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)

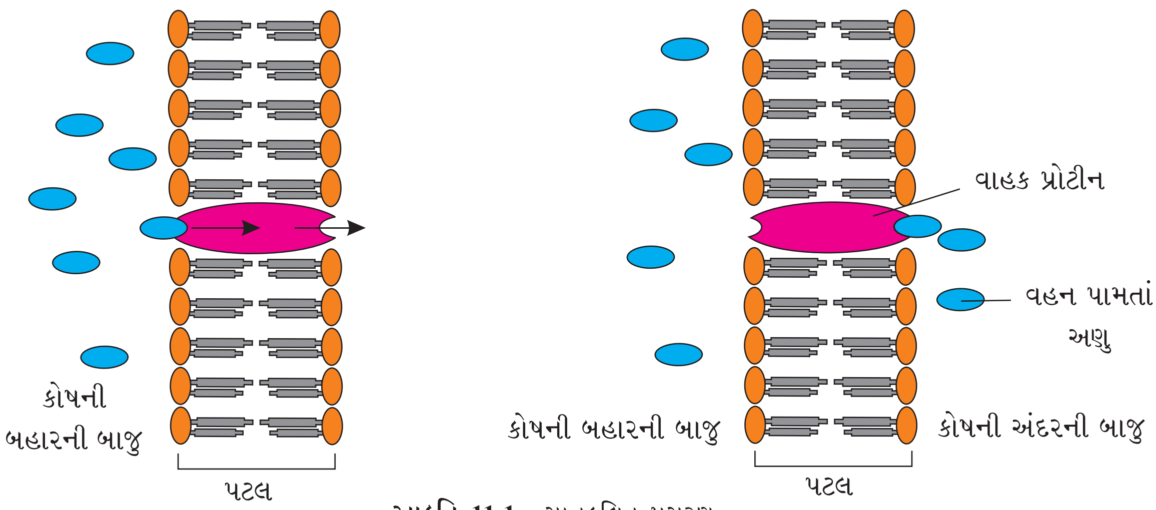
પ્રસરણ દ્વારા વહન નિષ્ક્રીય રીતે થાય છે અને તે કોષના એક ભાગમાંથી બીજા ભાગ સુધી કે બીજા કોષ સુધી કે અન્ય કોષ સુધી વહન થાય છે જેને ટૂંકાં અંતરનું કે નિષ્ક્રીય વહન કહી શકાય છે. જે પર્ણોના આંતરકોષીય સ્થાનથી બાહ્ય પર્યાવરણ સુધી કોઈ પણ દિશામાં થઈ શકે છે. આમાં ઊર્જાનો વ્યય થતો નથી. પ્રસરણમાં અણુ અનિયમિત રીતથી 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

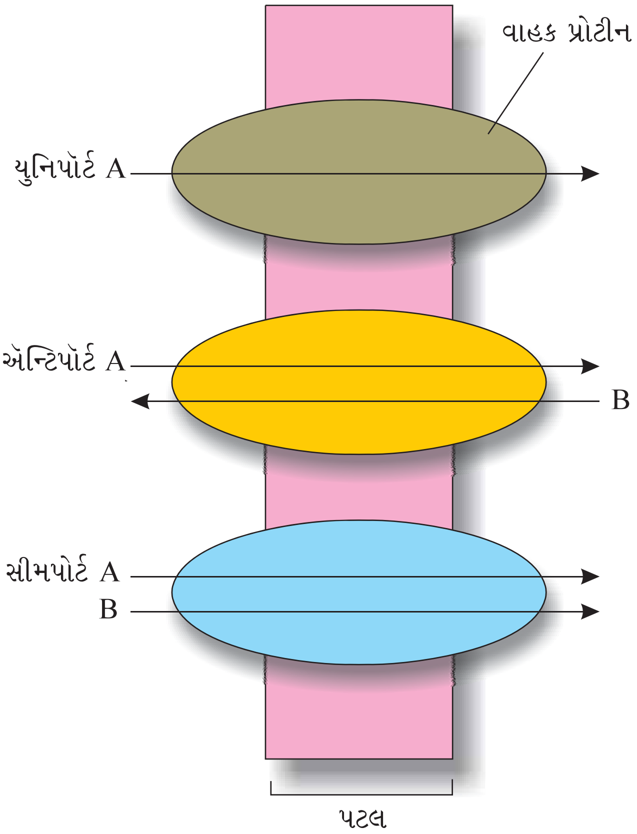
પ્રસરણ ઓછીથી વધુ સાંદ્રતા તરફ વાસ્તવિક વહન કરી શકતા નથી. આમ, આ કારણે ઊર્જાનો ઉપયોગ આવશ્યક બને છે. જ્યારે બધા જ વાહક પ્રોટીન અણુઓ ક્રિયાશીલ બને ત્યારે વહનનો દર મહત્તમ હોય છે. સાનુકૂલિત પ્રસરણ એક ખૂબ વિશિષ્ટ પ્રકારનું છે. તે કોષોને પદાર્થો મેળવવા માટે પસંદગીની તક આપે છે. પ્રોટીનની પાર્શ્વ શૃંખલા સાથે પ્રતિક્રિયા 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 **યુનિપોર્ટ** 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 પાણી ઓછું થઈ જાય છે. પાણીની સાંદ્રતા 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.

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p$$

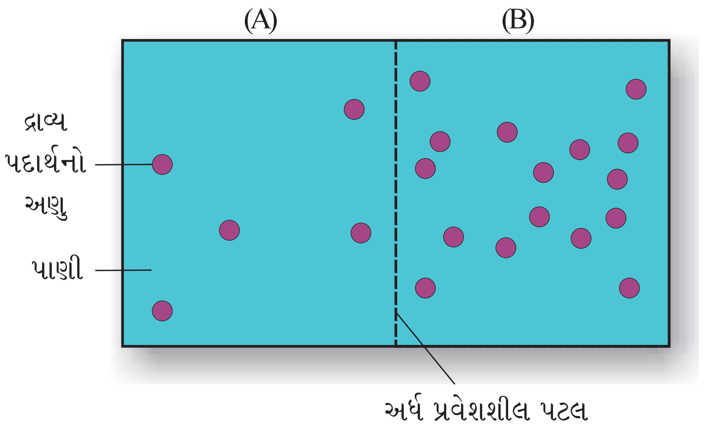
11.2.2 આસૃતિ (Osmosis)

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 પહોચે. સંતુલન અવસ્થાએ બંને તરફની જલક્ષમતા એક સમાન થતી હોય છે.

તમે શાળામાં, અગાઉના અભ્યાસમાં એક બટાટાનો ઑસ્મોમીટર બનાવ્યો હશે. જો બટાટાને 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 ?

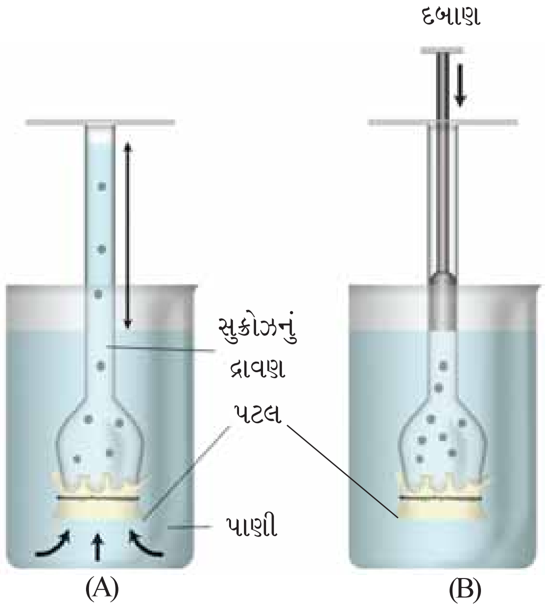
ચાલો, આપણે બીજા એક પ્રયોગની ચર્ચા કરીએ, જ્યાં પાણીમાં બનાવેલા શર્કરાના દ્રાવણને એક થિસલ ફનેલમાં લેવામાં આવેલ છે, જેને, એક પાણી ભરેલા બીકરમાં અર્ધપ્રવેશશીલ પટલ દ્વારા અલગ કરવામાં આવે છે. (**આકૃતિ 11.4**) તમે આ પ્રકારના પટલને એક ઈંડામાંથી મેળવી શકો છો. તમે ઈંડાના એક શીર્ષ પ્રદેશ પર નાનું કાણું પાડીને બધી જ જરદી અને તેનું આલ્બ્યુમીન કાઢી લો અને પછી ઈંડાના કવચને કેટલાક કલાકો માટે હાઈડ્રૉક્લોરિક 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.

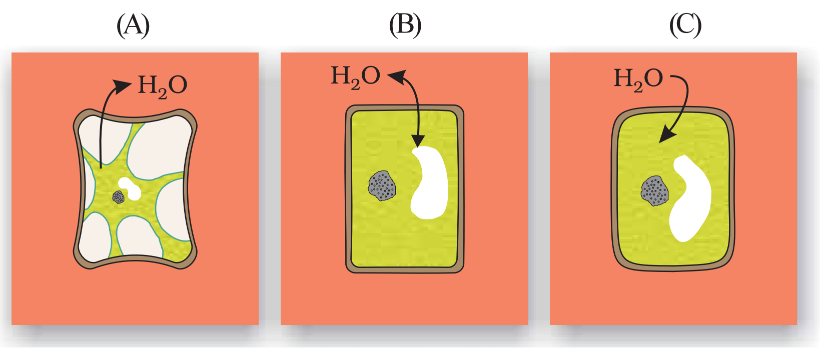
11.2.3 રસસંકોચન (Plasmolysis)

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 11.4 : 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.



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 (Flaccid) 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,

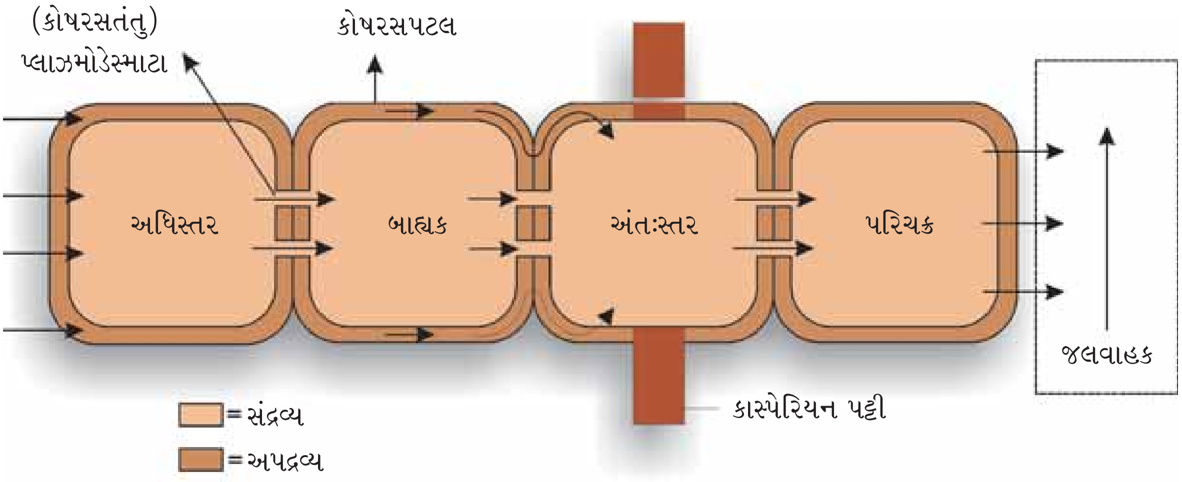
ખનીજ ક્ષારો, કેટલાક કાર્બનિક નાઇટ્રોજન અને અંતઃસ્રાવો મૂળથી વૃદ્ધિ હવાઈ ભાગો સુધી સ્થળાંતર થાય છે. અન્નવાહક મુખ્યત્વે વિવિધ પ્રકારના કાર્બનિક તેમજ અકાર્બનિક દ્રવ્યોને પર્ણોથી વનસ્પતિઓના વિવિધ ભાગોમાં વહન કરે છે.

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 ભાગોની 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 આંતરિક સ્તરોમાં ઉંડે સુધી બે વિભિન્ન પરિપથો દ્વારા વહન કરે છે. આ બે ભિન્ન પરિપથો નીચે પ્રમાણે છે :

- અપદ્રવ્ય પરિપથ (Apoplast Pathway)
- સંદ્રવ્ય પરિપથ (Symplast Pathway)

અપદ્રવ્ય પરિપથ પાસપાસે આવેલી કોષદીવાલનું તંત્ર છે જે સમગ્ર વનસ્પતિમાં પથરાયેલું હોય છે. મૂળની અંતઃસ્થ રચનામાં અંતઃસ્તરમાં આવેલ **કાસ્પેરિયન પટ્ટી** સિવાય સંપૂર્ણ રીતે વનસ્પતિમાં આ પરિપથ ફેલાયેલ છે. **(આકૃતિ 11.6)**. પાણીનું અપદ્રવ્ય પરિપથ દ્વારા પાણીનું વહન માત્ર આંતરકોષીય અવકાશો અને કોષોની કોષદીવાલ દ્વારા થાય છે. અપદ્રવ્ય પરિપથના માધ્યમથી થતું વહન કોષરસપટલને પસાર કરી શકતું નથી. તે વહનના



આકૃતિ 11.6 : મૂળમાં પાણીના વહનનો પરિપથ

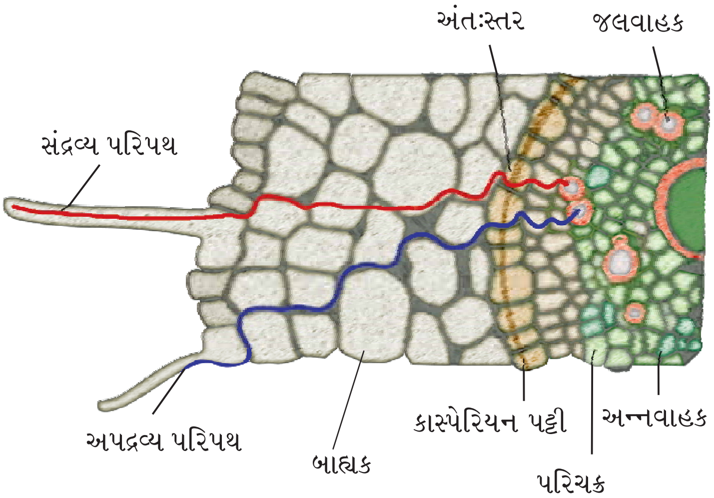
ઢાળ પર નિર્ભર હોય છે. અપદ્રવ્ય પરિપથ દ્વારા પાણીના વહનમાં કોઈ પણ અવરોધ સર્જતો નથી અને પાણીનું વહન સામૂહિક વહનના માધ્યમથી થતું રહે છે. જેવું પાણી આંતરકોષીય અવકાશ કે વાતાવરણમાં બાષ્પ સ્વરૂપે નિકાલ પામે છે તેથી અપદ્રવ્ય પરિપથ દ્વારા થતા વહનમાં સતત પાણીના પ્રવાહમાં તણાવ ઉત્પન્ન થાય છે. આથી, અભિલગ્ન બળ તેમજ સંલગ્ન બળને કારણે પાણીનું સામૂહિક વહન થાય છે.

સંદ્રવ્ય પરિપથના 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 પરિપથ આ વહન કોષીય દ્રવ્યને લીધે છે. તમે કોષરસીય વહનની ક્રિયા હાઈડ્રિલાના પર્ણકોષમાં સરળ રીતે જોઈ શકો છો. હરિતકણનું હલનચલન ત્રણ કોષરસીય પ્રવાહના લીધે સરળતાથી જોઈ શકો છો.

મૂળમાં મોટે ભાગે પાણીનું વહન અપદ્રવ્ય પરિપથ 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 પરિપથ 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 પરિપથનો ભાગ પણ છે. મૂળના વાહકતંત્રમાં પાણી અને ખનીજ આયનોનો માર્ગ **આકૃતિ 11.7**માં સંક્ષિપ્તમાં દર્શાવેલ છે.

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



આકૃતિ 11.7 : મૂળમાં પાણી અને આયનોનું શોષણ દર્શાવતાં સંદ્રવ્ય અને અપદ્રવ્ય પરિપથ

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 વધારાનું પાણી છોડનાં પ્રકાંડના અગ્રભાગ(પ્રરોહાગ્ર)ની ટોચ પર વિશેષ સ્વરૂપે છિદ્રોમાંથી સ્રવિત પાણીના બિંદુઓના સ્વરૂપમાં નિલંબતિ રહે છે. આ પ્રકારે પ્રવાહી સ્વરૂપમાં પાણીનો વ્યય થાય છે. તેને **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

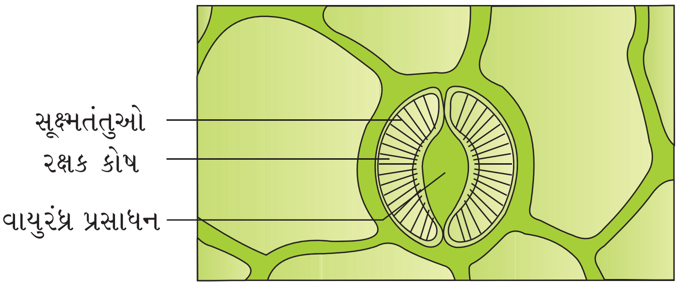
ગતિ કેવી હોય છે ? તે એક વિશિષ્ટ પ્રશ્ન જે આજ સુધી પ્રશ્ન જ રહ્યો છે. વનસ્પતિઓ દ્વારા પાણી ઉપરની તરફ ધકેલાય છે અથવા તો ઉપરની તરફ ખેંચાય છે. મોટા ભાગના સંશોધનકર્તાઓ સહમત થયેલ છે કે વનસ્પતિઓ દ્વારા પાણી મુખ્યત્વે ઉપર તરફ ખેંચાય છે અને આની સંચાલન શક્તિ પર્ણોમાં બાષ્પોસર્જનની ક્રિયાના પરિણામરૂપે પ્રાપ્ત થાય 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 એક ટકાથી પણ ઓછા પ્રમાણમાં ઉપયોગી થાય છે. પાણીનું વધુ પ્રમાણ પર્ણોના **વાયુરંધ્રો** કે **પર્ણરંધ્રો** દ્વારા બાષ્પ સ્વરૂપ 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.



આકૃતિ 11.8 : રક્ષક કોષો સાથે પર્ણરંધ્ર

બાષ્પોત્સર્જન પર કેટલાક બાહ્ય પરિબળો અસરકારક

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.

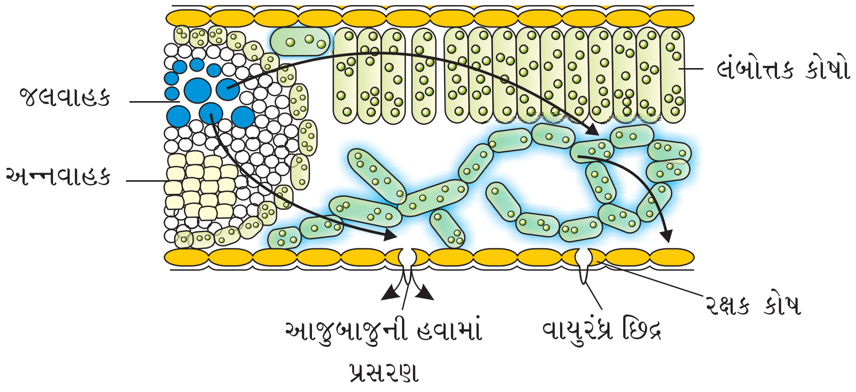
જલવાહકમાં દ્રાવણ(પાણી સાથે ઓગળેલા ખનીજ ક્ષારો અને અન્ય દ્રવ્યો)નું બાષ્પોત્સર્જન દ્વારા ઊર્ધ્વવહન મુખ્યત્વે પાણીના નીચે આપેલા ભૌતિક લક્ષણો પર આધારિત છે :

- **સંલગ્ન બળ (Cohesive Force)** : પાણીના બે ક્રમિક અણુઓની વચ્ચે લાગતું આકર્ષણ બળ.
- **અભિલગ્ન બળ (Adherice Force)** : પાણીના બે ક્રમિક અણુઓનું ધ્રુવીય સપાટી તરફ સર્જાતું આકર્ષણ બળ (જેમ કે, વાહક એકમોના પટલની સપાટી).
- **પૃષ્ઠતાણ બળ (Surface Tension Force)** : 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 ઊર્ધ્વગમનની 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^{0} 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 કોષદીવાલને 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 વિનિમય કરે છે; પરંતુ અન્યને પ્રવેશ પામવા દેતા નથી. અંતઃ સ્તરના કોષોના વાહક પ્રોટીન્સ નિયંત્રણ બિંદુ તરીકે હોય છે; જ્યાં વનસ્પતિઓ દ્રાવ્ય પદાર્થની માત્રા તેમજ તેના 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 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 બધી દિશાઓમાં થઈ શકે છે. કારણ કે સ્રોત અને સિંક, શર્કરાનો ઉપયોગ સંગ્રહણ અને વિનિમય 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.

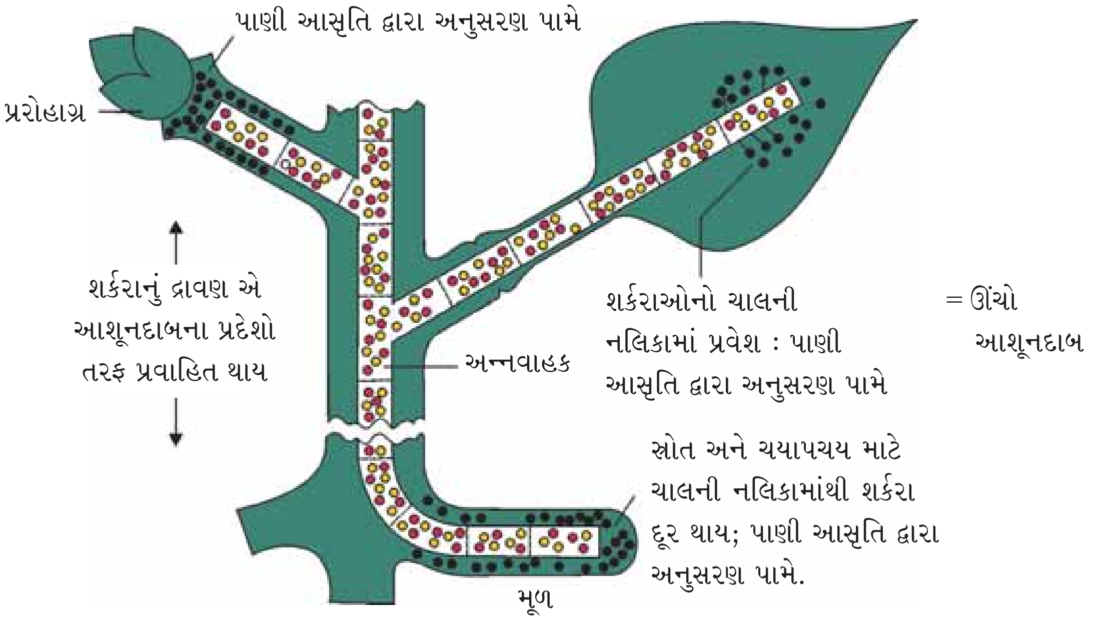
11.6.1 દાબ પ્રવાહ કે સામૂહિક વહનનો અધિતર્ક (The Pressure Flow or Mass Flow Hypothesis)

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 શર્કરા 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 અંતઃચૂષણ 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 માઇકોરાઇઝાનો 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 ?