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 ઑક્સિજનની જરૂરિયાત હોય છે. **જારક શ્વસન** તે એવી પ્રક્રિયા છે જેના દ્વારા કાર્બનિક પદાર્થોનું ઑક્સિજનની હાજરીમાં સંપૂર્ણ ઑક્સિડેશન થાય છે અને તેના પછી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, 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).

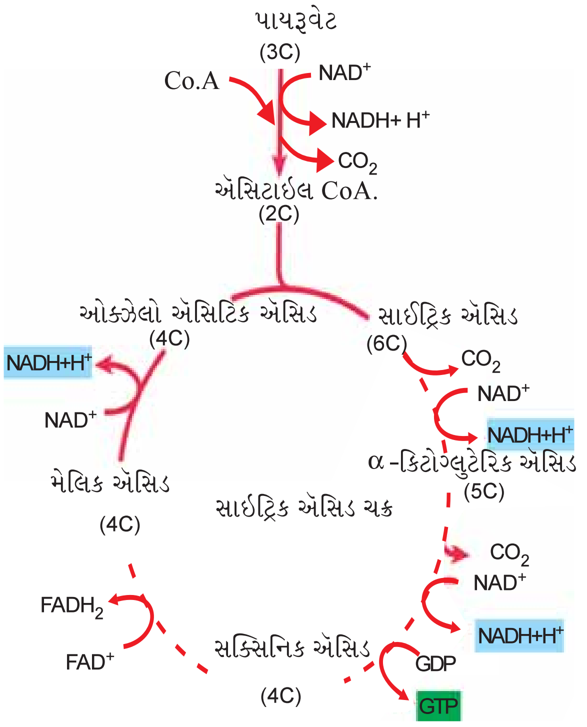
$$\text{પાયરૂવિક ઍસિડ} + \text{Co.A} + NAD^+ \xrightarrow[\text{પાયરૂવેટ ડિહાઇડ્રોજીનેઝ}]{Mg^{+2}} \text{ઍસિટાઇલ CoA} + CO_2 + NADH + H^+$$

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.)

ઍસિટાઇલ 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 ઓક્ઝેલો 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 આઇસો 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 :

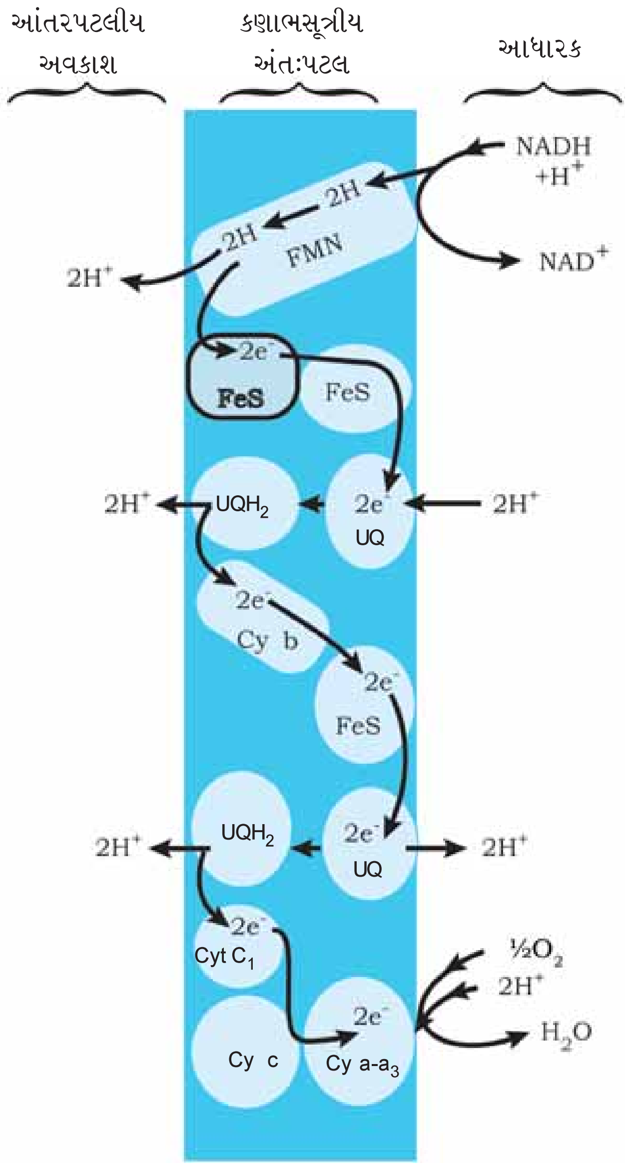
$$\text{પાયરૂવિક ઍસિડ} + 4NAD^+ + FAD^+ + 2H_2O + ADP + P_i \xrightarrow{\text{કણાભસૂત્રના મેટ્રિક્સ (આધારક દ્રવ્ય)}} 3CO_2 + 4NADH + 4H^+ + FADH_2 + ATP$$

અત્યાર સુધી આપણે જોઈ ચૂક્યા છીએ કે ગ્લુકોઝનું વિઘટન થવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (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 ઑક્સિજનના 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 ઑક્સિજનની 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]

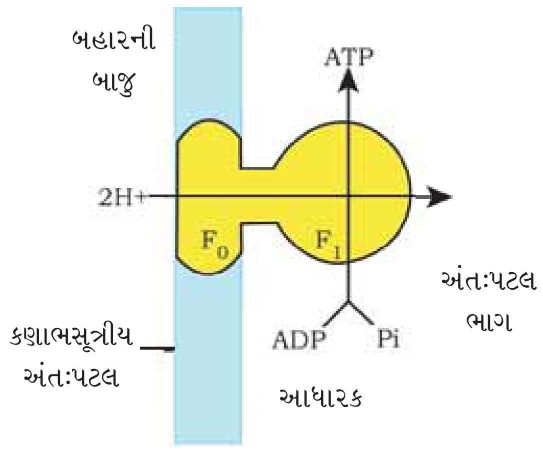
શ્વસન પ્રક્રિયાના હવેના તબક્કામાં $NADH^+$ H^+ અને $FADH_2$માં સંચય પામેલી ઊર્જા મુક્ત થાય તેમજ ઉપયોગમાં લેવાય છે. આ ત્યારે પ્રાપ્ત થાય છે જ્યારે તેઓનું ઑક્સિડેશન ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર દ્વારા થાય છે અને પાણીના નિર્માણ માટે ઇલેક્ટ્રૉન (વીજાણુ) O_2ને પ્રાપ્ત થાય છે. ચયાપચય પરિપથ જેના દ્વારા ઇલેક્ટ્રૉન 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 ફોસ્ફૉરાયલેશન 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 ઈલેક્ટ્રૉન 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 પરિધીય 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. ઈલેક્ટ્રૉન 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 ઓક્સિડાઈઝ્ડ 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.

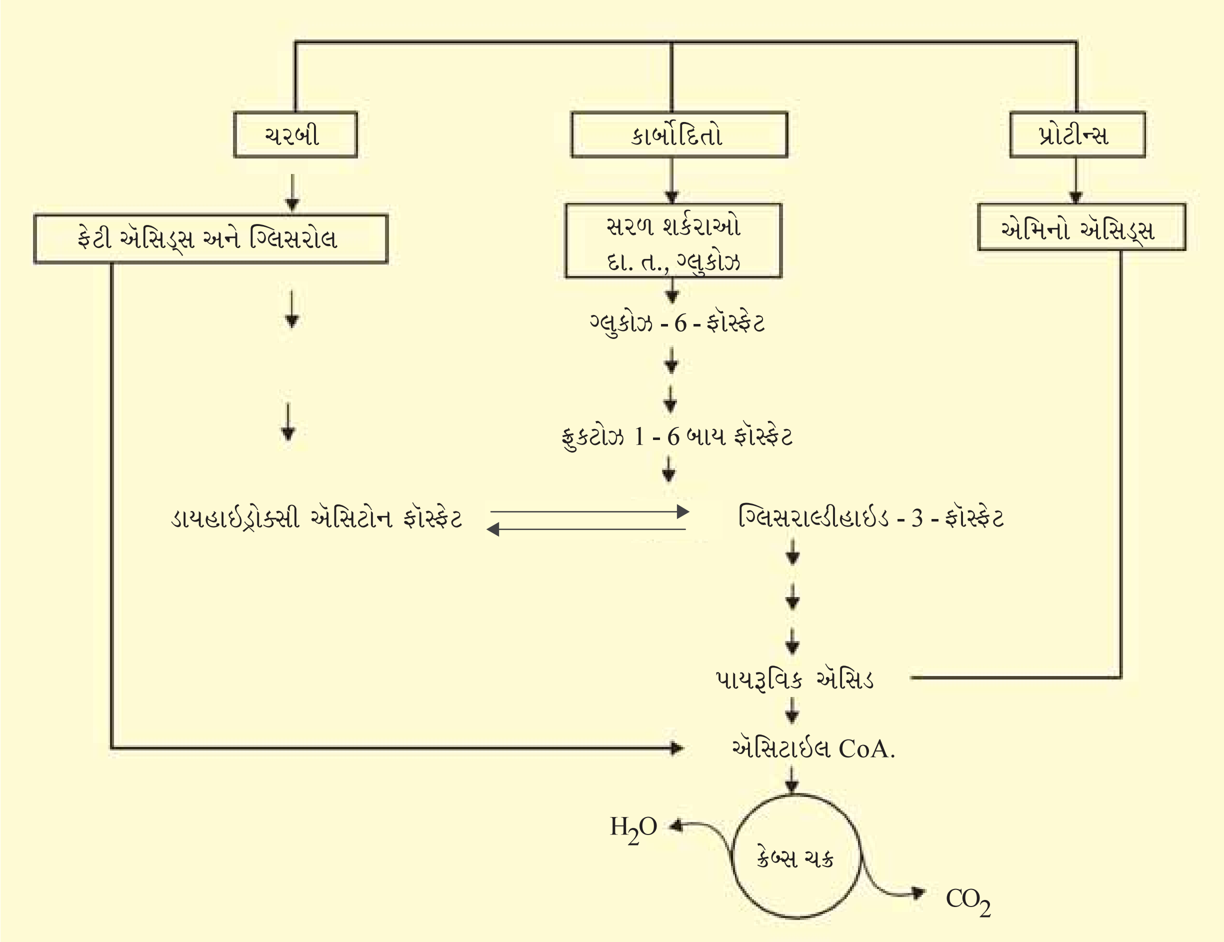
હવે આપણે આથવણ અને જારક શ્વસનની તુલના કરીએ.

- આથવણમાં ગ્લુકોઝનું આંશિક વિઘટન થાય છે જો કે જારક શ્વસનમાં પૂર્ણ વિઘટન થાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ તેમજ પાણી 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 ઑક્સિડેશન મંદ પ્રક્રિયા થાય છે, જ્યારે જારક શ્વસનમાં આ પ્રક્રિયા તીવ્ર ગતિથી થાય છે.

14.6 ઉભયધર્મી 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** (**ઉભયધર્મી 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 ઍસિટાઈલ CoAમાં રૂપાંતરણ થાય છે, તેની સાથે CO_2 મુક્ત કરે છે. ત્યારબાદ ઍસિટાઈલ 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 ઈલેક્ટ્રૉન વાહકોના તંત્ર દ્વારા થાય છે. જેને ઈલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર કહે છે, અને આ પ્રક્રિયા ઑક્સિડેટિવ ફૉસ્ફોરાયલેશન કહે છે, આ પ્રક્રિયાને અંતે અંતિમ ઈલેક્ટ્રૉન 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)

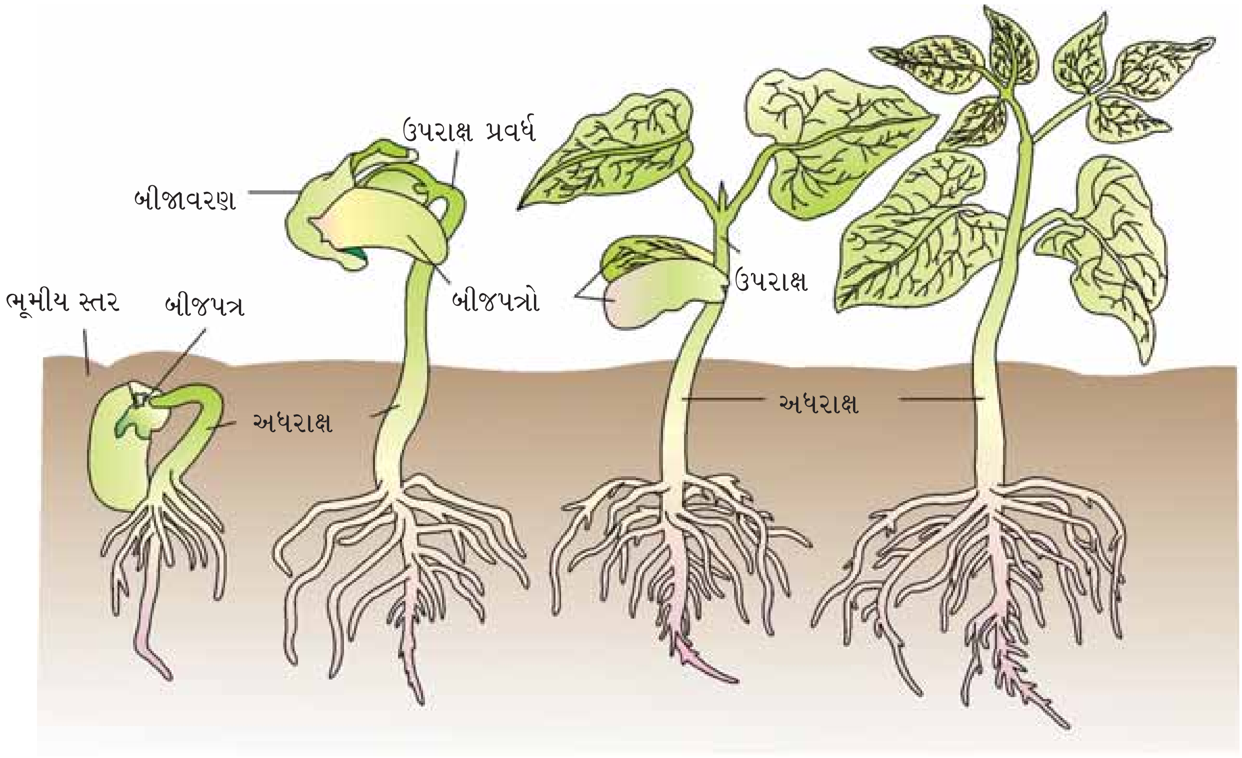
15.1 વૃદ્ધિ
15.2 વિભેદન, નિર્વિભેદન અને પુર્નવિભેદન
15.3 વિકાસ
15.4 વનસ્પતિ વૃદ્ધિ નિયામકો
15.5 પ્રકાશાવધિકાળ
15.6 વાસંતીકરણ
15.7 બીજ સુષુપ્તતા

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

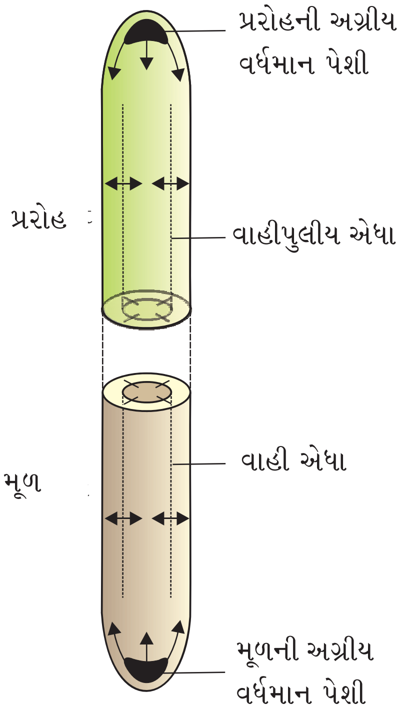
કર્યો છે. તમે જાણો છો કે તેઓ (અગ્રીય, વર્ધનશીલ પેશીઓ) આ વનસ્પતિની પ્રાથમિક વૃદ્ધિ માટે જવાબદાર હોય છે અને મુખ્યત્વે તેઓ વનસ્પતિઓને તેમની અક્ષની આયામ વૃદ્ધિમાં સહભાગી બને છે. તમે એ પણ જાણતા હશો કે દ્વિદળી અને અનાવૃત્ત બીજધારી વનસ્પતિઓમાં પાર્શ્વીય વર્ધનશીલ, પુલીય એધા (વાહિએધા) અને ત્વક્ષૈધા તેમના જીવનમાં 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)

15.1.2 વૃદ્ધિનું માપન (Growth is Measurable)

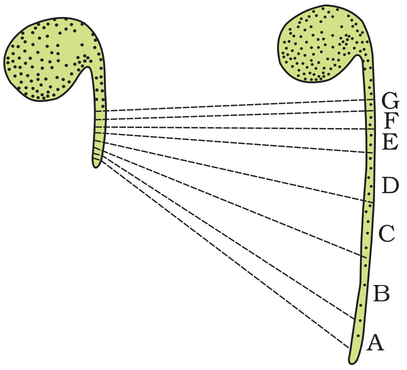
કોષીય સ્તરે વૃદ્ધિ, સૈદ્ધાંતિક રીતે કોષરસની માત્રામાં થતા વધારાનું પરિણામ છે. જો કે વૃદ્ધિનું સીધું માપન મુશ્કેલ છે. સામાન્ય રીતે તે જથ્થામાં થતા વધારા કે ઘટાડા આધારે મપાય છે. જેથી વૃદ્ધિને વિવિધ માપદંડો દ્વારા માપી શકાય છે. કેટલાક માપદંડો જેવા કે સામાન્ય વજન (Fresh weight)માં થતો વધારો, શુષ્ક વજન, ક્ષેત્રફળ, 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 15.2 : મૂળની અગ્રસ્થ વર્ધમાન પેશી, પ્રરોહની અગ્રસ્થ વર્ધમાન પેશી અને પુલીય વાહિ એધાના સ્થાનનું રેખાંકિત નિરૂપણ. તીર કોષ અને અંગની વૃદ્ધિની દિશાને દર્શાવે છે.

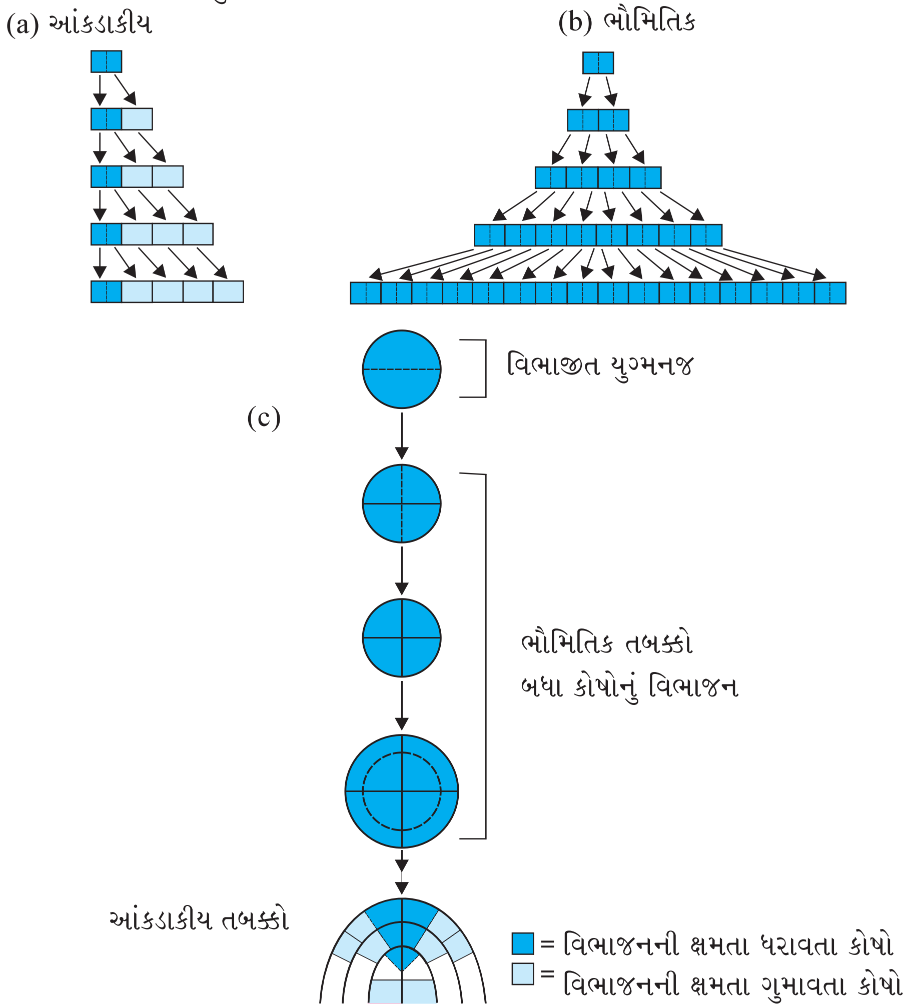


આકૃતિ 15.3 : વિસ્તરણ પ્રદેશોની ઓળખ સમાનાંતર રેખાઓની તક્નિક દ્વારા સમજાય છે. ક્ષેત્ર/પ્રદેશો A, B, C, D જે અગ્ર ભાગોની પછીના છે. તે સૌથી વધુ બધામાં વિસ્તરણ પામે છે.

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

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 :

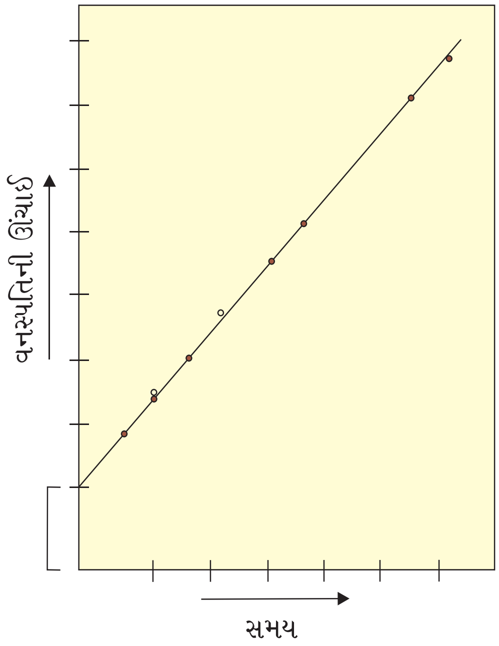
$W_1 = W_o e^{rt}$

W_1 = અંતિમ કદ (વજન, ઊંચાઈ, સંખ્યા વગેરે)

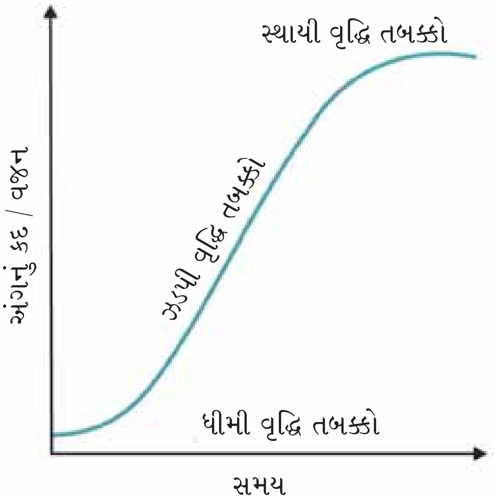
W_o = પ્રારંભિક કદ (શરૂઆતના સમયે)

r = વૃદ્ધિ દર, t = વૃદ્ધિ સમય, e = પ્રાકૃતિક લઘુગુણકનો આધાર.

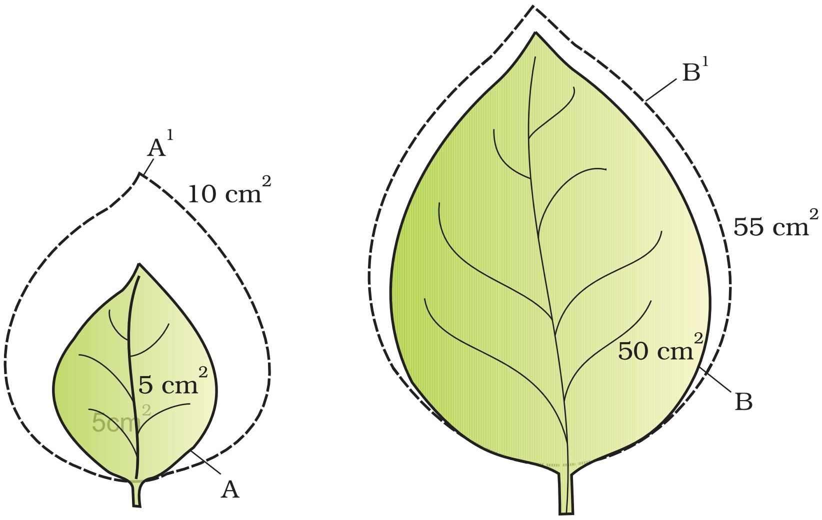
અહીંયા r = એક સાપેક્ષ વૃદ્ધિ દર છે વનસ્પતિની ક્ષમતાનું માપન પણ છે કે જેના દ્વારા નવા વનસ્પતિ દ્રવ્યો ઉત્પન્ન થાય અને જેને એક કાર્યક્ષમતાના સૂચક આંકના સ્વરૂપે ઉલ્લેખી શકાય છે. આમ, W_1નું અંતિમ કદ, W_oના પ્રારંભિક કદ પર આધારિત છે.



આકૃતિ 15.5 : અચળ રેખીય વૃદ્ધિ, લંબાઈ → સમયનો આલેખ



આકૃતિ 15.6 : સંવર્ધન માધ્યમમાં કોષો અને ઘણી ઉચ્ચ વનસ્પતિઓ તેમજ વનસ્પતિના અંગોનો આદર્શ વૃદ્ધિ વક્ર (S-આકાર-સિગ્મોઇડ)



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)

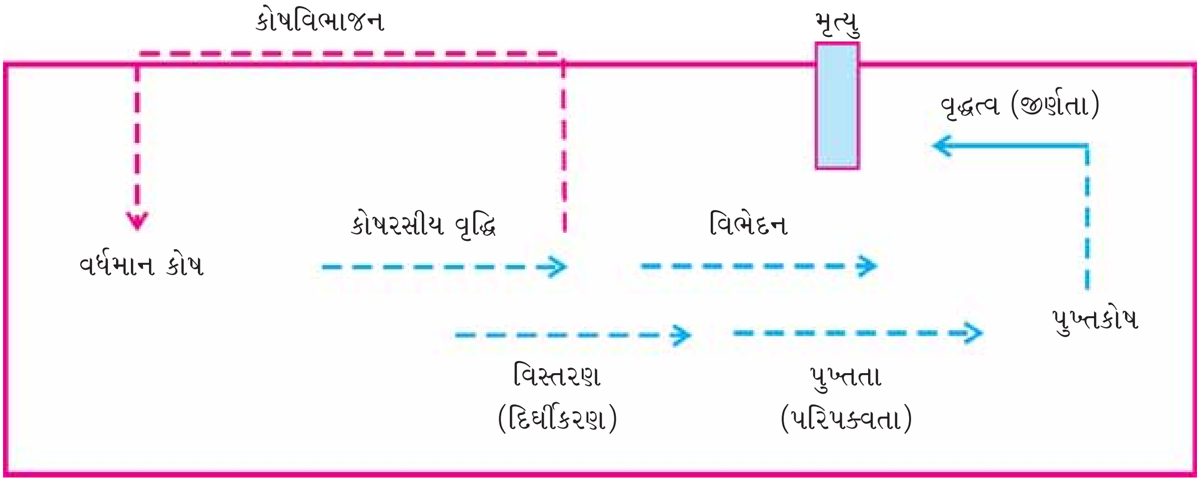
મૂળ અને પ્રકાંડની અગ્રીય વર્ધનશીલ પેશી અને એધામાંથી ઉદ્ભવ પામેલા કોષો દ્વારા એધા વિભેદિત થાય છે અને વિશિષ્ટ કાર્યો રજૂ કરવા પરિપક્વ બને છે. પરિપક્વતા તરફ આગળ વધવાની કોષોની આ ક્રિયાવિધિને **વિભેદન** કહે છે. વિભેદન દરમિયાન કોષો, કોષદીવાલ તેમજ જીવરસ બંનેમાં કેટલાક વ્યાપક રચનાત્મક ફેરફારોમાંથી પસાર થાય છે. 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.

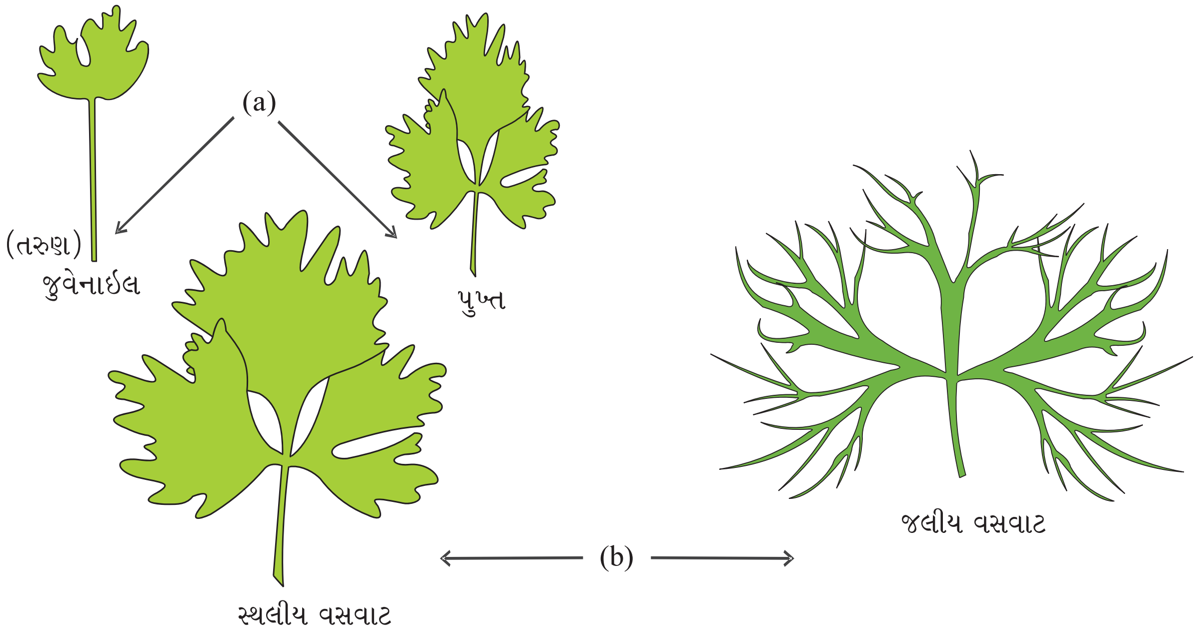


આકૃતિ 15.8 : એક વનસ્પતિ કોષનો વિકાસાત્મક પ્રક્રિયાનો અનુક્રમ

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 દૃશ્યમાન 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 અંત:કોષીય (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)

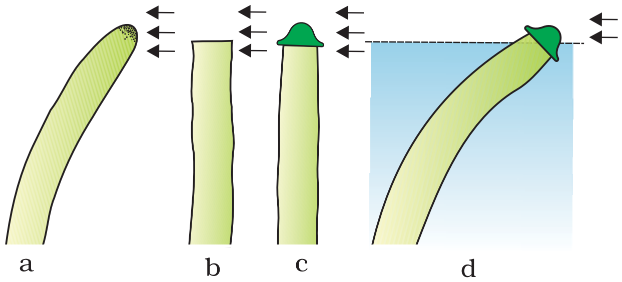
15.4.1 લાક્ષણિકતાઓ (Characteristics)

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 અંત:સ્રાવો 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 નિર્દેશન 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 ફુજીકુરોઈ (*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. સ્કૂગ અને મિલરે પછીથી સાઈટોકાઈનેસીસ પ્રેરક સક્રિય પદાર્થની ઓળખ કરી અને તેનું સ્ફટિકીકરણ અને તેઓએ તેને કાઈનેટીન 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.

કઝિન્સે નોંધ્યું કે પાકેલા સંતરામાંથી મુક્ત થતો બાષ્પશીલ (Volatile) પદાર્થ તેની નજીકમાં રાખેલા અપરિપક્વ કે કાચા કેળાંને ઝડપથી પકવી નાંખે છે. ત્યારબાદ આ બાષ્પશીલ પદાર્થને ઈથિલિન 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 ઑક્ઝિન્સ (Auxins)

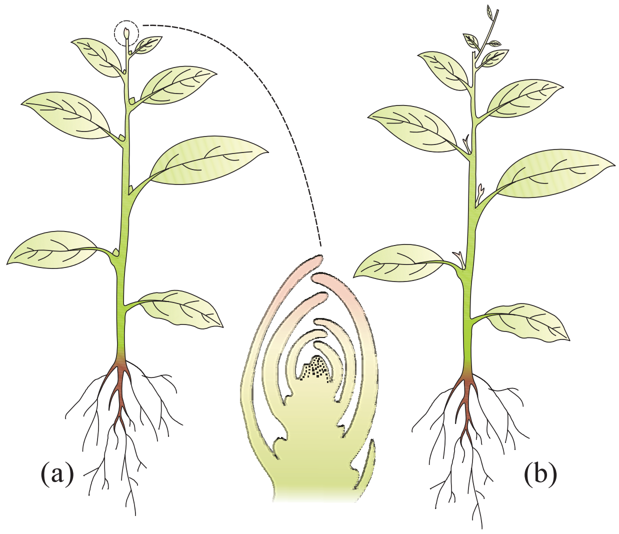
ઑક્ઝિન (ગ્રીક શબ્દ Auxein = to grow એટલે કે વૃદ્ધિ પામવું થાય છે)ને સૌપ્રથમ મનુષ્યના મૂત્રમાંથી અલગીકરણ કરવામાં આવ્યું. ઑક્ઝિન્સ શબ્દનો ઈન્ડોલ-3-ઍસિટિક ઍસિડ (IAA) અને કેટલાક વૃદ્ધિ નિયમનના ગુણધર્મો ધરાવતા અન્ય કુદરતી તેમજ કૃત્રિમ (સંશ્લેષિત) સંયોજનો માટે ઉપયોગ કરાય છે. તેઓ સામાન્ય રીતે પ્રકાંડ તેમજ મૂળની વૃદ્ધિ પામતી ટોચના ભાગે ઉદ્‌ભવે છે અને ત્યાંથી તેમનું વહન કાર્ય સ્થાને થાય છે. ઑક્ઝિન જેવાં કે IAA તેમજ ઈન્ડોલ બ્યુટેરિક ઍસિડ (IBA) વનસ્પતિઓમાંથી અલગ કરી મેળવી શકાય છે. NAA (નેફ્થેલીન 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)

સાયટોકાઈનિન્સ કોષરસવિભાજન(સાયટોકાઈનેસીસ) પર વિશિષ્ટ અસર ધરાવે છે અને તે કાઈનેટીન(એડેનીનનું રૂપાંતરિત સ્વરૂપ ધરાવતું એક પ્રકારનું પ્યુરિન) સ્વરૂપે સ્વયંવિખંડનીય પદાર્થ તરીકે હેરિંગ માછલીના શુક્રકોષના DNAમાંથી સંશોધન પામેલ છે. કાઈનેટીન 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 અધિસ્તરમાં આવેલા 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.

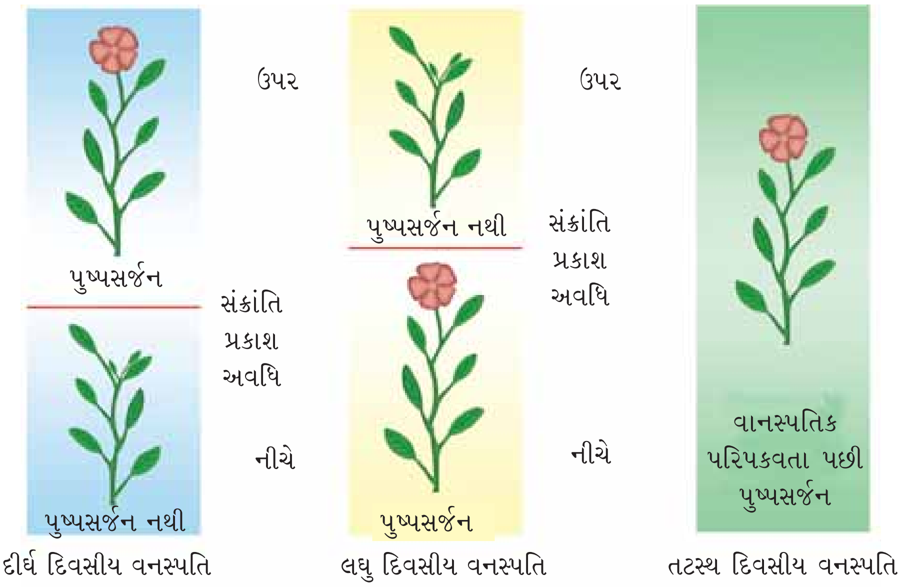
આ રીતે વનસ્પતિઓના જીવનમાં ઘણી ઘટનાઓ થાય છે. જ્યાં એક કરતાં વધારે PGRsની આંતરક્રિયા ઘટનાઓને અસર કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે, બીજ અથવા કલિકામાં સુષુપ્તતા, પતન, વૃદ્ધત્વ કે જીર્ણતા, અગ્રીય પ્રભાવિતા વગેરે.

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 સાયટોકાઈનીન 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)

ઇટાલિયન 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

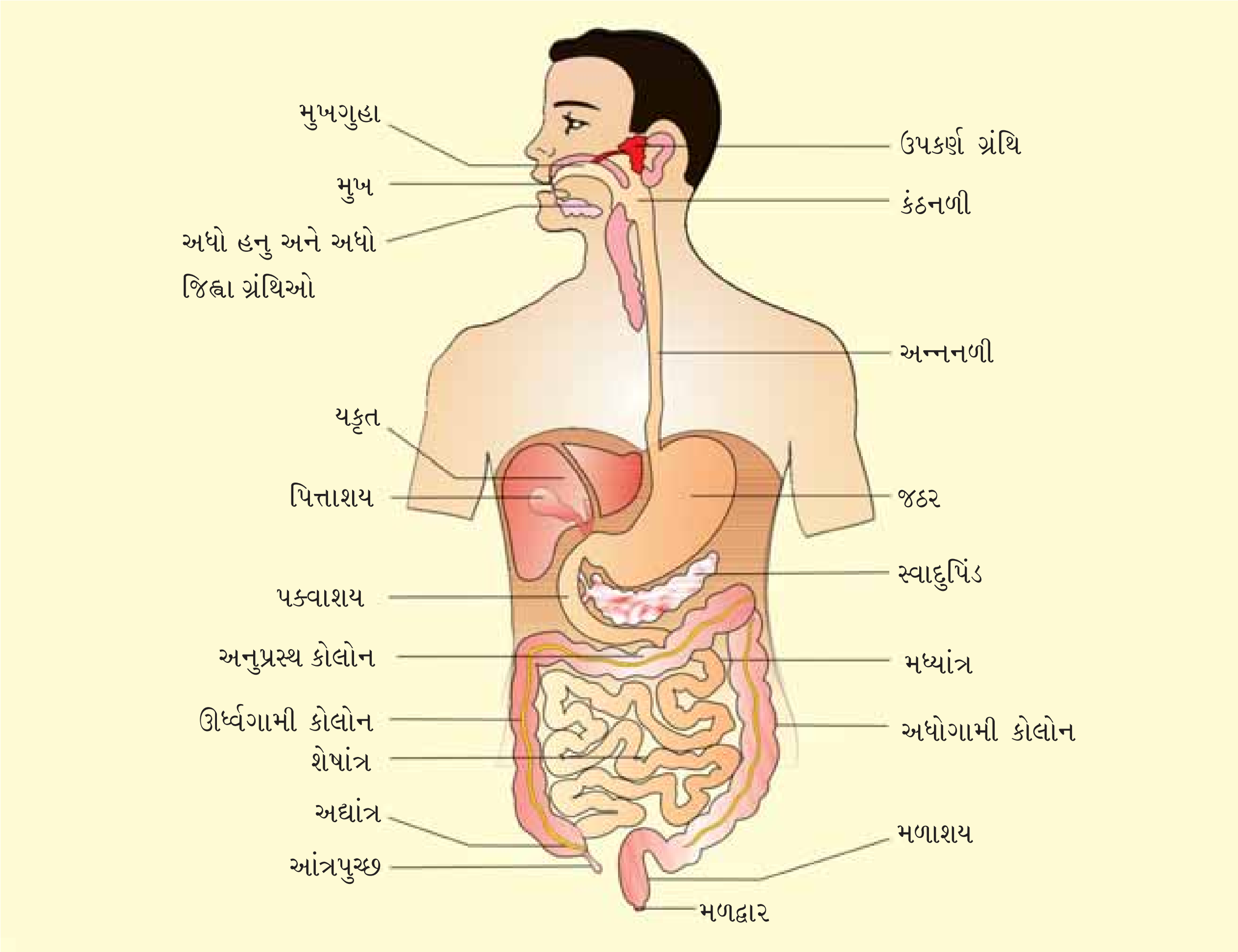
સજીવોની પાયાની જરૂરિયાતો પૈકીની એક જરૂરિયાત ખોરાક છે. આપણા ખોરાકના મુખ્ય ઘટકો જેવા કે કાર્બોદિતો, પ્રોટીન અને લિપિડ છે. વિટામિન્સ અને ઓછી માત્રામાં ખનીજ દ્રવ્યો પણ આવશ્યક છે. ખોરાક શક્તિ આપે છે અને કાર્બનિક પદાર્થો વૃદ્ધિ અને પેશીઓના સમારકામ માટે છે. પાણી કે જે આપણે લઈએ છીએ તેનો દેહધાર્મિક ક્રિયાઓમાં 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



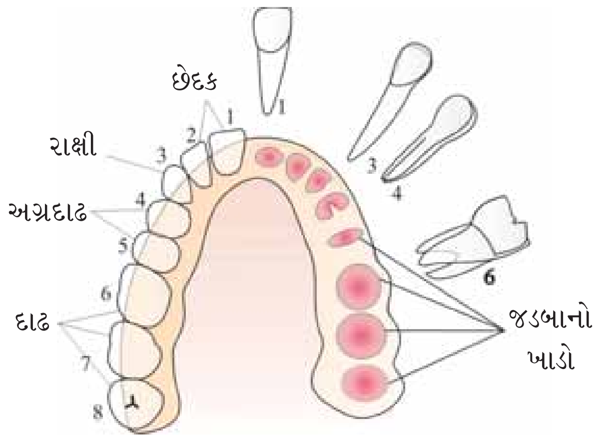
આકૃતિ 16.1 : માનવનું પાચનતંત્ર

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.

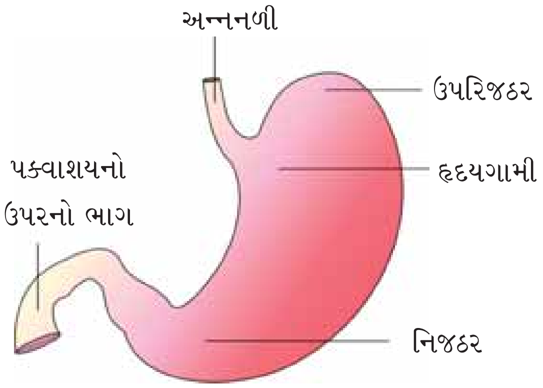
મુખગુહા ટૂંકી કંઠનળીમાં ખૂલે છે. જે ખોરાક અને હવા બન્નેનો સામાન્ય માર્ગ છે. કંઠનળી અન્નનળી અને શ્વાસનળીમાં ખૂલે છે. ઘાંટી ઢાંકણ (Epiglottis) તરીકે ઓળખાતી કાસ્થિની ઢાંકણ

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, 'U' 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 (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.

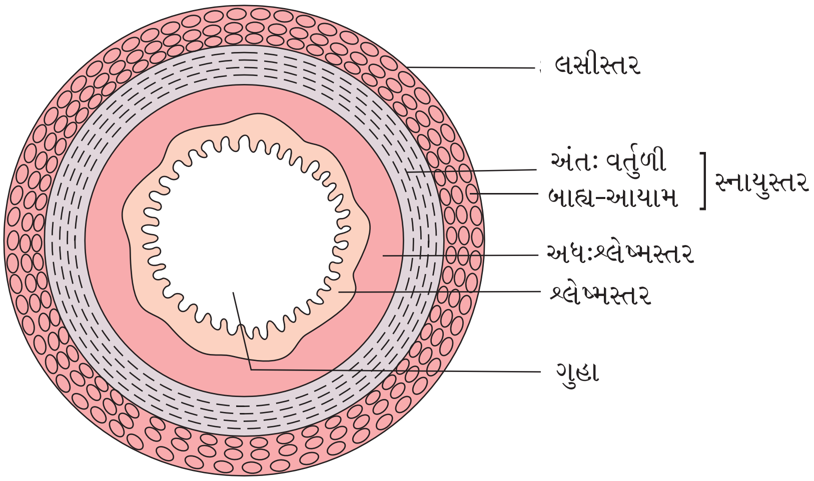
પાચનમાર્ગની દીવાલમાં અન્નનળીથી મળાશય સુધીના ભાગોમાં ચાર સ્તરો (આકૃતિ 16.4) આવેલા છે. જેવા કે લસીસ્તર, સ્નાયુસ્તર, અધઃશ્લેષ્મસ્તર અને શ્લેષ્મસ્તર. લસીસ્તર સૌથી બહારનું અને પાતળા મેસોથેલિયમ (અંતરંગીય અંગોનું અધિચ્છદ) અને કેટલીક સંયોજક પેશીનું બનેલું છે. સ્નાયુસ્તર, અંદરની તરફ વર્તુળી સ્નાયુઓ અને બહારની 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 સ્તર જઠરમાં અનિયમિત ગડીઓ (Rugae) બનાવે છે અને નાના



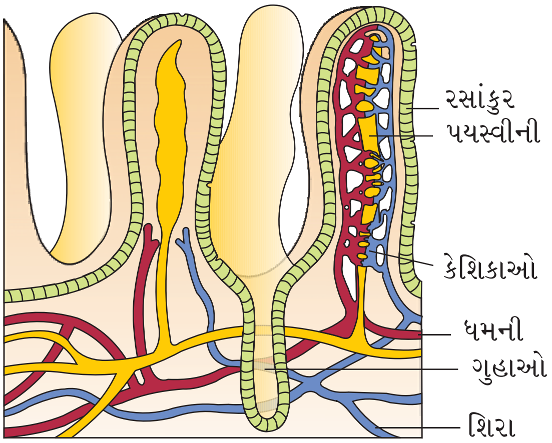
આકૃતિ 16.2 : જડબાની એક બાજુ વિવિધ પ્રકારના દાંતની ગોઠવણી અને બીજી તરફ ખાડાઓ



આકૃતિ 16.3 : માનવ જઠરની અંતઃસ્થ પ્રદેશો



આકૃતિ 16.4 : આંતરડાનો આડા છેદની રેખાકૃતિ



આકૃતિ 16.5 : શ્લેષ્મસ્તરના રસાંકુર દર્શાવતો નાના આંતરડાનો છેદ

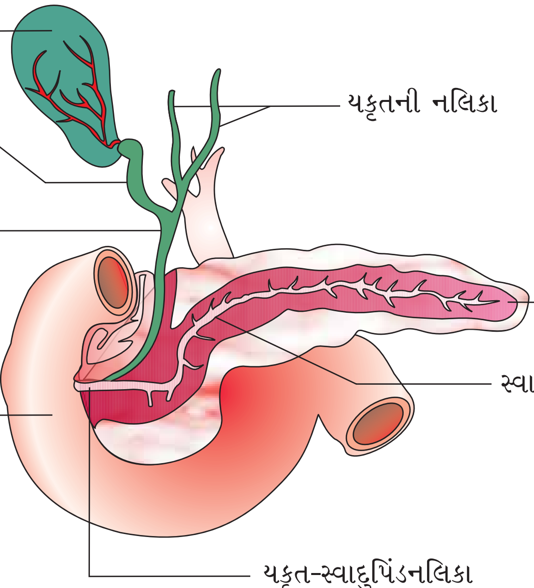
આંતરડામાં રસાંકુર (Villi) તરીકે ઓળખાતા નાના આંગળી જેવા પ્રવર્ધો આવેલા હોય છે (આકૃતિ 16.5). રસાંકુરની સપાટી ઉપર જોવા મળતા કોષોમાંથી સૂક્ષ્મ પ્રવર્ધો નીકળે છે જેને **સૂક્ષ્મ રસાંકુરો** કહે છે. જે બ્રશની સીમા (Brush border) જેવું દેખાય છે. આ રૂપાંતરણ સપાટી વિસ્તારને ખૂબ વિસ્તૃત કરે છે. રસાંકુરોમાં કેશિકાઓનું 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 ખંડ 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 ઈન્સ્યુલિન 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. ઈલેક્ટ્રૉલાઈટ્સ (Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^-) અને ઉત્સેચકો : લાળરસમાં રહેલ એમાયલેઝ (ટાઈલિન) અને લાઈસોઝાઈમ 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 (ઈષ્ટતમ p^H - 6.8) દ્વારા ડાયસેકેરાઈડ માલ્ટોઝમાં થાય છે. લાળમાં રહેલા લાઈસોઝાઈમ, ચેપ સામે રક્ષણ આપી જીવાણુનાશક તરીકે વર્તે છે.

$$\text{સ્ટાર્ચ} \xrightarrow[p^H \cdot 6.8]{\text{(લાળ એમાયલેઝ) ટાઈલિન}} \text{માલ્ટોઝ}$$

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 પેરાઈટલ (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 હાઈડ્રોક્લોરિક ઍસિડના સંપર્કમાં આવતા જઠરનો પ્રોટિઓલાયટીક ઉત્સેચક સક્રિય પેપ્સિનમાં ફેરવાય છે. પેપ્સિન, પ્રોટીનને પ્રોટીઓસીસ અને પેપ્ટોન્સ(પેપ્ટાઈડ્સ)માં ફેરવે છે. જઠરરસમાં આવેલ શ્લેષ્મ અને બાયકાર્બોનેટ, શ્લેષ્મીય અધિચ્છદનું ઊંજણ અને અતિ સાંદ્ર હાઈડ્રોક્લોરીક 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 લાઈપેઝનો 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.

પ્રોટીન્સ, પેપ્ટોન્સ, પ્રોટિઓઝીસ $\xrightarrow[\text{કાર્બોક્સિપેપ્ટીડેઝ}]{\text{ટ્રિપ્સિન / કાયમોટ્રિપ્સિન}}$ ડાયપેપ્ટાઇડ

જઠરપાકના કાર્બોદિતોનું સ્વાદુરસના એમાયલેઝ દ્વારા જળવિભાજન થઈ ડાયસેકેરાઇડ બને છે.

પૉલિસેકેરાઇડ (સ્ટાર્ચ) $\xrightarrow{\text{એમાયલેઝ}}$ ડાયસેકેરાઇડ (માલ્ટોઝ)

પિત્ત અને લાયપેઝની મદદથી ચરબીનું ડાય અને મોનોગ્લિગ્સરાઇડમાં વિઘટન થાય છે.

લિપિડ $\xrightarrow{\text{લાયપેઝીસ}}$ ડાયગ્લિસરાઇડ $\longrightarrow$ મોનોગ્લિસરાઇડ

સ્વાદુરસનો ન્યુક્લિએઝ ન્યુક્લિક ઍસિડ ઉપર પ્રક્રિયા કરી ન્યુક્લિઓટાઇડ અને ન્યુક્લિઓસાઇડ બનાવે છે.

ન્યુક્લિક ઍસિડ $\xrightarrow{\text{ન્યુક્લિએઝીસ}}$ ન્યુક્લિકઓટાઇડ્સ $\longrightarrow$ 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 ઍસિડ

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 $\xrightarrow{\text{લાઈપેઝીસ}}$ ફૅટી ઍસિડ + 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 ફ્રુક્ટોઝ અને કેટલાક એમિનો ઍસિડ્સ જેવા વાહકોની 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 અધાંત્રમાં 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.

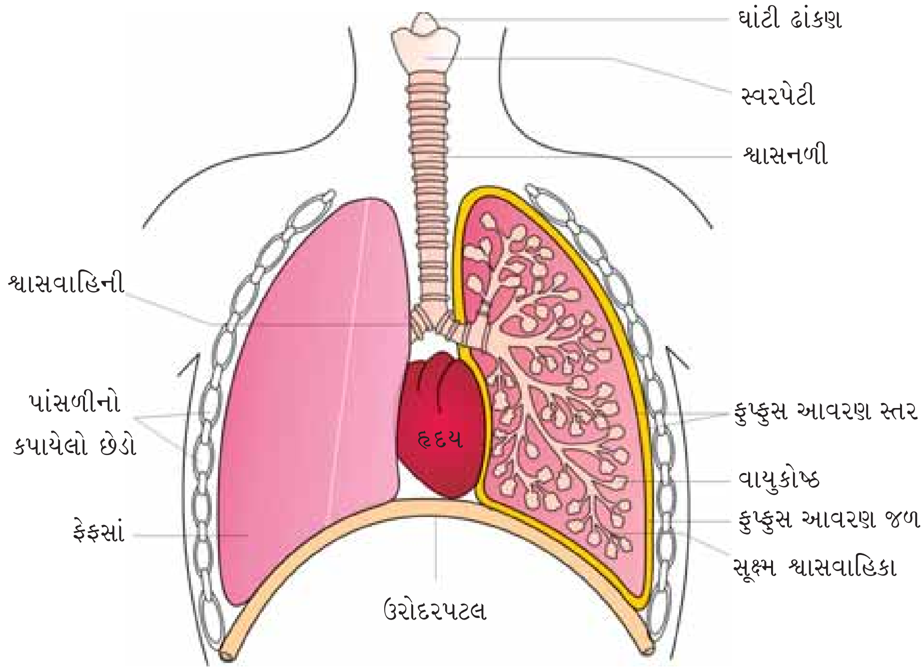
17.1 શ્વસનાંગો (Respiratory organs)

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. જલીય સંધિપાદો અને મૃદુકાયોમાં વિશિષ્ટ વાહિનીમય રચના ધરાવતી **ઝાલરો**નો ઉપયોગ કરે છે અને સ્થલીય સ્વરૂપો વાહિનીમય કોથળીઓ કે જેને **ફેફસાં** કહે છે, તેના દ્વારા વાયુની આપ-લે કરે છે. પૃષ્ઠવંશીઓમાં મત્સ્યો ઝાલરોનો ઉપયોગ કરે છે જ્યારે સરિસૃપો, પક્ષીઓ અને સસ્તનો ફેફસાં દ્વારા શ્વસન કરે છે. દેડકા જેવા ઉભયજીવીઓ તેમની ભીની ત્વચા દ્વારા

પણ શ્વસન કરે છે. સસ્તનોમાં વિકસિત શ્વસનતંત્ર હોય છે.

217.1.1 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, **નાસિકા-કંઠનળી**માં ખૂલે છે, કે જે કંઠનળીનો ભાગ છે, જે ખોરાક અને હવાનો સામાન્ય માર્ગ છે. નાસિકા-કંઠનળી સ્વરપેટી(સ્વરયંત્ર) પ્રદેશમાંના શ્વાસદ્વાર 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



આકૃતિ 17.1 : માનવ શ્વસનતંત્રની રેખાકૃતિ (ડાબા ફેફસાંનો ઊભો છેદ પણ દર્શાવેલ છે)