતઃસ્રાવો (IRH) (જે પિટ્યુટરીના સ્રાવોને અવરોધે છે). ઉદાહરણ તરીકે; હાયપોથેલેમીક અંતઃસ્રાવ કે જેને ગોનેડોટ્રૉફિન રિલીઝિંગ અંતઃસ્રાવ (GnRH) કહે છે, જે પિટ્યુટરીમાં સંશ્લેષણને ઉત્તેજિત કરી ગોનેડોટ્રોફિનને મુક્ત કરે છે. બીજી બાજુ હાયપોથેલેમસમાંનો સોમેટોસ્ટેટીન, એ પિટ્યુટરીમાંના વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવને મુક્ત થતો અટકાવે છે. આ અંતઃસ્રાવો હાયપોથેલેમીક ચેતાકોષમાં સર્જાય છે અને ચેતાક્ષમાંથી પસાર થઈ ચેતાના અંતિમ છેડે મુક્ત થાય છે. આ અંતઃસ્રાવો નિવાહિકા પરિવહનતંત્ર દ્વારા પિટ્યુટરી ગ્રંથિ સુધી પહોંચી અને અગ્ર પિટ્યુટરી ગ્રંથિનાં કાર્યોનું નિયમન કરે છે. પશ્ચ પિટ્યુટરી ગ્રંથિ હાયપોથેલેમસના સીધા ચેતા નિયમન હેઠળ હોય છે. (આકૃતિ 22.2).



આકૃતિ 22.2 : પિટ્યુટરી અને તેનો હાયપોથેલેમસ સાથેનો સંબંધ દર્શાવતી રેખાકૃતિ

22.2.2 પિટ્યુટરી ગ્રંથિ (The Pituitary Gland)

સેલા ટર્સિકા તરીકે ઓળખાતી અસ્થિગુહામાં પિટ્યુટરી ગ્રંથિ આવેલી છે. તથા હાયપોથેલેમસ સાથે દંડ વડે જોડાયેલ છે (આકૃતિ 22.2). તે અંતઃસ્થ રચનાની દૃષ્ટિએ **એડીનોહાઈપોફાયસીસ** અને **ન્યુરોહાઈપોફાયસીસ**માં વિભાજિત થાય છે. એડીનોહાઈપોફાયસીસ બે ભાગ ધરાવે છે, દૂરસ્થ ભાગ (Pars distalis) અને મધ્ય ભાગ (Pars intermedia). પિટ્યુટરીનો દૂરસ્થ ભાગ વિસ્તાર સામાન્ય રીતે અગ્ર પિટ્યુટરી તરીકે ઓળખાય છે. જે **વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવ (GH)**, **પ્રોલેક્ટિન (PRL)**, **થાઈરોઈડ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હોર્મોન (TSH)**, **એડ્રીનો કોર્ટિકોટ્રૉપિક હોર્મોન (ACTH)**, **લ્યુટેનાઈઝિંગ હોર્મોન (LH)** અને **ફોલિકલ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હોર્મોન(FSH)**ને ઉત્પન્ન કરે છે. મધ્ય ભાગ ફક્ત એક જ **મેલેનોસાઈટ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હોર્મોન (MSH)** કહેવાતા અંતઃસ્રાવનો સ્રાવ કરે છે. જોકે મનુષ્યમાં મધ્ય ભાગ એ લગભગ દૂરસ્થ ભાગ સાથે ભળી ગયેલો હોય છે. ન્યૂરોહાઈપોફાયસીસ એ પશ્ચ પિટ્યુટરી ગ્રંથિ તરીકે પણ ઓળખાય છે, જે **ઑક્સિટોસીન** અને **વાસોપ્રેસિન** કહેવાતા બે અંતઃસ્રાવનો સંગ્રહ અને સ્રાવ કરે છે. ખરેખર આ બંને અંતઃસ્રાવો હાઈપોથેલેમસ દ્વારા સંશ્લેષણ પામે છે અને તેનું ચેતાક્ષ દ્વારા (Axonally) ન્યૂરોહાઈપોફાયસીસ વહન તરફ થાય છે.

વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવ(GH)નો વધુ પડતો સ્રાવ શરીરની અસામાન્ય વૃદ્ધિ પ્રેરે છે, જે મહાકાયતા (Gigantism) તરફ દોરી જાય છે તથા વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવનો ઓછો સ્રાવ વૃદ્ધિને કુંઠિત કરે છે, જેના પરિણામે પિટ્યુટરી વામનતા (Pituitary dwarfism) સર્જાય છે. પુખ્તમાં વૃદ્ધિ અંતઃસ્રાવનો વધુ પડતો સ્રાવ ખાસ કરીને વચગાળાની ઉંમરમાં, એક ગંભીર શારીરિક પરિવર્તન પ્રેરે છે (ખાસ કરીને ચહેરામાં) તેને એક્રોમિગેલી (વિરૂપતા = Acromegaly) કહે છે, જે ગંભીર ગૂંચવણ અને કસમયે મૃત્યુ તરફ દોરી જાય છે. શરૂઆતના તબક્કામાં તેનું નિદાન મુશ્કેલ છે અને ઘણી વખત નોંધપાત્ર બાહ્ય શારીરિક લક્ષણો પ્રદર્શિત થાય નહિ ત્યાં સુધી (વર્ષો સુધી) તેનું નિદાન થઈ શકતું નથી. પ્રોલેકટિન સ્તન ગ્રંથિના વિકાસ અને તેમાં દૂધના સ્રાવનું નિયમન કરે છે. થાઈરૉઈડ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હોર્મોન (TSH) જે થાઈરૉઈડ ગ્રંથિ તેના અંતઃસ્રાવોના સંશ્લેષણ અને સ્રાવને ઉત્તેજે છે. એડ્રીનોકોર્ટિકોટ્રૉપિક હોર્મોન (ACTH) જે એડ્રિનલ બાહ્યકને ઉત્તેજિત કરી **ગ્લુકોકોર્ટિકોઈડ** પ્રકારના સ્ટેરોઈડ અંતઃસ્રાવના સંશ્લેષણ અને સ્રાવને ઉત્તેજે છે. લ્યુટીનાઈઝિંગ હોર્મોન (LH) અને ફોલિકલ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હોર્મોન (FSH) જનનપિંડીય ક્રિયાઓને ઉત્તેજે છે. તેથી તેને **ગોનેડોટ્રોફિન્સ** કહે છે. નરમાં લ્યુટીનાઈઝિંગ હોર્મોન (LH) એ શુક્રપિંડમાંથી **એન્ડ્રોજન** કહેવાતા અંતઃસ્રાવોના સંશ્લેષણ અને સ્રાવને ઉત્તેજિત કરે છે. નરમાં ફોલિકલ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હોર્મોન અને એન્ડ્રોજન્સ શુક્રકોષજનનની ક્રિયાને નિયંત્રિત કરે છે. માદામાં લ્યુટીનાઈઝિંગ હોર્મોન પૂર્ણ પરિપક્વ પુટિકાઓ(ગ્રાફીયન પુટિકાઓ)માંથી અંડપાતને પ્રેરે છે અને અંડપાત બાદ ખાલી પડેલ અંડપુટિકામાંથી નિર્માણ પામતા કોપર્સ લ્યુટિયમને જાળવી રાખે છે. માદામાં FSH અંડપુટિકાઓની વૃદ્ધિ અને વિકાસને ઉત્તેજે છે. મેલેનોસાઈટ સ્ટિમ્યુલેટિંગ હોર્મોન (MSH) મેલેનોસાઈટ (મેલેનીન ધરાવતા કોષો) પર અસર કરે છે અને ચામડીમાં રંગકણોનું નિયમન કરે છે. ઑક્સિટોસીન આપણા શરીરના લીસા (અરેખિત)

સ્નાયુના સંકોચનને ઉત્તેજિત કરે છે અને માદામાં ગર્ભાશયનું બાળપ્રસવની ક્રિયા વખતે ઝડપી સંકોચન પ્રેરે છે તથા સ્તન ગ્રંથિમાંથી દૂધનો સ્રાવ કરે છે. વાસોપ્રેસિન મુખ્યત્વે મૂત્રપિંડ પર અસર કરે છે અને પાણી તથા ઈલેક્ટ્રૉલાઇટ્સનું મૂત્રપિંડનલિકાના દૂરસ્થ ગુંચળાદાર નલિકા દ્વારા થતા પુનઃશોષણને ઉત્તેજે છે. આ રીતે મૂત્ર દ્વારા પાણીની ઘટને (Diuresis) ઓછી કરે છે. જેથી તેને **ઍન્ટિડાયુરેટીક હૉર્મોન (ADH)** પણ કહે છે.

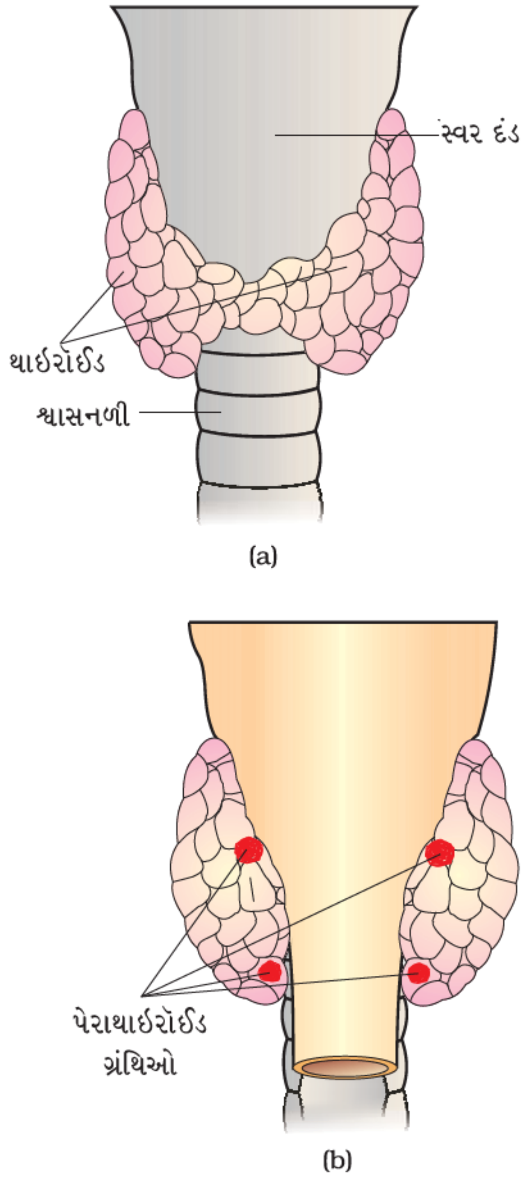
ADH ના સંશ્લેષણ અને સ્રાવ ઉણપને પરિણામે મૂત્રપિંડની પાણી સંગ્રહવાની ક્ષમતામાં ઘટાડો થાય છે જે તેને પાણીના વ્યય અને નિર્જલીકરણ તરફ દોરી જાય છે. આ સ્થિતિ **ડાયાબિટીસ ઈન્સીપિડસ** તરીકે ઓળખાય છે.

22.2.3 પિનિયલ ગ્રંથિ (The Pineal Gland)

પિનિયલ ગ્રંથિ અગ્રમગજની પૃષ્ઠ બાજુએ આવેલી છે. **મેલેટોનીન** કહેવાતા અંતઃસ્રાવનો સ્રાવ પિનિયલ કરે છે. મેલેટોનીન આપણા શરીરમાં 24 કલાક (Diurnal) દરમિયાન થતી ક્રિયાઓની તાલબદ્ધતાનાં નિયમનમાં ખૂબ મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. ઉદાહરણ તરીકે ઊંઘવા-જાગવાના ચક્રની સામાન્ય લયબદ્ધતાની જાળવણીમાં મદદ કરે છે, શરીરનું તાપમાન જાળવે છે. તદ્ઉપરાંત, મેલેટોનીન ચયાપચય ઉપર પણ અસર કરે છે, રંગકણ સર્જન, માસિકચક્ર ઉપરાંત પ્રતિકારક ક્ષમતા ઉપર અસર કરે છે.

22.2.4 થાઈરૉઈડ ગ્રંથિ (Thyroid Gland)

થાઈરૉઈડ ગ્રંથિ બે ખંડોની બનેલી છે, કે જેઓ શ્વાસનળીની બંને બાજુ પર સ્થિત છે (આકૃતિ 22.3). બંને ખંડો પાતળા સંયોજક પેશીના પટ્ટાથી જોડાયેલ હોય છે જેને સેતુ (Isthmus) કહે છે. થાઈરૉઈડ ગ્રંથિ **પુટિકાઓ** અને **આધારક પેશીઓ(Stromal tissue)**ની બનેલ છે. દરેક થાયરોઈડ પુટિકા અવકાશને ઘેરતા પુટ્ટકીય કોષોથી બને છે. આ પુટ્ટકીય કોષો બે અંતઃસ્રાવો **ટેટ્રાઆયોડોથાયરોનીન** અથવા **થાયરોક્સિન (T_4)** અને **ટ્રાયઆયોડોથાયરોનીન(T_3)**નું સંશ્લેષણ કરે છે. થાઈરૉઈડના અંતઃસ્રાવ સંશ્લેષણના સામાન્ય દર માટે આયોડિન અનિવાર્ય છે. આપણા ખોરાકમાં આયોડિનની ઊણપના કારણે **હાઈપોથાયરોડીઝમ** થાય છે અને થાઈરૉઈડ ગ્રંથિનું વિસ્તરણ થાય છે. જેને સામાન્ય રીતે **ગોઈટર** કહે છે. ગર્ભધારણ દરમિયાન હાઈપોથાયરોડીઝમને કારણે ઉછરતા બાળકનો વિકાસ અને પરિપક્વતાને કુંઠિત વૃદ્ધિ (Cretinism), ખામીયુક્ત વિકાસ અને માનસિક મંદતા, નીચો બુદ્ધિ આંક, અસામાન્ય ત્વચા, બહેરા-મૂંગાપણું વગેરે તરફ દોરી જાય છે. પુખ્ત સ્ત્રીમાં, હાઇપોથાયરોડીઝમને લીધે માસિકચક્રમાં અનિયમિતતા આવે છે. થાઈરૉઈડ ગ્રંથિના કૅન્સરને કારણે અથવા થાઈરૉઈડ ગ્રંથિની ગાંઠના વિકાસને કારણે થાઈરૉઈડ અંતઃસ્રાવોના સંશ્લેષણ અને



આકૃતિ 22.3 : થાઈરૉઈડ અને પેરાથાઈરૉઈડના ભાગો દર્શાવતી રેખાકૃતિ (a) વક્ષ દેખાવ (b) પૃષ્ઠ દેખાવ

સ્રાવનો દર અસામાન્ય ઉચ્ચ સ્તરે પહોંચી જાય છે, આ સ્થિતિને **હાઈપરથાયરોડીઝમ** કહે છે. જે શરીરની દેહધાર્મિક ક્રિયાઓ ઉપર વિપરિત અસર કરે છે.

થાઇરૉઈડ અંતઃસ્રાવો આધારભૂત (મૂળભૂત) ચયાપચયિક દર (Basal Metabolic Rate (BMR))ના નિયમનમાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. આ અંતઃસ્રાવો રક્તકણ (RBC)ના નિર્માણમાં પણ મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે. થાઇરૉઈડ અંતઃસ્રાવો કાર્બોદિત, પ્રોટીન અને ચરબીના ચયાપચયનું નિયંત્રણ કરે છે. પાણી અને ઇલેક્ટ્રૉલાઇટ્સનું સમતોલન પણ થાઇરૉઈડ અંતઃસ્રાવો દ્વારા અસર પામી જળવાય છે. થાઇરૉઈડ ગ્રંથિ, થાયરોકેલ્સિટોનીન (TCT) નામના પ્રોટીન અંતઃસ્રાવનો પણ સ્રાવ કરે છે. જે રુધિરમાં કૅલ્શિયમનું પ્રમાણ જાળવી રાખે છે.

એકસોપ્થેલ્મિક ગોઇટર એ હાઇપર થાયરોડિઝમનું સ્વરૂપ છે. જે થાઇરૉઈડ ગ્રંથિના કદમાં વધારો પ્રેરે છે. આંખના ડોળા બહાર આવવા, ચયાપચયિક દરમાં વધારો અને વજનમાં ઘટાડો જેવા લક્ષણો ધરાવે છે, તેને **ગ્રેવ્સ (graves) રોગ** પણ કહે છે.

22.2.5 પેરાથાઈરૉઈડ ગ્રંથિ (Parathyroid Gland)

મનુષ્યમાં થાઇરૉઈડ ગ્રંથિના પાછળના ભાગે ચાર પેરાથાઇરૉઈડ ગ્રંથિઓ આવેલી છે, તે થાઇરૉઈડ ગ્રંથિના બે ખંડો પૈકી દરેક ખંડમાં એક જોડ આવેલી છે (આકૃતિ 22.3 (b)). પેરાથાઇરૉઈડ ગ્રંથિઓ પેપ્ટાઈડ અંતઃસ્રાવ જેને **પેરાથાઈરૉઈડ અંતઃસ્રાવ (PTH)** કહે છે તેનો સ્રાવ કરે છે. PTHનાં સ્રાવ કૅલ્શિયમ આયનોના પરિવહન સ્તરો દ્વારા નિયંત્રિત છે.

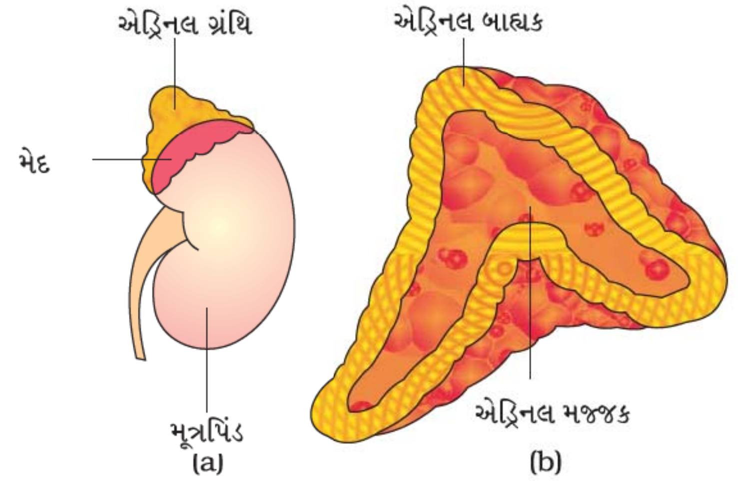
પેરાથાઇરૉઈડ હોર્મોન (PTH) રુધિરમાં Ca^{++}નું પ્રમાણ વધારે છે. PTH અસ્થિ ઉપર અસર કરે છે અને અસ્થિ વિનાશક (ઓગાળવું / વિખનીજીકરણ)ની પ્રક્રિયાને ઉત્તેજે છે. PTH મૂત્રપિંડનલિકા દ્વારા થતા Ca^{++}ના પુનઃ શોષણને ઉત્તેજિત કરે છે અને પાચિત ખોરાકમાંથી Ca^{++}ના શોષણમાં વધારો કરે છે. આમ એ સ્પષ્ટ છે કે PTH હાઇપરકેલ્સેમીક અંતઃસ્રાવ છે એટલે કે તે રુધિરમાં કેલ્શિયમનું સ્તર વધારે છે. તે TCT (થાયરોકેલ્સિટોનીન) સાથે મળી તે શરીરમાં કૅલ્શિયમનું સંતુલન જાળવવા મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે.

22.2.6 થાયમસ (Thymus)

થાયમસ ગ્રંથિ એ હૃદય અને મહાધમનીની પૃષ્ઠ બાજુએ આવેલી ખંડીય રચના છે. રોગપ્રતિકારક તંત્રના વિકાસમાં થાયમસ મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. આ ગ્રંથિ **થાયમોસિન** તરીકે ઓળખાતા પેપ્ટાઇડ અંતઃસ્રાવનો સ્રાવ કરે છે. થાયમોસિન **T-લસિકા કોષો**ના વિભેદનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે, જે **કોષીય પ્રતિકારકતા** (Cell Mediated Immunity - CMI) પૂરી પાડે છે. વધુમાં, થાયમોસિન ઍન્ટિબૉડીના ઉત્પાદનને પ્રેરી **હકારાત્મક પ્રતિકારકતા** પૂરી પાડે છે. થાયમસ ગ્રંથિ વયોવૃદ્ધ વ્યક્તિઓમાં અવનત પામે છે અને તેના પરિણામે થાયમોસીનના ઉત્પાદનમાં ઘટાડો થાય છે. આના કારણે વૃદ્ધ વ્યક્તિઓમાં પ્રતિકારકતામાં ઘટાડો થાય છે. ક્ષમતા નબળી પડે છે.

22.2.7 એડ્રિનલ ગ્રંથિ (Adrenal Gland)

આપણા શરીરમાં પ્રત્યેક મૂત્રપિંડના અગ્ર ભાગે એક-એક એમ એક જોડ એડ્રિનલ ગ્રંથિઓ આવેલી છે (આકૃતિ 22.4 (a)). આ ગ્રંથિ બે પ્રકારની પેશીઓથી બનેલી છે. કેન્દ્રમાં આવેલી પેશીને **એડ્રિનલ મજ્જક** અને બહારની બાજુએ આવેલ પેશીને **એડ્રિનલ બાહ્યક** કહે છે (આકૃતિ 22.4(b)).



આકૃતિ 22.4 : રેખાંકિત નિરૂપણ (a) મૂત્રપિંડની ઉપર એડ્રિનલ ગ્રંથિ (b) એડ્રિનલ ગ્રંથિના બે ભાગો દર્શાવતો છેદ

એડ્રિનલ મજ્જક **એડ્રીનાલિન** અથવા **એપિનેફ્રિન** અને **નોરએડ્રીનાલિન** અથવા **નોર એપિનેફ્રિન** તરીકે ઓળખાતા બે અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરે છે. આ બંને સામાન્ય રીતે **કેટકોલેમાઈન્સ** તરીકે ઓળખાય છે. એડ્રીનાલિન અને નોર એડ્રીનાલિન ઝડપથી કોઈ પણ પ્રકારની તણાવની સ્થિતિને પહોંચી વળવા તેમજ સંકટ સમયે ઉત્પન્ન થતા સ્રાવ છે. જેને **સંકટ સમયના અંતઃસ્રાવ** અથવા **'લડો યા ભાગો'** પ્રકારના અંતઃસ્રાવો કહે છે. આ અંતઃસ્રાવો ચપળતા, આંખની કીકી પહોળી થવી, રૂંવાટા ઊભા થવા, પરસેવો થવો વગેરેમાં વધારો કરે છે. બંને અંતઃસ્રાવો હૃદયના સ્પંદનમાં, હૃદયમાં સંકોચનની ક્ષમતા અને શ્વસન દરમાં વધારો કરે છે, કેટકોલેમાઈન પણ ગ્લાયકોજનના વિઘટનને પ્રેરી રુધિરમાં ગ્લુકોઝનું પ્રમાણ વધારે છે. વધુમાં, તે લિપિડ અને પ્રોટીનના વિઘટનને પણ ઉત્તેજિત કરે છે.

એડ્રિનલ બાહ્યક **ઝોના રેટીક્યુલેરીસ** (અંદરનું સ્તર), **ઝોના ફેસીક્યુલેટા** (મધ્યસ્તર) અને **ઝોના ગ્લોમેરુલોસા** (બહારનું સ્તર) એમ ત્રણ સ્તરમાં વિભાજિત થઈ શકે છે. એડ્રિનલ બાહ્યક ઘણા અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરે છે. સામાન્ય રીતે તેને **કોર્ટિકોઈડ્સ** કહે છે. જે કોર્ટિકોઇડ્સ કાર્બોહાઇડ્રેટ્સ (કાર્બોદિત)ના ચયાપચય સાથે સંકળાયેલા છે, તેમને ગ્લુકોકોર્ટિકોઇડ્સ કહે છે. આપણા શરીરમાં, કોર્ટિસોલ મુખ્ય ગ્લુકોકોર્ટિકોઇડ્સ છે. જે કોર્ટિકોઇડ્સ આપણા શરીરમાં પાણી અને ઇલેક્ટ્રોલાઇટ્સના સમતોલનનું નિયંત્રણ કરે છે, તેને મિનરેલોકોર્ટિકોઇડ્સ કહે છે. આલ્ડોસ્ટેરોન આપણા શરીરનો મુખ્ય મિનરેલોકોર્ટિકોઇડ્સ છે.

ગ્લુકોકોર્ટિકોઇડ્સ, ગ્લુકોનીયોજીનેસીસ, લીપોલાયસીસ અને પ્રોટીઓલાયસીસને ઉત્તેજે છે. તથા કોષીય ગ્રહણ ક્ષમતા અને એમિનો ઍસિડના વપરાશને અવરોધે છે. કોર્ટિસોલ હૃદ પરિવહન તંત્ર(હૃદય અને રુધિરાભિસરણ તંત્ર)ની જાળવણી ઉપરાંત મૂત્રપિંડનાં કાર્યોની જાળવણી પણ કરે છે. ગ્લુકોકોર્ટિકોઇડ્સમાં ખાસ કરીને કોર્ટિસોલ એ ઍન્ટિઇન્ફ્લેમેટરી (પ્રતિદાહક) અસર પ્રેરે છે અને રોગ પ્રતિકારકતાને અવરોધે છે. કોર્ટિસોલ રક્તકણના (RBC) ઉત્પાદનને ઉત્તેજે છે. આલ્ડોસ્ટેરોન

મુખ્યત્વે મૂત્રપિંડ નલિકા પર અસર કરી, Na^+ અને પાણીના પુનઃ શોષણ તેમજ K^+ અને ફૉસ્ફેટ આયનના ઉત્સર્જનને ઉત્તેજે છે. આમ, આલ્ડોસ્ટેરોન ઇલેક્ટ્રૉલાઇટ્સ, દેહ જળ પ્રમાણ (Body fluid volume) આસૃતિ દાબ અને રુધિર દાબને જાળવવામાં મદદ કરે છે. એડ્રિનલ બાહ્યક દ્વારા અલ્પમાત્રામાં એન્ડ્રોજેનીક સ્ટિરોઇડ્સ પણ સ્રાવ પામે છે. જે યૌવનારંભ દરમિયાન શરીર પરના વાળ, પ્યુબિક વાળ અને ચહેરાના વાળ (facial hair)ની વૃદ્ધિમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

એડ્રિનલ બાહ્યક દ્વારા અંતઃસ્રાવોનું ઓછું ઉત્પાદન કાર્બોદિતોના ચયાપચયમાં ફેરફાર પ્રેરે છે જેને કારણે અતિશય નબળાઈ અને થાક લાગે છે. જે **એડિસન્સ રોગ** તરીકે ઓળખાતા રોગ તરફ દોરી જાય છે.

22.2.8 સ્વાદુપિંડ (Pancreas)

સ્વાદુપિંડ સંયુક્ત ગ્રંથિ છે (Composite gland) જે બાહ્ય સ્રાવી અને અંતઃસ્રાવી એમ બંને કાર્યો કરે છે. સ્વાદુપિંડનો અંતઃસ્રાવી ભાગ લેન્ગરહેન્સના કોષપૂંજો (Islets of Langerhans) ધરાવે છે. સામાન્ય માનવીના સ્વાદુપિંડમાં આશરે 1 થી 2 મિલીયન લેન્ગરહેન્સના કોષપુંજો આવેલા છે. જે સ્વાદુપિંડીય પેશીનો ફક્ત 1 થી 2 % ભાગ રોકે છે. લેન્ગરહેન્સના કોષપુંજમાં મુખ્ય બે પ્રકારના કોષો **α-કોષો** અને **β-કોષો** હોય છે. α-કોષો **ગ્લુકાગોન** કહેવાતા અંતઃસ્રાવનો સ્રાવ કરે છે જ્યારે β-કોષો **ઈન્સ્યુલીન** અંતઃસ્રાવનો સ્રાવ કરે છે.

ગ્લુકાગોન પેપ્ટાઇડ અંતઃસ્રાવ છે, જે રુધિરમાં ગ્લુકોઝનું સામાન્ય પ્રમાણ જાળવી રાખવામાં મહત્ત્વની ભૂમિકા ભજવે છે. ગ્લુકાગોન મુખ્યત્વે યકૃત કોષો (Hepatocytes) પર કાર્ય કરે છે અને ગ્લાયકોજીનોલાયસીસને ઉત્તેજીત કરે છે, પરિણામે રુધિરમાં શર્કરાનું પ્રમાણ વધે છે. (**હાઈપર ગ્લાયસેમિયા**). વધુમાં, આ અંતઃસ્રાવ ગ્લુકોનીઓજીનેસિસ પ્રક્રિયાને ઉત્તેજે છે, જે પણ હાઈપર ગ્લાયસેમિયા માટે જવાબદાર છે. ગ્લુકાગોન કોષીય સ્તરે ગ્લુકોઝના ગ્રહણ અને વપરાશમાં ઘટાડો કરે છે. આમ ગ્લુકાગોન **હાઈપરગ્લાયસેમિક અંતઃસ્રાવ** છે.

ઈન્સ્યુલીન પણ પેપ્ટાઇડ અંતઃસ્રાવ છે, જે રુધિરમાં ગ્લુકોઝ સમસ્થિતિ(Homeostasis)ના નિયમનમાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. ઈન્સ્યુલીન મુખ્યત્વે યકૃત કોષો અને મેદપૂર્ણ કોષો (Adipocytes) (મેદપૂર્ણ પેશીના કોષો) ઉપર કાર્ય કરે છે અને ગ્લુકોઝના કોષીય ગ્રહણ અને વપરાશમાં વધારો કરે છે. આના પરિણામે, રુધિરમાંથી યકૃત કોષો અને મેદપૂર્ણ પેશીમાં ગ્લુકોઝનું ઝડપી સ્થાનાંતર થાય છે, જેથી રુધિરમાં ગ્લુકોઝનું પ્રમાણ ઘટે છે (**હાઈપોગ્લાયસેમિયા**). ઈન્સ્યુલીન લક્ષ્ય કોષોમાં ગ્લુકોઝનાં ગ્લાયકોજનમાં પરિવર્તન(**ગ્લાયકોજીનેસિસ**)ને ઉત્તેજિત કરે છે. આમ, ઈન્સ્યુલીન અને ગ્લુકાગોન બંને દ્વારા સંયુક્ત રીતે રુધિરમાં ગ્લુકોઝની સમસ્થિતિ જળવાય છે.

લાંબા સમય સુધીનો હાઈપરગ્લાયસેમીઆ **ડાયાબિટીસ મેલિટસ** નામના જટિલ રોગ તરફ દોરી જાય છે. જે મૂત્ર દ્વારા ગ્લુકોઝના વ્યય સાથે અને કિટોન ઘટકો તરીકે ઓળખાતા નુકશાનકારક સંયોજનોના નિર્માણ સાથે સંકળાયેલ છે. ડાયાબિટિક દર્દીઓને ઈન્સ્યુલીન થેરાપીની સફળતાપૂર્વક સારવાર આપવામાં આવે છે.

22.2.9 શુક્રપિંડ (Testis)

નરમાં એક જોડ શુક્રપિંડ વૃષણ કોથળી(ઉદરની બહાર)માં સ્વતંત્ર રીતે આવેલ હોય છે (આકૃતિ 22.1). શુક્રપિંડ મુખ્ય (પ્રાથમિક) જાતીય અંગ તેમજ અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિ એમ બેવડાં કાર્યો કરે છે. શુક્રપિંડની

રચનામાં **શુક્રઉત્પાદકનલિકાઓ** અને **આધારક (Stromal)** અથવા **આંતરાલીય પેશી** હોય છે. **લેડિંગ-કોષો** અથવા **આંતરાલીય કોષો** જે આંતરનલિકા અવકાશમાં આવેલા હોય છે. જે **એન્ડ્રોજન્સ** કહેવાતા અંતઃસ્રાવોનો સમૂહ ઉત્પન્ન કરે છે, જેમાં **ટેસ્ટેસ્ટેરોન** મુખ્ય છે.

એન્ડ્રોજન્સ નરના સહાયક પ્રજનન અંગો જેવા કે અધિવૃષણનલિકા, શુક્રવાહિની, શુક્રાશય, પ્રોસ્ટેટ ગ્રંથિ, મૂત્રજનન માર્ગ વગેરેનો વિકાસ, પરિપક્વતા અને કાર્યોનું નિયમન કરે છે. આ અંતઃસ્રાવો સ્નાયુલ વૃદ્ધિ, ચહેરા અને શરીર પર વાળની વૃદ્ધિ, આક્રમકતા અને ઘેરો અવાજ (Low Pitch of Voice) વગેરેને ઉત્તેજે છે. એન્ડ્રોજન, શુક્રકોષજનન(પ્રશુક્રકોષનું નિર્માણ)ની પ્રક્રિયાને ઉત્તેજવામાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. એન્ડ્રોજન મધ્યસ્થ ચેતાતંત્ર ઉપર અસર કરે છે અને નર જાતીય વર્તણૂક (Libido) ઉપર પ્રભાવ પાડે છે. આ અંતઃસ્રાવો પ્રોટીન અને કાર્બોદિતના ચયાપચય પર ચય (Anabolic = Synthetic = સંશ્લેષણાત્મક) અસરો ઉત્પન્ન કરે છે.

22.2.10 અંડપિંડ (Ovary)

સ્ત્રીઓ ઉદરમાં અંડપિંડની એક જોડ ધરાવે છે (આકૃતિ 22.1). માદામાં અંડપિંડ એ મુખ્ય જાતીય અંગ છે. જે દરેક ઋતુચક્ર દરમિયાન એક અંડકોષ ઉત્પન્ન કરે છે. વધુમાં, અંડપિંડ બે સ્ટેરૉઇડ સમૂહના અંતઃસ્રાવો **ઈસ્ટ્રોજન** અને **પ્રોજેસ્ટેરોન** ઉત્પન્ન કરે છે. અંડપિંડ એ અંડપુટિકાઓ અને આધાર પેશીઓનું બનેલ છે. વિકાસ પામતી અંડપુટિકાઓ મુખ્યત્વે ઈસ્ટ્રોજનનું સંશ્લેષણ અને સ્રાવ કરે છે. અંડપાત બાદ તૂટેલ પુટિકા જે રચનામાં રૂપાંતરિત થાય છે, તેને **કોર્પસ લ્યુટિયમ** કહે છે. જે મુખ્યત્વે **પ્રોજેસ્ટેરોન**નો સ્રાવ કરે છે.

ઈસ્ટ્રોજન, વૃદ્ધિને ઉત્તેજે છે તેમજ માદા ગૌણ (દ્વિતીય) જાતીય અંગોનાં કાર્યો, વિકાસ પામતી અંડપુટિકાઓનો વિકાસ, માદા ગૌણ જાતીય લક્ષણોનો દેખાવ (ઉદા., તીણો અવાજ (High Pitch of Voice) વગેરે.) સ્તન ગ્રંથિનો વિકાસ વગેરે જેવા વિશિષ્ટ કાર્યો કરે છે. ઈસ્ટ્રોજન માદા જાતીય વર્તણૂકનું પણ નિયમન કરે છે.

પ્રોજેસ્ટેરોન ગર્ભધારણમાં મદદ કરે છે. પ્રોજેસ્ટેરોન સ્તન ગ્રંથિઓ ઉપર પણ અસર કરે છે અને કોષ્ઠ (પુટિકા) (Alveoli) (કોષ્ઠ જેવી રચના કે જે દૂધનો સંગ્રહ કરે છે)ના નિર્માણને ઉત્તેજિત કરે છે અને દૂધનો સ્રાવ કરાવે છે.

22.3 હૃદય, મૂત્રપિંડ અને જઠરઆંત્રીય માર્ગના અંતઃસ્રાવો (Hormones of Heart, Kidney and Gastrointestinal Tract)

હવે તમે અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ અને તેમના અંતઃસ્રાવો વિશે જાણો છો. જો કે આગળ જણાવ્યા પ્રમાણે, અંતઃસ્રાવો અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ ન હોય તેવી કેટલીક પેશીઓ દ્વારા પણ સ્રવે છે. ઉદાહરણ તરીકે આપણા હૃદયના કર્ણકની દીવાલ ખૂબ જ અગત્યના પેપ્ટાઇડ અંતઃસ્રાવ જેને **એટ્રિયલ નેટ્રિયુરેટિક ફેક્ટર (ANF)** કહે છે. તેનો સ્રાવ કરે છે, જે રુધિરના દબાણને ઘટાડે છે. જ્યારે રુધિરનું દબાણ વધે ત્યારે ANFનો સ્રાવ થાય છે. જે રુધિરવાહિનીઓને પહોળી કરે છે. આ રુધિર દબાણને ઘટાડે છે.

મૂત્રપિંડના જકસ્ટા ગ્લોમરુલ કોષો પેપ્ટાઇડ અંતઃસ્રાવ **ઈરીથ્રોપોએટિન (Erythropoietin)** ઉત્પન્ન કરે છે. જે રક્તકણના નિર્માણને ઉત્તેજે છે (Erythropoiesis).

જઠર-આંત્રીય માર્ગના વિવિધ ભાગોમાં આવેલા અંતઃસ્રાવી કોષો ચાર મુખ્ય પેપ્ટાઇડ અંતઃસ્રાવો જેવા કે **ગેસ્ટ્રિન, સિક્રિટીન, કોલિસીસ્ટોકાઈનીન (CCK)** અને **ગેસ્ટ્રિક ઈન્હીબીટરી પેપ્ટાઇડ(GIP)**નો સ્રાવ કરે છે. ગેસ્ટ્રીન જઠર ગ્રંથિઓ ઉપર અસર કરે છે અને હાઈડ્રોક્લોરીક ઍસિડ અને પેપ્સીનોજનના સ્રાવને ઉત્તેજે છે. સિક્રીટીન બાહ્યસ્રાવી સ્વાદુપિંડ પર અસર કરે છે અને પાણી અને બાયકાર્બોનેટ આયનોના સ્રાવને ઉત્તેજે છે. CCK સ્વાદુપિંડ અને પિત્તાશય બંને ઉપર અસર કરે છે અને અનુક્રમે સ્વાદુ ઉત્સેચકો અને પિત્તરસના સ્રાવને ઉત્તેજે છે. GIP જઠરરસના સ્રાવ અને ગતિશીલતાને અવરોધે છે. બીજી ઘણી બિન અંતઃસ્રાવી પેશીઓ અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરે છે, જેને **વૃદ્ધિકારકો** કહે છે. આ કારકો પેશીઓની સામાન્ય વૃદ્ધિ અને તેમના સમારકામ / પુનઃસર્જન માટે આવશ્યક છે.

22.4 અંતઃસ્રાવોની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Hormone Action)

અંતઃસ્રાવ તેમના લક્ષ્યકોષ સાથે જે પ્રોટીન સાથે જોડાય છે તે **અંતઃસ્રાવ રિસેપ્ટર** તરીકે ઓળખાય છે. જે ફક્ત લક્ષ્ય પેશીઓમાં જ હોય છે. અંતઃસ્રાવ રિસેપ્ટર લક્ષ્યકોષનાં કોષપટલમાં મળે છે. જેને મેમ્બ્રેન બાઉન્ડ રિસેપ્ટરસ કહે છે. જે રિસેપ્ટર લક્ષ્યકોષની અંદર મળી આવે છે. તેને કોષાંતરીય રિસેપ્ટર કહે છે. મુખ્યત્વ તે કોષકેન્દ્રીય રિસેપ્ટર (કોષકેન્દ્રમાં હોય છે). અંતઃસ્રાવ તેના રિસેપ્ટર સાથે જોડાણને પરિણામે **અંતઃસ્રાવ રિસેપ્ટર્સ સંકુલ**ની રચના થાય છે (આકૃતિ 22.5(a), (b)). દરેક અંતઃસ્રાવ માટે ફક્ત એક જ ચોક્કસ રિસેપ્ટર હોય છે. આથી રિસેપ્ટર વિશિષ્ટ છે. અંતઃસ્રાવ રિસેપ્ટર સંકુલની રચના થતા લક્ષ્યપેશીમાં ચોક્કસ જૈવરાસાયણિક ફેરફારો થાય છે. લક્ષ્યપેશીઓના ચયાપચય અને તેની દેહધાર્મિક કાર્યોનું નિયંત્રણ અંતઃસ્રાવ દ્વારા થાય છે. રાસાયણિક પ્રકૃતિને આધારે અંતઃસ્રાવોને નીચેના જૂથોમાં વિભાજિત કરવામાં આવે છે.

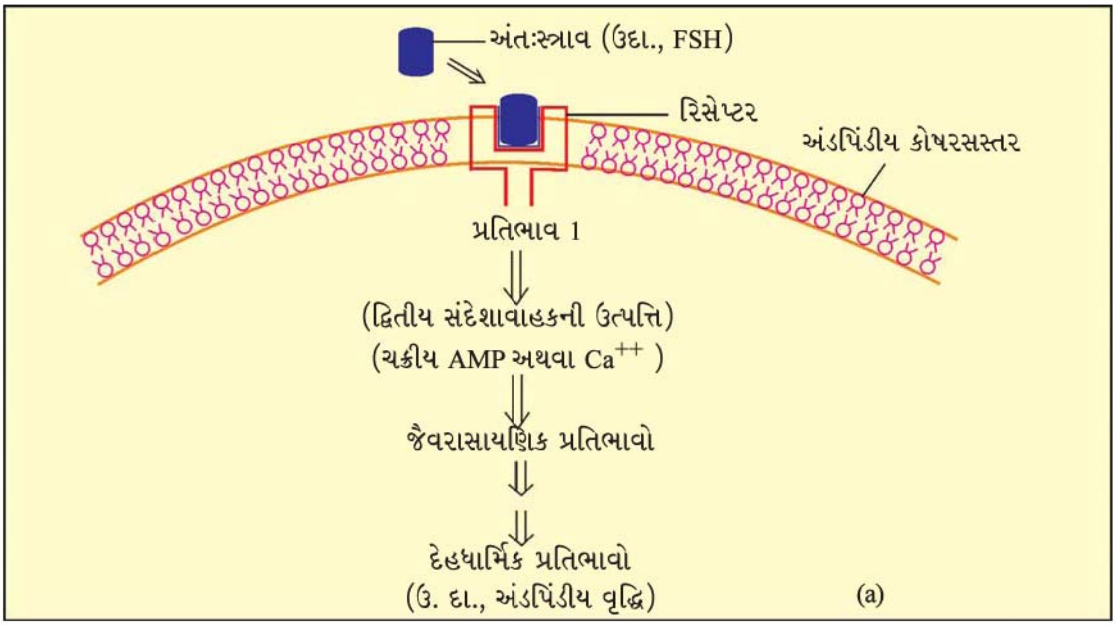
(i) **પેપ્ટાઇડ, પોલિપેપ્ટાઇડ, પ્રોટીન અંતઃસ્રાવો** (દા. ત., ઈન્સ્યુલીન, ગ્લુકેગોન, પિટ્યુટરી અંતઃસ્રાવો, હાઈપોથેલેમિક અંતઃસ્રાવો વગેરે.)

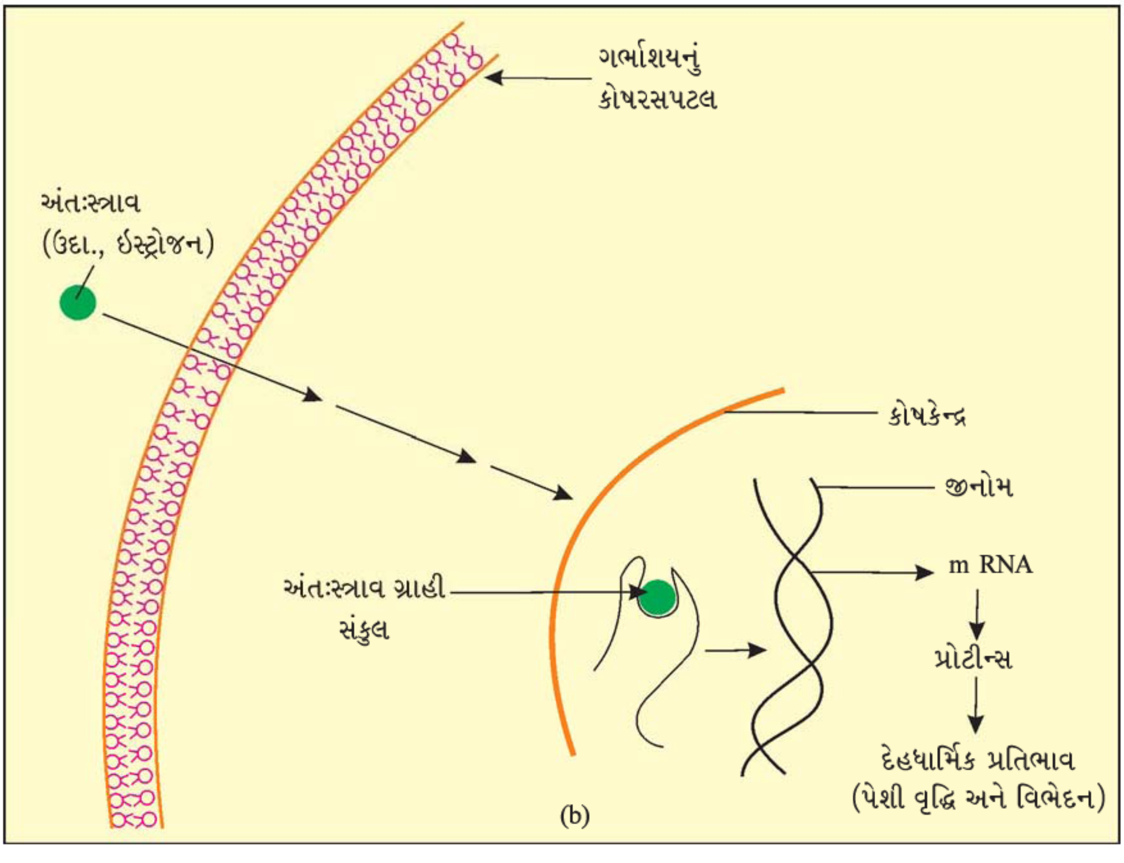
(ii) **સ્ટિરૉઇડ્સ** (દા. ત., કોર્ટિસોલ, ટેસ્ટોસ્ટેરોન, ઈસ્ટ્રાડાઓલ (Estradiol) અને પ્રોજેસ્ટેરોન)

(iii) **આયોડોથાઈરોનીન્સ** (થાઈરૉઈડ અંતઃસ્રાવો)

(iv) **એમિનો ઍસિડ વ્યુત્પનો** (દા. ત., એપીનેફ્રિન)

સામાન્ય રીતે જ્યારે અંતઃસ્રાવો, કલા-જોડાણ ગ્રાહીઓ (membrane bound receptors) સાથેની પારસ્પરિક અસર જોવા મળે છે. ત્યારે તે લક્ષ્યાંક કોષોમાં દાખલ થતો નથી. પરંતુ તે દ્વિતીય સંદેશાવાહકો ઉત્પન્ન કરે છે. (દા. ત., ચક્રિય AMP = c-AMP, IP_3 - આયનોસીટોલ ટ્રાયફૉસ્ફેટ, Ca^{++}) વગેરે. જે ત્યારબાદ કોષીય ચયાપચયનું નિયંત્રણ કરે છે (આકૃતિ 22.5(a)). અંતઃસ્રાવો જે કોષાન્તરીય રિસેપ્ટર સાથે પારસ્પરિક ક્રિયાઓ કરે છે (દા. ત., સ્ટિરૉઇડ અંતઃસ્રાવો, આયોડોથાયરોનીન વગેરે.) મુખ્યત્વે તે જનીનની અભિવ્યક્તિનું નિયંત્રણ કરે છે અથવા આવા અંતઃસ્રાવ રિસેપ્ટર સંકુલ જીનોમ (જનીન સંકુલ) સાથે આંતરક્રિયા કરી રંગસૂત્રોનાં કાર્યો દર્શાવે છે. ઉત્તરોત્તર જૈવરાસાયણિક ક્રિયાઓને પરિણામે દેહધાર્મિક ક્રિયાઓ અને વિકાસને અસર થાય છે (આકૃતિ 22.5(b)).





આકૃતિ 22.5 : અંતઃસ્રાવી ક્રિયાવિધિ દર્શાવતી રેખાકૃતિ (a) પ્રોટીન અંતઃસ્રાવ (b) સ્ટેરોઇડ અંતઃસ્રાવ

સારાંશ

કેટલાક વિશેષ પ્રકારના રસાયણો, અંતઃસ્રાવોની જેમ કાર્ય કરી મનુષ્ય શરીરમાં રાસાયણિક સહનિયમન, સંકલન અને નિયમન પ્રદાન કરે છે. આ અંતઃસ્રાવો ચયાપચય, વૃદ્ધિ અને વિકાસનું આપણા અંગો, અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓ અને કેટલાક કોષોમાં નિયમન કરે છે. અંતઃસ્રાવી તંત્ર એ હાયપોથેલેમસ, પિટ્યુટરી અને પિનીયલ, થાઇરૉઈડ, એડ્રિનલ, સ્વાદુપિંડ, પેરાથાઇરૉઈડ, થાયમસ અને જનનપિંડો(શુક્રપિંડ અને અંડપિંડ)નું બનેલ છે. આ ઉપરાંત કેટલાક અન્ય અંગો જેવા કે જઠર-આંત્રીય માર્ગ, મૂત્રપિંડ, હૃદય વગેરે પણ અંતઃસ્રાવો ઉત્પન્ન કરે છે. પિટ્યુટરી ગ્રંથિ ત્રણ મુખ્ય ભાગોમાં વિભાજીત છે. જેમને દૂરસ્થભાગ, મધ્યસ્થખંડ અને ચેતાંશ (Nervosa). દૂરસ્થ ભાગ છ (6) ટ્રોફિક પ્રકારનાં (Trophic) અંતઃસ્રાવો ઉત્પન્ન કરે છે. મધ્યભાગ ફક્ત એક જ અંતઃસ્રાવનો સ્રાવ કરે છે. જ્યારે ચેતાંશ (ન્યુરોહાઇપોફાયસીસ) બે (2) અંતઃસ્રાવોનો સ્રાવ કરે છે. પિટ્યુટરી અંતઃસ્રાવો દૈહિક પેશીઓની વૃદ્ધિ અને વિકાસનું અને પરિઘવર્તી રીતે આવેલ અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓનું નિયમન કરે છે. પિનીયલ ગ્રંથિ મેલેટોનીનનો સ્રાવ કરે છે. જે આપણા શરીરમાં 24-કલાક (Diurnal)ની લયબદ્ધતાના નિયમનમાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે. (ઉદા., ઊંઘવાની અને જાગવાની, શરીરના તાપમાન વગેરેની લયબદ્ધતા). થાઇરૉઈડ ગ્રંથિના અંતઃસ્રાવો બેઝલ મેટાબોલિક રેટ (BMR), વિકાસ અને મધ્યસ્થ ચેતાતંત્રની પરિપક્વતા, ઇરીથ્રોપોએસીસ, કાર્બોદીતો, પ્રોટીન અને ચરબીનું ચયાપચય, માસિકચક્રના નિયમનમાં અગત્યનો ભાગ ભજવે છે અને થાઇરૉઈડ અંતઃસ્રાવો જેવા કે થાયરોકેલ્સિટોનીન આપણા રુધિરમાં કૅલ્શિયમના સ્તરનું નિયમન તેમાં ઘટાડા દ્વારા કરે છે. પેરાથાઇરૉઈડ ગ્રંથિઓ પેરાથાઇરૉઈડ અંતઃસ્રાવ(PTH)નો સ્રાવ કરે છે. જે રુધિરના Ca^{++} સ્તરમાં વધારો કરે છે અને કૅલ્શિયમની સમસ્થિતિ જાળવવામાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. થાયમસ ગ્રંથિ થાયમોસિનનો સ્રાવ કરે છે. જે T-લસિકાકોષોના ભિન્નનમાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. જે કોષીય પ્રતિકારકતા (Cell-mediated immunity) પૂરી પાડે છે. આ ઉપરાંત થાયમોસિન અંતઃસ્રાવી હકારાત્મક પ્રતિકારકતા પૂરી પાડવા ઍન્ટિબૉડીના નિર્માણને પણ વધારે છે. એડ્રિનલ ગ્રંથિ મધ્યમાં સ્થિત એડ્રિનલ મજ્જક અને બહાર એડ્રિનલ બાહ્યકથી બનેલ છે. એડ્રિનલ મજ્જક એપિનેફ્રિન અને નોર એપીનેફ્રિનનો સ્રાવ કરે છે. આ અંતઃસ્રાવો સતર્કતા, કનીનિકાનો ફેલાવો, રૂવાટા ઉભા થવા (Piloerection), પરસેવો, હૃદયના સ્પંદન, હૃદસંકોચન ક્ષમતા, શ્વસનદર, ગ્લાયકોજીનોલાયસીસ, લાયપોલાયસીસ, પ્રોટિયોલાયસીસમાં વધારો કરે છે. એડ્રિનલ બાહ્યક ગ્લુકોકોર્ટિકોઇડ અને મિનરેલોકોર્ટિકોઇડનો સ્રાવ કરે છે. ગ્લુકોકોર્ટિકોઇડ ગ્લાયકોનિઓજીનેસીસ, લાયપોલીસીસ, પ્રોટીયોલાયસીસ, ઇરીથ્રોપોએસીસ, રુધિરાભિસરણ તંત્ર, રુધિર દબાણ અને રુધિરકેશિકાગુચ્છ ગાળણ દરને ઉત્તેજિત કરે છે અને રોગપ્રતિકારકતાને દાહક ક્રિયાઓના અવરોધો દ્વારા દબાવે છે. મિનરેલોકોર્ટિકોઇડ પાણી અને ઇલેક્ટ્રૉલાઇટનું આપણા શરીરમાં નિયમન કરે છે. અંતઃસ્રાવી સ્વાદુપિંડ ગ્લુકાગોન અને ઇન્સ્યુલીનનો સ્રાવ કરે છે. ગ્લુકાગોન ગ્લાયકોજીનોલાયસીસ અને ગ્લુકોનિઓજિનેસીસને ઉત્તેજે છે, જે હાઇપરગ્લાયસેમિયામાં પરિણમે છે. ઇન્સ્યુલીન કોષીયગ્લુકોઝનું ગ્રહણ અને વપરાશને ઉત્તેજે છે અને ગ્લાયકોજીનેસીસ, હાયપોગ્લાયસેમિયામાં પરિણમે છે. ઇન્સ્યુલીનની ઊણપ અને / અથવા ઇન્સ્યુલીન પ્રતિકારકતા ડાયાબિટીઝ મેલીટ્સ તરીકે ઓળખાતા રોગમાં પરિણમે છે.

શુક્રપિંડ એન્ડ્રોજન્સનો સ્રાવ કરે છે. જે સહાયક નર જાતીય અંગોનો વિકાસ, પરિપક્વતા અને કાર્યો, નરગૌણ જાતીય લક્ષણોનો દેખાવ, શુક્રકોષજનન, નરજાતીય વર્તણૂક, અપચય માર્ગ અને ઇરીથ્રોપોએસીસને ઉત્તેજિત કરે છે. અંડપિંડ ઇસ્ટ્રોજન અને પ્રોજેસ્ટેરોનનો સ્રાવ કરે છે. ઇસ્ટ્રોજન વૃદ્ધિ અને માદાસહાયક જાતીય અંગોનો વિકાસ અને ગૌણજાતીય લક્ષણોને ઉત્તેજિત કરે છે. પ્રોજેસ્ટેરોન ગર્ભધારણ ઉપરાંત સ્તન ગ્રંથિનો વિકાસ અને દૂધ સ્રવણની

જાળવણીમાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે. હૃદયના કર્ણકની દીવાલ એટ્રિયલ નેટ્રીયુરેટીક ફેક્ટર (ANF) ઉત્પન્ન કરે છે. જે રુધિરના દબાણને ઘટાડે છે. મૂત્રપિંડ ઇરિથ્રોપોયેટીન ઉત્પન્ન કરે છે. જે ઇરિથ્રોપોએસીસને ઉત્તેજે છે. જઠર આંત્રિય માર્ગ ગેસ્ટ્રિન, સિક્રીટીન, કોલીસીસ્ટોકાઇનીન અને ગેસ્ટ્રિક-ઇન્હીબીટરી પેપ્ટાઇડ(GIP)નો સ્રાવ કરે છે. આ અંતઃસ્રાવો પાચકરસોના સ્રાવનું નિયમન અને પાચનમાં મદદ કરે છે.

સ્વાધ્યાય

1. નીચેનાને વ્યાખ્યાયિત કરો :
   (a) બાહ્યસ્રાવી ગ્રંથિ
   (b) અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિ
   (c) અંતઃસ્રાવ
2. આપણા શરીરની વિવિધ અંતઃસ્રાવી ગ્રંથિઓના સ્થાનને રેખાકૃતિ (આકૃતિ) દ્વારા નિર્દેશિત કરો.
3. નીચેના દ્વારા સ્રવતા અંતઃસ્રાવોની યાદી તૈયાર કરો :
   (a) હાયપોથેલેમસ (b) પિટ્યુટરી (c) થાઇરૉઈડ
   (d) પેરાથાઇરૉઈડ (e) એડ્રિનલ (f) સ્વાદુપિંડ
   (g) શુક્રપિંડ (h) અંડપિંડ (i) થાયમસ
   (j) કર્ણક (k) મૂત્રપિંડ (l) જઠર આંત્રીય (G-I) માર્ગ
4. ખાલી જગ્યા પૂરો :

અંતઃસ્રાવો	લક્ષ્ય ગ્રંથિ
(a) હાયપોથેલેમિક અંતઃસ્રાવો	____________
(b) થાયરોટ્રોફીન (TSH)	____________
(c) કોર્ટિકોટ્રોફીન (ACTH)	____________
(d) ગોનેડ્રોટ્રોફીન (LH, FSH)	____________
(e) મેલેનોટ્રોફીન (MSH)	____________

5. નીચેના અંતઃસ્રાવોનાં કાર્યો ઉપર ટૂંક નોંધ લખો :
   (a) પેરાથાઇરૉઈડ અંતઃસ્રાવ (PTH) (b) થાઇરૉઈડ અંતઃસ્રાવો
   (c) થાયમોસિન્સ (d) એન્ડ્રોજન્સ
   (e) ઇસ્ટ્રોજન (f) ઇન્સ્યુલીન અને ગ્લુકાગોન
6. એક અથવા વધુ ઉદાહરણો આપો :
   (a) હાઇપર ગ્લાયસેમિક અંતઃસ્રાવ અને હાઇપોગ્લાયસેમીક અંતઃસ્રાવ
   (b) હાઇપરકેલ્સેમિક અંતઃસ્રાવ
   (c) ગોનેડ્રોટ્રોફીક અંતઃસ્રાવ
   (d) પ્રોજેસ્ટેશનલ અંતઃસ્રાવ (Progestational Hormome)
   (e) રુધિર દબાણને નીચું લાવતો અંતઃસ્રાવ
   (f) એન્ડ્રોજન્સ અને ઇસ્ટ્રોજન્સ

7. નીચેના માટે કયા અંતઃસ્રાવની ઊણપ જવાબદાર છે ?

(a) ડાયાબિટીસ મેલીટસ (b) ગોઇટર (c) ક્રિટીનીઝમ

8. FSHના કાર્યની ક્રિયાવિધિને ટૂંકમાં જણાવો.

9. નીચેનાને જોડો :

કૉલમ-I	કૉલમ-II
(a) T_4	(i) હાયપોથેલેમસ
(b) PTH	(ii) થાઇરોઇડ
(c) GnRH	(iii) પિટ્યુટરી
(d) LH	(iv) પેરાથાઇરોઇડ