પ્રકરણ 12

ખનીજ પોષણ (Mineral Nutrition)

12.1 વનસ્પતિઓમાં ખનીજ તત્ત્વોની આવશ્યકતાઓના અભ્યાસની પદ્ધતિઓ

12.2 આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો

12.3 ખનીજ તત્ત્વોના શોષણની ક્રિયાવિધિ

12.4 દ્રાવ્ય પદાર્થનું સ્થળાંતરણ

12.5 ભૂમિ, આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોના સંચય સ્થાનના સ્વરૂપમાં

12.6 નાઈટ્રોજનનું ચયાપચય

બધા સજીવોની મૂળભૂત જરૂરિયાતો આવશ્યક રીતે એક સમાન હોય છે. તેઓને તેમની વૃદ્ધિ અને વિકાસ માટે ગુરૂ પોષક અણુઓ જેવાં કે કાર્બોદિત, પ્રોટીન, ચરબી તેમજ પાણી તથા ખનીજ ક્ષારોની જરૂરિયાત હોય છે.

આ પ્રકરણ મુખ્યત્વે અકાર્બનિક વાનસ્પતિક પોષણને કેન્દ્રિત કરે છે. જેમાં તમે વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ માટે અનિવાર્ય પોષક તત્ત્વોને ઓળખવાની રીતો અને તેમની આવશ્યકતા નિર્ધારિત કરવા માટેના માપદંડ વિશે અભ્યાસ કરશો. તમે આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોની ભૂમિકા, તેમની ઊણપથી ઉદ્ભવતાં લક્ષણો અને તેમના શોષણની ક્રિયાવિધિ વિશે પણ અભ્યાસ કરીશું. આ પ્રકરણમાં તમને સંક્ષિપ્તમાં જૈવિક નાઈટ્રોજન (N_2) સ્થાપનની ક્રિયાવિધિ અને તેની અગત્ય વિશે માહિતગાર કરાવીશું.

12.1 વનસ્પતિઓમાં ખનીજ તત્ત્વોની આવશ્યકતાઓના અભ્યાસની પદ્ધતિઓ (Methods to Study The Mineral Requirements of Plants)

જુલિયસ વૉન સેચ (1860), એક અગ્રણી જર્મન વનસ્પતિ શાસ્ત્રીએ સૌપ્રથમ દર્શાવ્યું કે વનસ્પતિઓને ભૂમિ કે જમીનની ગેરહાજરીમાં પોષક દ્રાવણમાં પુખ્તાવસ્થા સુધી ઉછેરી શકાય છે. વનસ્પતિઓને પોષક દ્રાવણમાં ઉગાડવાની આ તક્નિક **જલસંવર્ધન(Hydroponics)**ના નામથી પ્રચલિત છે. ત્યારબાદ કેટલીક ઉચ્ચ કક્ષાની રીતો કે પદ્ધતિઓ પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લેવાયેલી છે. જેનાથી વનસ્પતિઓ માટે ખનીજ પોષક તત્ત્વોની આવશ્યકતા નક્કી કરવામાં આવી છે. ઉપરોક્ત બધી પદ્ધતિઓના પ્રયોગના નિષ્કર્ષ દ્વારા જણાયું કે વનસ્પતિઓને ભૂમિ વગર પોષક દ્રાવણમાં ઉગાડી શકાય છે. આ પદ્ધતિઓમાં શુદ્ધ કરેલ પાણી તેમજ ખનીજ પોષક તત્ત્વોની આવશ્યકતા હોય છે. શું તમે સમજાવી શકો છો કે તે કેમ આટલું આવશ્યક છે ?

શ્રેણીબદ્ધ પ્રયોગોના અંતે, વનસ્પતિના મૂળને પોષક દ્રાવણમાં રાખવામાં આવ્યા અને તત્ત્વને ઉમેરીને કે દૂર કરીને કે વિવિધ સાંદ્રતા જાળવીને, વનસ્પતિના વૃદ્ધિ માટે યોગ્ય એવું પોષણ દ્રાવણ પ્રાપ્ત થાય છે. આ રીત દ્વારા આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોની ઓળખ થાય છે અને તેઓની ઊણપના

કારણે ઉદ્ભવતાં લક્ષણોનું સંશોધન થયું. જલસંવર્ધનની તક્નિક દ્વારા શાકભાજી જેવી કે ટામેટા, બીજવિહીન કાકડી અને સલાડ (કચુંબર માટે વપરાતી શાકભાજી) (Lettuce)ને વ્યાપારિક ઉત્પાદનના હેતુથી સફળતાપૂર્વક ઉગાડી શક્યા છીએ. એ ધ્યાન રાખવા યોગ્ય બાબત છે કે વનસ્પતિની ઈષ્ટતમ વૃદ્ધિ માટે પોષક દ્રાવણને પ્રચૂર વાયુમય માધ્યમમાં રાખવામાં આવે છે. જો દ્રાવણમાં હવાનું પ્રમાણ ઓછું હોય તો શું થાય છે ? જલસંવર્ધન તક્નિકને **આકૃતિ 12.1 અને 12.2**માં દર્શાવેલ છે.

12.2 આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો (Essential Mineral Elements)

ભૂમિમાં આવેલા મોટા ભાગના ખનીજ તત્ત્વો મૂળ દ્વારા વનસ્પતિઓમાં પ્રવેશી શકે છે. હકીકતમાં સંશોધિત થયેલા 105 તત્ત્વો પૈકી 60 કરતાં વધુ તત્ત્વો વનસ્પતિઓમાં જોવા મળ્યાં છે. કેટલીક વનસ્પતિઓની જાતિઓ સેલેનિયમ(Se)નો સંગ્રહ કરે છે. જ્યારે કેટલીક વનસ્પતિઓ સોનાને (Au), ન્યુક્લીયર પરીક્ષણ સ્થળોની નજીકમાં ઉગતી વનસ્પતિઓ રેડિયોઍક્ટિવ સ્ટ્રૉન્શિયમ(Sr) મેળવે છે. વનસ્પતિઓમાં ખનીજ તત્ત્વોનું ન્યૂનતમ સંકેન્દ્રણ કે સાંદ્રતા (10^{-8} g/mL)ને પણ નક્કી કરવાની તક્નિક આજે ઉપલબ્ધ છે. પ્રશ્ન એ થાય છે કે શું બધા વિવિધ વિપરિત ખનીજ તત્ત્વો જે વનસ્પતિઓ મેળવે છે ઉદાહરણ તરીકે ઉપર વર્ણવેલ સોનું અને સ્ટ્રૉન્શિયમ (Sr) વનસ્પતિઓ માટે ખરેખર આવશ્યક છે ? આપણે તે કેવી રીતે નિર્ધારિત કરીએ કે વનસ્પતિઓ માટે તેઓ આવશ્યક છે કે નથી ?

12.2.1 આવશ્યકતા માટેના માપદંડો (Criteria for Essentiality)

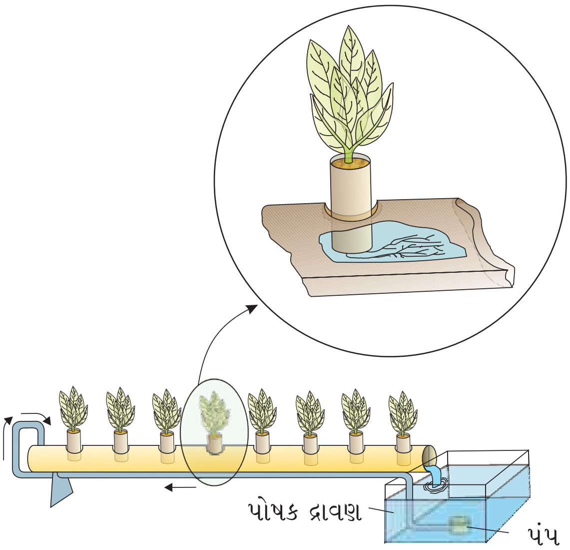
કોઈ પણ તત્ત્વની આવશ્યકતાના માપદંડ નીચે પ્રમાણે છે :

(a) તત્ત્વ, વનસ્પતિની સામાન્ય વૃદ્ધિ અને પ્રજનનના હેતુ માટે તદ્દન આવશ્યક હોવું જોઈએ. તે તત્ત્વની ગેરહાજરીમાં વનસ્પતિ પોતાનું જીવનચક્ર પૂરું કરી શકતું નથી કે બીજને સર્જી શકતું નથી.

(b) તત્ત્વની આવશ્યકતા વિશિષ્ટ હોવી જોઈએ અને તેને કોઈ અન્ય તત્ત્વ દ્વારા પ્રતિસ્થાપિત કરી શકાય નહિ. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો કોઈ એક તત્ત્વની ઉણપ કોઈ અન્ય તત્ત્વ દ્વારા દૂર કરી શકાતી નથી.

(c) તત્ત્વ, વનસ્પતિની ચયાપચયની ક્રિયામાં પ્રત્યક્ષ રૂપે ભાગ લેતું હોવું જોઈએ.

આકૃતિ 12.1 : પોષક દ્રાવણ સંવર્ધન માટે એક આદર્શ અવસ્થાની રેખાકૃતિ



આકૃતિ 12.2 : જલસંવર્ધનથી વનસ્પતિઓનું ઉત્પાદન, વનસ્પતિઓને નળીમાં કે ઢાળવાળા સ્થાનો પર ઉછેરવામાં આવે છે. પંપ પોષક દ્રાવણનું તેના સંચય સ્થાનથી નળીના બીજા છેડા તરફ વહન કરે છે. દ્રાવણ નળીની નીચે વહન દરમિયાન ગુરૂત્વાકર્ષણને કારણે તે પોતાના સંચય સ્થાને પાછું ફરે છે. આપેલ વ્યવસ્થામાં એવા છોડ દર્શાવવામાં આવેલા છે કે જેના મૂળ સતત વાત પોષક દ્રાવણમાં ડૂબેલા રહે છે. આકૃતિમાં દર્શાવેલ તીર વહનની દિશા દર્શાવે છે.

ઉપરોક્ત માપદંડોને આધારે માત્ર કેટલાક જ ખનીજ તત્ત્વો વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ તેમજ ચયાપચય માટે ચોક્કસપણે આવશ્યક છે તેવું જોવા મળ્યું. આ તત્ત્વોને તેમના જથ્થાને આધારે બે જૂથમાં વહેંચવામાં આવ્યા.

(i) ગુરૂપોષક તત્ત્વો (બૃહદ્‌પોષક તત્ત્વો), (ii) લઘુપોષક તત્ત્વો (સૂક્ષ્મપોષક તત્ત્વો).

(i) ગુરૂપોષક તત્ત્વો (બૃહદ્‌પોષક તત્ત્વો) : ગુરૂપોષક તત્ત્વો સામાન્ય રીતે વનસ્પતિની પેશીઓમાં (શુષ્ક પદાર્થના 10m mole kg^{-1} થી) વધુ માત્રામાં આવેલા હોય છે, આ જૂથમાં સમાયેલા ગુરૂપોષક તત્ત્વો - કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, ફૉસ્ફરસ, સલ્ફર, પોટેશિયમ, કેલ્શિયમ અને મૅગ્નેશિયમ છે. તેમાંથી કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન મુખ્યત્વે CO_2 તેમજ H_2O માંથી પ્રાપ્ત થાય છે. જ્યારે અન્ય ખનીજ તત્ત્વો ભૂમિમાંથી ખનીજ સ્વરૂપે શોષણ પામે છે.

(ii) લઘુપોષક તત્ત્વો (સૂક્ષ્મપોષક તત્ત્વો) : સૂક્ષ્મપોષક તત્ત્વો અથવા લેશ તત્ત્વો કે જેની આવશ્યકતા ઓછી માત્રામાં હોય છે (શુદ્ધ વજનનાં 10m mole kg^{-1} થી ઓછી માત્રામાં). તેમાં આયર્ન (લોહ), મૅંગેનીઝ, કૉપર, મોલિબ્ડેનમ, ઝિંક, બોરોન, ક્લોરિન અને નિકલનો સમાવેશ થાય છે.

ઉપર વર્ણવેલા 17 આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો ઉપરાંત, કેટલાક અન્ય લાભદાયક તત્ત્વો પણ છે, જેવાં કે સોડિયમ, સિલિકોન, કોબાલ્ટ અને સેલેનિયમ. તેઓ ઉચ્ચ કક્ષાની વનસ્પતિઓ માટે આવશ્યક છે.

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોને તેમના વિવિધ કાર્યોને આધારે સામાન્ય રીતે ચાર જૂથમાં વહેંચી શકાય છે. આ જૂથો આ પ્રમાણે છે :

(i) આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો જૈવિક અણુઓના ઘટક તરીકે હોય છે અને આથી કોષોના રચનાત્મક તત્ત્વ તરીકે ઓળખાય છે. (દા.ત., કાર્બન, હાઇડ્રોજન, ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજન).

(ii) આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો જે વનસ્પતિઓમાં ઊર્જા સંબંધિત રાસાયણિક સંયોજનોના ઘટકો છે; દા.ત., હરિત દ્રવ્યમાં મૅગ્નેશિયમ અને ATP નાં બંધારણમાં ફૉસ્ફરસ.

(iii) આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો જે ઉત્સેચકોની સક્રિયતા અને અવરોધકતા સાથે સંકળાયેલા છે ઉદાહરણ તરીકે Mg^{+2} એ રિબ્યુલોઝ બાયફૉસ્ફેટ કાર્બોક્ઝાયલેઝ ઑક્સિજીનેઝ (RuBisCO) અને ફૉસ્ફોઇનોલ પાયરૂવેટ કાર્બોક્ઝાયલેઝ બંનેને સક્રિય કરે છે. આ બંને ઉત્સેચકો પ્રકાશસંશ્લેષણમાં કાર્બન સ્થાપન માટે અતિ મહત્ત્વપૂર્ણ છે. Zn^{+2} એ આલ્કોહોલ ડીહાઈડ્રોજીનેઝને સક્રિય કરે છે અને Mo, નાઇટ્રોજન ચયાપચય દરમિયાન નાઇટ્રોજીનેઝને સક્રિય કરે છે. શું તમે આ જૂથમાં કેટલાક અન્ય ખનીજ તત્ત્વોનાં નામ ઉમેરી શકો છો ? આ માટે તમારે કેટલાંક જૈવ રાસાયણિક પરિપથોનો અભ્યાસ કરવો આવશ્યક છે, જેનો તમે અગાઉ અભ્યાસ કરેલ છે.

(iv) કેટલા આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો કોષની આસૃતિ ક્ષમતાને બદલે છે. પોટૅશિયમની હાજરી પર્ણરંધ્રો કે વાયુરંધ્રોને ખોલવા અને બંધ કરવામાં અગત્યની ભૂમિકા ભજવે છે. તમે કોષની જલક્ષમતાને નક્કી કરતાં ખનીજ તત્ત્વોના દ્રાવ્ય પદાર્થના સ્વરૂપની ભૂમિકાને યાદ કરો.

12.2.2 ગુરૂ અને લઘુપોષક તત્ત્વોની ભૂમિકા (Role of Macro and Micro-nutrients)

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો ઘણાં કાર્યો કરે છે. તે વનસ્પતિઓના કોષોની વિવિધ ચયાપચયની ક્રિયાઓમાં ભાગ લે છે. જેવી કે કોષરસપટલની પ્રવેશશીલતા, કોષીય પ્રવાહીની આસૃતિ- સાંદ્રતાનું નિયંત્રણ, ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન તંત્ર, બફર ક્રિયાવિધિ, ઉત્સેચકકીય ક્રિયાશીલતા અને મહાઅણુઓ તથા સહઉત્સેચકના મુખ્ય ઘટકોનું કાર્ય કરે છે.

આવશ્યક ખનીજ પોષક તત્ત્વોનાં વિવિધ સ્વરૂપો અને તેમના કાર્યો નીચે પ્રમાણે છે :

નાઇટ્રોજન : આ તત્ત્વની આવશ્યકતા વનસ્પતિઓમાં સૌથી વધારે માત્રામાં હોય છે. આ તત્ત્વનું શોષણ મુખ્યત્વે ભૂમિમાંથી NO_3^- ના સ્વરૂપમાં થાય છે. પરંતુ કેટલીક માત્રામાં NO_2^- કે NH_4^+ ના સ્વરૂપમાં પણ શોષણ પામે છે. આ તત્ત્વની આવશ્યકતા વનસ્પતિઓના બધા જ ભાગોમાં, ખાસ કરીને વર્ધમાન પેશીઓમાં તેમજ ચયાપચયિક સક્રિય કોષોમાં હોય છે. નાઇટ્રોજન એ પ્રોટીન, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ્સ, વિટામિન અને અંતઃસ્રાવોનો એક મુખ્ય બંધારણીય ઘટક છે.

ફૉસ્ફરસ : ફૉસ્ફરસ વનસ્પતિઓ દ્વારા ફૉસ્ફેટ આયનો ($H_2PO_4^{-1}$ કે HPO_4^{-2})ના સ્વરૂપે જમીનમાંથી શોષાય છે. ફૉસ્ફરસ કોષરસપટલ કેટલાક પ્રોટીન, બધા જ ન્યુક્લિઇક ઍસિડ અને ન્યુક્લિઓટાઇડનો બંધારણીય ઘટક છે તથા બધી જ ફૉસ્ફોરાયલેશન પ્રક્રિયા માટે જરૂરી છે.

પોટૅશિયમ : વનસ્પતિઓ દ્વારા તેઓનું શોષણ પોટૅશિયમ આયન(K^+)ના સ્વરૂપે થાય છે. તેની જરૂરિયાત વનસ્પતિઓની વર્ધમાન પેશીઓ, કલિકાઓ, પર્ણો અને મૂળાગ્રમાં વધારે માત્રામાં હોય છે. પોટૅશિયમ, કોષોમાં ધનાયન-ઋણાયન સંતુલન કે આયનિક સંતુલનને જાળવવામાં મદદરૂપ થાય છે. તે પ્રોટીન સંશ્લેષણ, વાયુરંધ્રો કે પર્ણરંધ્રોની ઉઘાડ બંધની ક્રિયામાં, ઉત્સેચકની સક્રિયતામાં અને કોષોની આશૂનતાની જાળવણીમાં મદદરૂપ છે.

કૅલ્શિયમ : વનસ્પતિઓ કૅલ્શિયમ આયન (Ca^{+2})ના સ્વરૂપમાં જમીનમાંથી શોષણ કરે છે. કૅલ્શિયમ વર્ધનશીલ પેશીઓ અને વિભેદન પામતી પેશીઓ માટે જરૂરી હોય છે. કોષવિભાજન દરમિયાન કોષદીવાલના સંશ્લેષણમાં ઉપયોગી છે. ખાસ કરીને મધ્યપટલમાં કૅલ્શિયમ પેક્ટેટ તરીકે તેમજ સમસૂત્રીત્રાકના નિર્માણ દરમિયાન પણ જરૂરી છે. જૂના પર્ણોમાં સંગ્રહ પામે છે. તે કોષરસપટલની સામાન્ય ક્રિયાઓ સાથે પણ સંકળાયેલ છે. તે કેટલાક ઉત્સેચકોને સક્રિય કરે છે અને ચયાપચયિક ક્રિયાઓના નિયમનમાં મહત્ત્વનો ભાગ ભજવે છે.

મૅગ્નેશિયમ : તે વનસ્પતિઓ દ્વારા દ્વિસંયોજક મૅગ્નેશિયમ (Mg^{+2}) આયનના સ્વરૂપે શોષણ પામે છે. તે પ્રકાશસંશ્લેષણ અને શ્વસન ક્રિયાના ઉત્સેચકોને સક્રિયતા આપે છે અને DNA અને RNAના સંશ્લેષણમાં ભાગ લે છે. મૅગ્નેશિયમ (Mg) ક્લોરોફિલની વલય રચનાનો બંધારણીય ઘટક છે અને રિબોઝોમના બંધારણને જાળવી રાખવામાં મદદરૂપ થાય છે.

સલ્ફર : વનસ્પતિઓ સલ્ફરને સલ્ફેટ $\left(SO_4^{-2}\right)$ના સ્વરૂપમાં મેળવે છે. તે સિસ્ટીન (Cysteine) અને મિથિયોનીન (Methionine) નામના એમિનો ઍસિડોમાં મળી આવે છે અને કેટલાક સહઉત્સેચકો તેમજ વિટામિનો (થાયેમીન, બાયોટીન, કૉએન્ઝાઇમ A) તથા ફેરેડોક્સીનના મુખ્ય ઘટક છે.

આયર્ન (લોહ) : વનસ્પતિ આયર્ન(લોહ)ને ફેરિક આયન (Fe^{+3})ના સ્વરૂપમાં મેળવે છે. વનસ્પતિઓમાં તેમની આવશ્યકતા, અન્ય લઘુપોષક તત્ત્વની તુલનામાં વધારે માત્રામાં જરૂરી છે. તે ફેરેડૉક્સિન અને સાઇટોક્રોમ જેવા ઇલેક્ટ્રૉન્સ (વીજાણુઓ)ના પરિવહન સાથે સંકળાયેલા પ્રોટીનનો પણ મુખ્ય ઘટક છે. ઇલેક્ટ્રૉન પરિવહન દરમિયાન તેનું Fe^{+2}માંથી Fe^{+3}ના સ્વરૂપમાં પ્રતિવર્તી ઑક્સિડેશન થાય છે. તે કેટાલેઝ ઉત્સેચકને સક્રિય કરે છે અને હરતિદ્રવ્યના નિર્માણ માટે આવશ્યક છે.

મેંગેનીઝ : મેંગેનીઝ આયન (Mn^{+2})ના સ્વરૂપમાં તે શોષણ પામે છે. તે પ્રકાશસંશ્લેષણ, શ્વસન અને નાઇટ્રોજન ચયાપચય સાથે સંકળાયેલા અનેક ઉત્સેચકોને સક્રિય કરે છે. મેંગેનીઝનું શ્રેષ્ઠ કાર્ય પ્રકાશસંશ્લેષણ દરમિયાન પાણીનું વિભાજન કરી ઑક્સિજનને મુક્ત કરવાનું છે.

ઝિંક : વનસ્પતિઓ ઝિંક આયન (Zn^{+2})ના સ્વરૂપે ઝિંક મેળવે છે. તે વિવિધ ઉત્સેચકો, ખાસ કરીને કાર્બોક્ઝાયલેઝને સક્રિય કરે છે. તેની આવશ્યકતા ઑકિઝન સંશ્લેષણમાં પણ હોય છે.

કૉપર : તે ક્યુપ્રિક આયન (Cu^{+2})ના સ્વરૂપે શોષણ પામે છે. તે વનસ્પતિઓની બધી જ ચયાપચય ક્રિયાઓ માટે આવશ્યક છે. આયર્નની જેમ તે પણ રેડૉક્ષ પ્રક્રિયાઓની સાથે સંકળાયેલ કેટલાક ઉત્સેચકોની સાથે સંકળાયેલ રહે છે અને તે પણ પ્રતિવર્તી દિશામાં Cu^{+}માંથી Cu^{+2}માં ઑક્સિડેશન પામે છે.

બોરોન : તે BO_3^{-3} અથવા $B_4O_7^{-2}$ આયનોના સ્વરૂપમાં શોષણ પામે છે. તેની આવશ્યકતા Ca^{+2}ના શોષણ અને ઉપયોગ માટે, પટલની કાર્યશીલતા જાળવવા, પરાગરજના અંકુરણ, કોષ વિસ્તરણ, કોષ વિભેદન તેમજ કાર્બોદિતનાં સ્થળાંતરણમાં ભાગ લે છે.

મોલિબ્ડેનમ : વનસ્પતિઓ તેને મોલિબ્ડેટ આયન $\left(MoO_2^{+2}\right)$ના સ્વરૂપમાં મેળવે છે. તે નાઇટ્રોજન ચયાપચયમાં ભાગ લેતા ઘણા ઉત્સેચકો, જેવાં કે નાઇટ્રોજીનેઝ અને નાઇટ્રેટ રિડક્ટેઝ બંનેનો ઘટક છે.

ક્લોરિન : તે ક્લોરાઇડ આયનના (Cl^{-}) સ્વરૂપમાં શોષણ પામે છે. પોટૅશિયમ (K^{+}) તેમજ સોડિયમ (Na^{+})ની સાથે મળીને તે કોષોમાં દ્રાવ્ય પદાર્થની સાંદ્રતા અને એનાયન કેટાયન સંતુલન કે આયન સંતુલન નક્કી કરવામાં મદદરૂપ થાય છે. તે પ્રકાશસંશ્લેષણમાં પાણીના વિભાજનની ક્રિયાવિધિ માટે આવશ્યક છે, કે જેથી ઑક્સિજન મુક્ત થાય છે.

12.2.3 આવશ્યક તત્ત્વોની ઊણપનાં લક્ષણો (ચિહ્નો) (Deficiency Symptoms of Essential Elements)

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વોની મર્યાદિત પ્રાપ્યતા હોવાને લીધે વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ અવરોધાય છે. આવશ્યક તત્ત્વની જે સાંદ્રતાથી ઓછી સાંદ્રતાએ વનસ્પતિની વૃદ્ધિ અવરોધાય તે સાંદ્રતાને **સંક્રાંતિ સાંદ્રતા (Critical Concentration)** કહે છે. જ્યારે જે તત્ત્વની સાંદ્રતા તેની સંક્રાંતિ સાંદ્રતા કરતાં ઓછી હોય ત્યારે તે તત્ત્વોની ઉણપ છે તેમ કહેવાય.

પ્રત્યેક તત્ત્વ વનસ્પતિઓમાં એક કે વધુ ચોક્કસ સંરચનાત્મક અને કાર્યાત્મક ભૂમિકા ધરાવે છે, કોઈ નિયત તત્ત્વની ગેરહાજરીથી વનસ્પતિઓ કેટલાક બાહ્યાકાર ફેરફારો દર્શાવે છે. આવા બાહ્યાકાર ફેરફારો કોઈ ચોક્કસ તત્ત્વની ઉણપનું સૂચન કરે છે. જેને તત્ત્વની અપ્રાપ્યતાના કે ઉણપીય ચિહ્નો કહે છે. અપર્યાપ્તતાના લક્ષણો તત્ત્વ અનુસાર જુદા જુદા હોય છે. અને તેઓ તેની અપર્યાપ્તતાની પૂર્તિ કરવાથી દૂર થાય છે. આથી જો તે ઊણપો સતત જળવાઈ રહે તો છેવટે વનસ્પતિ મૃત્યુ પામે છે. વનસ્પતિનો જે ભાગ તત્ત્વની અપ્રાપ્યતાના લક્ષણો દર્શાવે છે. તેનો આધાર તત્ત્વની વહનશીલતા પર રહેલો છે. વનસ્પતિઓમાં સક્રિય રીતે વહન પામતા તત્ત્વો જે તરુણ, વિકાસશીલ પેશીઓમાં નિકાસિત થાય છે, તેવા કિસ્સામાં અપર્યાપ્તતાના લક્ષણો (ચિહ્નો) જીર્ણ પેશીઓમાં પહેલાં જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે નાઇટ્રોજન, પોટૅશિયમ અને મૅગ્નેશિયમની ઉણપના લક્ષણો સૌ પ્રથમ જીર્ણ પામેલ પર્ણોમાં જોવા મળે છે. જીર્ણ પર્ણોમાં, તે તત્ત્વ ધરાવતા જૈવિક અણુઓનું વિઘટન થાય છે. જેથી તરુણ પર્ણોમાં તેમના વહનને શક્ય બનાવે છે.

જ્યારે તત્ત્વ અવહનશીલ હોય છે અને પરિપક્વ અંગોમાંથી બહાર નીકળતા નથી ત્યારે અપર્યાપ્તતાના લક્ષણો તરુણ પેશીમાં પહેલા જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે સલ્ફર અને કૅલ્શિયમ તત્ત્વ જે કોષના સંરચનાત્મક

ઘટકના ભાગ રૂપે છે, આમ, તેઓ સરળતાથી છૂટા પડતા નથી. વનસ્પતિઓનાં ખનીજ પોષણનું આ પાસું કૃષિવિદ્યા અને બાગાયતવિદ્યા માટે આવશ્યક અને મહત્ત્વપૂર્ણ છે.

વનસ્પતિઓ દ્વારા દર્શાવાતા ઊણપીય લક્ષણોમાં ક્લોરોસીસ, નેક્રોસીસ, વનસ્પતિની કુંઠિત વૃદ્ધિ, કસમયે પર્ણો અને કલિકાઓનું ખરી પડવું અને કોષવિભાજનને અવરોધે વગેરેનો સમાવેશ થાય છે. ક્લોરોફિલનો ઘટાડો કે વ્યય થવાથી પર્ણો પીળા બને છે. તેને ક્લોરોસીસ કહે છે. આ લક્ષણ N, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn અને Moની ઉણપને લીધે સર્જાય છે. એ જ રીતે, Ca, Mg, Cu અને Kની ઉણપને કારણે નેક્રોસીસ, એટલે કે પેશીઓનું મૃત્યુ ચોક્કસપણે પર્ણની પેશીઓનું. N, K, S તેમજ Moનો અભાવ કે તેમના ઓછા પ્રમાણને કારણે કોષવિભાજન અવરોધાય. કેટલાંક તત્ત્વો જેવાં કે N, S તેમજ Moની સાંદ્રતા ઓછી થવાને કારણે વનસ્પતિઓમાં પુષ્પસર્જન વિલંબાય છે.

ઉપરોક્ત વર્ણનથી તમે જોઈ શકો છો કે કોઈ પણ તત્ત્વની ઊણપને કારણે ઘણાં લક્ષણો જોવા મળે છે અને આ એકસરખા લક્ષણો એક કે ઘણા વિવિધ તત્ત્વોની ઊણપથી ઉદ્‌ભવે છે. આમ, ઊણપ પામતું તત્ત્વ ઓળખવા માટે વનસ્પતિના વિવિધ ભાગોમાં જોવા મળતાં લક્ષણોનો અભ્યાસ કરવો પડે છે અને પ્રમાણિત કોષ્ટક સાથે તુલના કરવી પડે છે. આપણે એ વાતની પણ જાણકારી રાખવી પડે છે કે એક તત્ત્વની ઊણપ જુદી જુદી વનસ્પતિમાં ભિન્ન લક્ષણોની પ્રતિક્રિયા દર્શાવે છે.

12.2.4 લઘુપોષક તત્ત્વોની વિષારિતા (Toxicity of Micronutrients)

લઘુપોષક તત્ત્વોની જરૂરિયાત ન્યૂનતમ માત્રામાં હોય છે, જ્યારે થોડીક માત્રાની ઊણપથી પણ ઊણપજન્ય ચિહ્નો ઉદ્‌ભવે છે. તથા તેઓની માત્રામાં અલ્પ માત્રામાં પણ જો વધારો થાય તો તે વિષારિતા ઉત્પન્ન કરે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો સાંદ્રતાઓના સંકીર્ણ વિસ્તાર કે જેમાં કોઈ તત્ત્વ અનુકૂળતમ હોય છે. કોઈ પણ ખનીજ આયનની તે સાંદ્રતા જો પેશીઓના શુષ્કદળમાં 10 ટકાનો ઘટાડો થાય, તો તેને વિષારી ગણવામાં આવે છે. આવી તે સંક્રાંતિ સાંદ્રતા વિવિધ લઘુપોષક તત્ત્વોની વચ્ચે ભિન્ન હોય છે. વિષારિતાનાં લક્ષણો ઓળખવા મુશ્કેલ છે. અલગ-અલગ વનસ્પતિઓનાં તત્ત્વોની વિષારિતાના સ્તર ભિન્ન ભિન્ન હોય છે. કોઈક વાર કોઈ એક તત્ત્વનું વધુ પ્રમાણ બીજા તત્ત્વના અંતર્વહનને અવરોધે છે. ઉદાહરણ માટે, પીળાશ પડતી શિરાઓ દ્વારા વાદળી કે જાંબલી રંગના ડાઘાઓ દેખાય છે. જે મૅંગેનીઝની વિષારિતાનું મુખ્ય લક્ષણ છે. તે જાણવું આવશ્યક છે કે આયર્ન તેમજ મૅગ્નેશિયમની સાથે મૅંગેનીઝનો પ્રવેશ અને ઉત્સેચકની સાથે જોડાવા માટે મૅગ્નેશિયમ અને આયર્ન વચ્ચે સ્પર્ધા થાય છે. મૅંગેનીઝ પ્રરોહાગ્રમાં કૅલ્શિયમના શોષણને પણ અવરોધે છે. જેથી મૅંગેનીઝની વધુ માત્રાને લીધે વાસ્તવમાં આયર્ન, મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમની ઊણપ સર્જાય છે. આમ, જે લક્ષણ આપણને મૅંગેનીઝની ઊણપના પ્રતિત થાય છે, તે ખરેખર લોહ (આયર્ન), મૅગ્નેશિયમ અને કૅલ્શિયમની ઊણપથી જોવા મળે છે. શું આ જ્ઞાન ખેડૂતો, માળીઓ કે તમારા કિચન-ગાર્ડનમાં તમારા માટે મહત્ત્વનું છે ?

12.3 તત્ત્વોના શોષણની ક્રિયાવિધિ (Mechanism of Absorption of Elements)

વનસ્પતિઓ દ્વારા તત્ત્વોની શોષણની ક્રિયાવિધિનો અભ્યાસ અલગ તારવેલા કોષો, પેશીઓ કે અંગોમાં કરવામાં આવે છે. પ્રથમ તબક્કામાં, આયનોનું અપદ્રવ્ય પથ દ્વારા કોષના મુક્ત અવકાશ (free space) કે બાહ્ય અવકાશ (outer space)માં ઝડપથી અંતઃગ્રહણ થાય છે, જે નિષ્ક્રિય

વહન છે. બીજા તબક્કામાં, આયનોનું કોષના 'આંતરિક અવકાશ' (inner space)માં ધીમું વહન થાય છે, જે સંદ્રવ્યપથ છે. અપદ્રવ્ય પથમાં આયનોનું નિષ્ક્રિય વહન સામાન્ય રીતે આયન માર્ગો (ચેનલો) તથા પાર પટલ પ્રોટીન જે પસંદગીશીલ છિદ્ર તરીકે વર્તે છે. તેના દ્વારા થાય છે. બીજી તરફ સંદ્રવ્ય પથમાં આયનોનો પ્રવેશ અને નિકાલ માટે ચયાપચાયક ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે કે જે એક **સક્રિય** પ્રક્રિયા છે. આયનોના વહનને સામાન્ય રીતે **ફ્લક્સ (Flux)** કહે છે. તેઓ કોષોની અંદરની તરફ વહન પામે તો તેને ઇનફ્લક્સ (Influx) અને કોષોની બહાર વહન પામે તો તેને ઇફ્લક્સ (Efflux) કહે છે તે તમે પ્રકરણ 11માં અભ્યાસ કર્યો છે. વનસ્પતિઓમાં ખનીજ ક્ષારોનું શોષણ અને વહન કેવી રીતે વહન થાય છે.

12.4 દ્રાવ્ય પદાર્થોનું સ્થળાંતરણ (Translocation of Solutes)

ખનીજ ક્ષારો જલવાહકના માધ્યમથી પાણીના ઉર્ધ્વ પ્રવાહની સાથે વહન પામે છે, જે વનસ્પતિમાં બાષ્પોત્સર્જનથી સર્જાતા ખેંચાણ બળ દ્વારા ઉપરની તરફ પાણી ઉર્ધ્વગમન પામે છે. જલવાહક રસના વિશ્લેષણથી ખનીજ ક્ષારોની હાજરીને તેમાં જાણી શકાય છે કે તેઓ ખનીજ ક્ષારો ધરાવે છે. વનસ્પતિઓમાં રેડિયો સમસ્થાનિક(Radioisotope)ના ઉપયોગથી પણ તે પ્રમાણિત કરી શકાય છે કે ખનીજ તત્ત્વો વનસ્પતિઓમાં જલવાહકના માધ્યમથી પરિવહન પામે છે. તમે જલવાહકના માધ્યમથી પાણીના વહનની ચર્ચા પ્રકરણ 11માં કરી ચૂક્યા છો.

12.5 ભૂમિ, આવશ્યક તત્ત્વોના સંચય સ્થાન તરીકે (Soil as Reservour of Essential Elements)

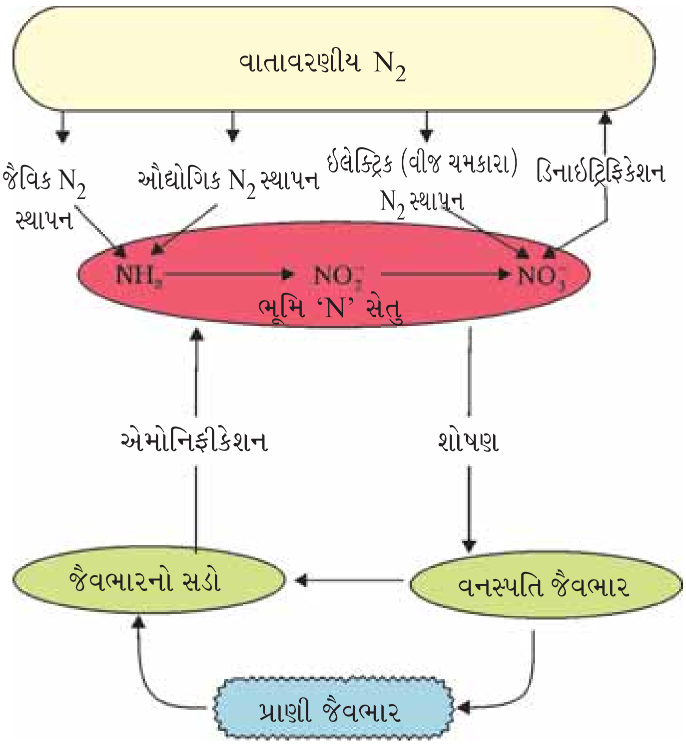
મોટા ભાગનાં ખનીજો વનસ્પતિઓની વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ માટે આવશ્યક છે અને તેઓ ખડકોના તૂટવાથી તેમજ ક્ષરણ પામવાથી વનસ્પતિઓના મૂળને તેમની પ્રાપ્ત થાય છે. આવી પ્રક્રિયાઓ ભૂમિને દ્રાવ્ય આયનો અને અકાર્બનિક ક્ષારોથી સમૃદ્ધ કરે છે. તેઓ ખડકોમાં રહેલા ખનિજો દ્વારા પ્રાપ્ત થાય છે; જેથી વનસ્પતિ પોષણમાં તેઓની ભૂમિકાને ખનીજ પોષણ કહેવાય છે. ભૂમિ ઘણા પ્રકારના પદાર્થો ધરાવે છે. ભૂમિ માત્ર ખનીજની પ્રાપ્યતા કરતી નથી પરંતુ નાઇટ્રોજન સ્થાપન કરનારા જીવાણુ અને અન્ય સૂક્ષ્મજીવોને સંરક્ષણ આપે છે, પાણીનો સંગ્રહ પણ કરે છે, તેમજ મૂળને હવાની પ્રાપ્યતા બક્ષે છે તથા વનસ્પતિઓનું સ્થાપન કરવા માટેનો આધાર આપે છે. જો કે આવશ્યક ખનીજોની ઊણપ ખેતીવિષયક પાકને નુકસાન પહોંચાડે છે. જેથી કૃત્રિમ ખાતરો દ્વારા આવશ્યકતા પૂરી પાડવામાં આવે છે. ગુરૂપોષક તત્ત્વો (N, P, K, S વગેરે) અને લઘુ પોષક તત્ત્વો (Cu, Zn, Fe, Mn વગેરે) બંને ખાતરોના ઘટકો છે અને તેમને જરૂરિયાત મુજબ ઉમેરવામાં આવે છે.

12.6 નાઇટ્રોજન ચયાપચય (Metabolism of Nitrogen)

12.6.1 નાઇટ્રોજન ચક્ર (Nitrogen Cycle)

જીવંત સજીવોમાં કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન ઉપરાંત નાઇટ્રોજન પણ મુખ્ય તત્ત્વ છે. નાઇટ્રોજન એમિનો ઍસિડ્સ, પ્રોટીન, અંતઃસ્ત્રાવો, હરિત દ્રવ્ય અને મોટા ભાગના વિટામિન્સનો બંધારણીય ઘટક છે. ભૂમિમાં રહેલા મર્યાદિત નાઇટ્રોજન માટે વનસ્પતિએ સૂક્ષ્મ જીવો સાથે સ્પર્ધા

કરવી પડે છે. આમ, નાઇટ્રોજન નૈસર્ગિક તેમજ કૃષિ નિવસનતંત્ર એમ બંને માટે સીમાંતક ખનીજ પોષક તત્ત્વ તરીકે છે. નાઇટ્રોજનમાં નાઇટ્રોજનના બે પરમાણુઓ મજબૂત ત્રણસહસંયોજક બંધથી જોડાયેલા છે ($N \equiv N$), નાઇટ્રોજન (N_2)નું એમોનિયામાં રૂપાંતરણ થવાની પ્રક્રિયાને **નાઇટ્રોજન સ્થાપન** કહે છે. પ્રકૃતિમાં, વીજળીના ચમકારા અને પારજાંબલી વિકિરણો નાઇટ્રોજનને નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ(NO, NO_2, N_2O)માં ફેરવવા માટે ઊર્જા પૂરી પાડે છે. ઔદ્યોગિક દહન, જંગલમાં લાગેલી આગ, વાહનોનો ધુમાડો અને વીજ ઉત્પાદન કેન્દ્ર પણ વાતાવરણીય નાઇટ્રોજન ઑક્સાઈડનો સ્રોત છે. મૃત વનસ્પતિઓ તેમજ પ્રાણીઓમાં આવેલા કાર્બનિક નાઇટ્રોજનનું એમોનિયામાં વિઘટન થવાની ક્રિયાને એમોનીફીકેશન કહેવાય છે. તેમાંથી કેટલોક એમોનિયા બાષ્પીભવન પામીને વાતાવરણમાં પુનઃ પ્રવેશે છે. પરંતુ મોટા ભાગનાં એમોનિયા ભૂમિમાં આવેલા સૂક્ષ્મજીવો દ્વારા નાઇટ્રેટમાં ફેરવાય છે. જે નીચેના તબક્કાઓ પ્રમાણે થાય છે.



આકૃતિ 12.3 : જે મુખ્ય નાઇટ્રોજન સેતુઓ - વાતાવરણ, ભૂમિ અને જૈવભાર સાથે સંબંધ દર્શાવતું નાઇટ્રોજન ચક્ર

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2NO_2^- + 2H^+ + 2H_2O \quad ....(i)$$

$$2NO_2^{-2} + O_2 \longrightarrow 2NO_3^- \quad ....(ii)$$

સૌ પ્રથમ એમોનિયાનું ઑક્સિડેશન નાઇટ્રોસોમોનાસ અને/અથવા નાઇટ્રોકોક્સ બેક્ટેરિયા (જીવાણુ) દ્વારા નાઇટ્રાઇટમાં થાય છે. નાઇટ્રાઇટનું નાઇટ્રોબેક્ટર બેક્ટેરિયાની મદદથી નાઇટ્રેટમાં ઑક્સિડેશન થાય છે. આ પ્રક્રિયાઓને **નાઇટ્રિફિકેશન** કહેવાય છે **(આકૃતિ 12.3)**. આ નાઇટ્રિફાઇંગ બેક્ટેરિયા **રસાયણ સ્વોપજીવી (Chemoautotroph)** હોય છે.

વનસ્પતિ આ પ્રકારે નિર્માણ પામેલ નાઇટ્રેટનું શોષણ કરી પર્ણો તરફ વહન કરે છે. પર્ણોમાં, તેનું રીડક્શન કરીને એમોનિયા બનાવે છે કે જે એમિનો ઍસિડનો એમિનો સમૂહ બનાવે છે. ભૂમિમાં આવેલ નાઇટ્રેટ પણ ડિનાઇટ્રિફિકેશન દ્વારા નાઇટ્રોજનમાં રીડક્શન પામે છે. ડિનાઇટ્રિફિકેશનની પ્રક્રિયા સ્યુડોમોનાસ તેમજ થાયોબેસિલસ બેક્ટેરિયા દ્વારા થાય છે.

12.6.2 જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપન (Biological Nitrogen Fixation)

નાઇટ્રોજન હવામાં પ્રચુર માત્રામાં આવેલો હોવા છતાં, ઘણા ઓછા સજીવો નાઇટ્રોજનનો સીધો ઉપયોગ કરી શકે છે. કેટલીક આદિકોષકેન્દ્રીય (પ્રોકેરિયોટિક) જાતિઓમાં જ ફક્ત નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરવા

સક્ષમ છે. સજીવો દ્વારા નાઇટ્રોજનનું એમોનિયામાં રીડક્શન થવાથી તેને **જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપન** કહેવાય છે. નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક કે જે નાઇટ્રોજનનું રીડક્શન કરે છે તે સામાન્યતઃ આદિ કોષકેન્દ્રીય સજીવોમાં વિશિષ્ટપણે આવેલા હોય છે. આવા સૂક્ષ્મજીવો N_2 સ્થાપકો કહેવાય છે.

$$N \equiv N \xrightarrow{\text{નાઇટ્રોજીનેઝ}} NH_3$$

નાઇટ્રોજન સ્થાપક સૂક્ષ્મજીવો મુક્તજીવી (સ્વતંત્ર) કે સહજીવી હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે એ નાઇટ્રોજન સ્થાપક જારક સૂક્ષ્મ જીવાણુઓ સ્વતંત્ર કે મુક્ત જીવી એઝેટોબેક્ટર (*Azotobacter*) અને બાઇજર્નિકિયા (*Beijernickia*) જ્યારે રોડોસ્પાઇરિલિયમ (*Rhodospirilum*) અજારક પ્રકારના છે અને બેસિલસ (*Bacillus*) મુક્તજીવી છે. વધુમાં તેની સાથે કેટલાક નીલહરિત બેક્ટેરિયા જેવા કે એનાબીના (*Anabaena*), નોસ્ટૉક (*Nostoc*) પણ સ્વતંત્ર કે મુક્ત જીવી નાઇટ્રોજન સ્થાપક છે.

સહજીવી જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપન (Symbiotic Biological Nitrogen Fixation) :

સહજીવી જૈવિક નાઇટ્રોજન સ્થાપનના કેટલાક પ્રકારોનું જૂથ જાણીતું છે. આ બધામાં મુખ્યત્વે શિમ્બી વનસ્પતિઓના મૂળ (Legume) અને બેક્ટેરિયા (જીવાણુ) વચ્ચે સંબંધ સ્થપાયેલો હોય છે. અલ્ફાલ્ફા (રજકો), સ્વીટ ક્લોવર (કપીલો), વટાણા, મસૂર, બગીચાના વટાણા, બ્રોડ બીન્સ (બાફળા), ક્લોવર બીન (ગંગેટી) (વાલ) વગેરેના મૂળમાં દંડાકાર રાઇઝોબિયમ પ્રજાતિ આ પ્રકારનો સંબંધ ધરાવે છે. સૌથી સામાન્ય સહજીવન મૂળની ગાંઠોના સ્વરૂપમાં થાય છે. આ ગાંઠો મૂળ પરના બહિરુદ્‌ભેદ છે. (મૂળગંડિકાઓ). લેગ્યુમિનોસ સિવાયની વનસ્પતિઓ(દા.ત. એલ્નસ)ના મૂળ પર સૂક્ષ્મ જીવ ફ્રેન્કિયા (Frankia) N_2 સ્થાપક ગ્રંથિઓ ગંડિકાઓ ઉત્પન્ન કરે છે. રાઇઝોબિયમ અને ફ્રેન્કિયા બંને ભૂમિમાં મુક્ત જીવી છે; પરંતુ સહજીવીના રૂપમાં વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરી શકે છે.

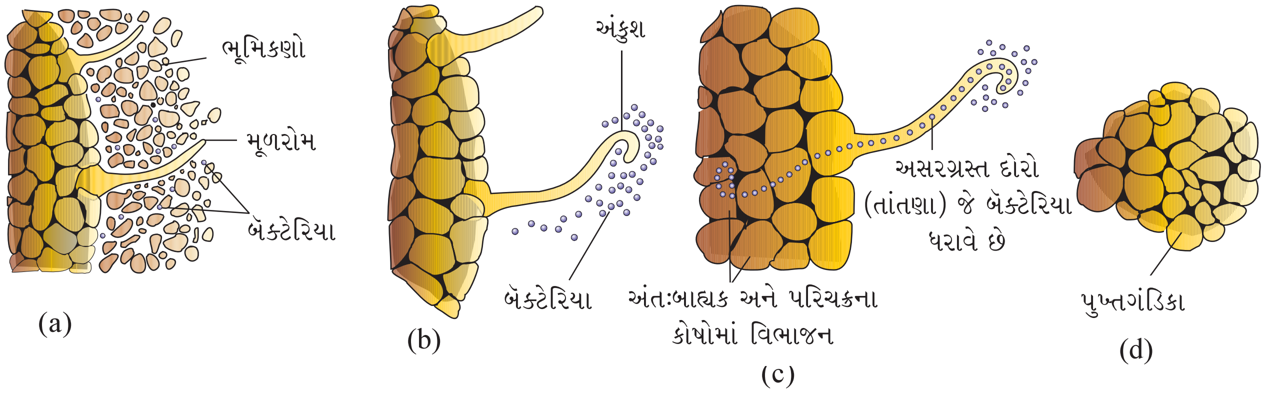
પુષ્પસર્જન પહેલાં કોઈ કઠોળના એક છોડને મૂળથી ઉખાડો, તમે મૂળ પર લગભગ ગોળાકાર બહિરુદ્‌ભેદ જોઈ શકશો, તે ગંડિકાઓ છે. જો તમે તેઓનો છેદ લઈને કેન્દ્રસ્થ ભાગ જોશો તો તે લાલ કે ગુલાબી રંગનો દેખાય છે. ગંડિકાઓને ગુલાબી કોણ બનાવે છે ? આ રંગ લેગ્યુમિનસ હીમોગ્લોબીન કે લેગહિમોગ્લોબીનને લીધે સર્જાય છે.

મૂળગંડિકાનું નિર્માણ (Nodule Formation) :

ગંડિકા નિર્માણમાં યજમાન વનસ્પતિઓના મૂળ તેમજ રાઇઝોબિયમ બેક્ટેરિયા વચ્ચે થતી ઘણી શ્રેણીબદ્ધ આંતર ક્રિયાઓ સંકળાયેલ છે. ગંડિકા નિર્માણના ચાર તબક્કાઓ નીચે મુજબ છે :

રાઇઝોબિયમ બહુગુણન પામીને મૂળની આસપાસ વસાહત રચે છે અને અધિસ્તર અને મૂળરોમના કોષો સાથે જોડાઈ જાય છે. મૂળરોમમાં વહન પામે છે અને જીવાણુ મૂળરોમમાં પ્રવેશે છે. એક સંક્રમિત તાંતણા જેવી રચના ઉત્પન્ન થાય છે. જે જીવાણુને મૂળના બાહ્યક (Cortex) સુધી લઈ જાય છે કે જ્યાં તેઓ ગંડિકા નિર્માણની શરૂઆત કરે છે. ત્યાર બાદ જીવાણુ તાંતણાથી મુક્ત થઈને કોષોમાં દાખલ થાય છે, જ્યાં તે વિશિષ્ટ નાઇટ્રોજન સ્થાપન કોષોમાં વિભેદન પામે છે. આ પ્રકારે ગંડિકાનું નિર્માણ થાય છે. જે યજમાનની વાહક પેશી સાથે પોષક તત્ત્વોની આપલે માટે સંકળાય છે. આ ઘટનાક્રમ આકૃતિ 12.4માં દર્શાવેલી છે.

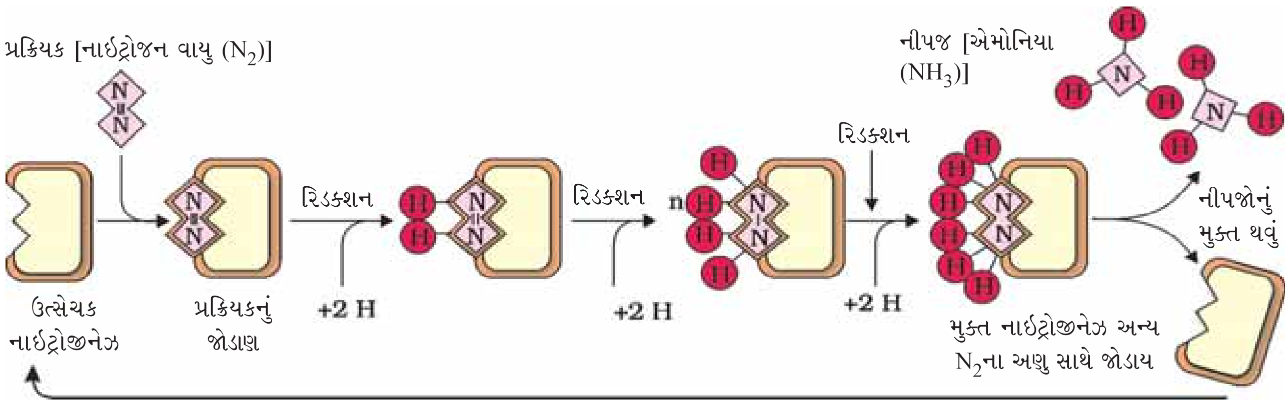
આ ગંડિકાઓમાં નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક તેમજ લેગહીમોગ્લોબિન જેવા બધા જૈવ રાસાયણિક ઘટકો સમાયેલા હોય છે. નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક Mo–Fe યુક્ત પ્રોટીન છે જે વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનને એમોનિયામાં પરિવર્તન કરવા માટે ઉત્પ્રેરિત કરે છે (**આકૃતિ 12.5**). જે નાઇટ્રોજન સ્થાપનની પ્રથમ સ્થાયી નીપજ છે.



આકૃતિ 12.4 : સોયાબીનમાં મૂળગંડિકાનો વિકાસ (a) રાઇઝોબિયમ જીવાણુ ગ્રહણશીલ મૂળરોમના સંપર્કમાં આવી તેમની નજીક વિભાજીત થાય છે. (b) સંક્રમણ પછી મૂળરોમમાં વલનને પ્રેરિત કરે છે. (c) સંક્રમણ પામેલ રચના (સૂત્ર જેવી) જીવાણુઓનો બાહ્યકની અંદર તરફ લઈ જાય છે. જીવાણુ દંડ (સળિયા) આકારની જીવાણુસમ રચનાઓમાં રૂપાંતરિત થાય છે અને અંતઃબાહ્યક એટલે કે અંતઃસ્તર તેમજ પરિચક્રના કોષોમાં વિભાજન પ્રેરે છે. બાહ્યક અને પરિચક્રના કોષોના વિભાજન તેમજ વૃદ્ધિ, ગંડિકા નિર્માણને પ્રેરે છે. (d) મૂળની વાહક પેશી સાથે સાતત્ય ધરાવતી પુખ્ત મૂળગંડિકા સર્જાય છે. તેનું સમીકરણ આ પ્રકારનું છે.

$$N_2 + 8e^- + 8H^+ + 16\ ATP \longrightarrow 2NH_3 + H_2 + 16\ ADP + 16P_i$$

નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચક આણ્વિક ઑક્સિજન પ્રત્યે અત્યંત સંવેદનશીલ હોય છે. તેને અજારક વાતાવરણની આવશ્યકતા હોય છે. ઉત્સેચકને ઑક્સિજનથી રક્ષિત કરવા માટે ગંડિકા દ્વારા અનુકૂલન સાધેલું હોય છે. આ ઉત્સેચકોની સુરક્ષા માટે ગંડિકાઓ એક ઑક્સિજનગ્રાહી (Scavenger) ધરાવે છે જેને લેગહીમોગ્લોબિન (Lb) કહે છે. તે એક રસપ્રદ બાબત છે કે મુક્તજીવી અવસ્થાઓમાં આવા સૂક્ષ્મજીવો જારક પ્રકારના હોય છે (જ્યાં નાઇટ્રોજીનેઝ ક્રિયાશીલ હોતો નથી) પરંતુ નાઇટ્રોજન સ્થાપનની ઘટના દરમિયાન તેઓ અજારક બને છે. (આથી નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચકની સુરક્ષા કરે છે) ઉપર દર્શાવેલ સમીકરણમાં તમે નોંધ્યું કે નાઇટ્રોજીનેઝ દ્વારા એમોનિયાના સંશ્લેષણ માટે ખૂબ જ વધુ ઊર્જાની



આકૃતિ 12.5 : નાઇટ્રોજન સ્થાપક બેક્ટેરિયામાં જોવા મળતા નાઇટ્રોજીનેઝ ઉત્સેચકીય સંકુલ દ્વારા વાતાવરણમાં રહેલા નાઇટ્રોજન (N_2) વાયુનું એમોનિયામાં રૂપાંતરણના વિવિધ તબક્કાઓ

અનિવાર્યતા હોય છે. (એક NH_3 અણુ માટે 8ATP જોઈએ). આથી જરૂરી ઊર્જા તેઓ યજમાન કોષોમાં થતા શ્વસનમાંથી મેળવે છે.

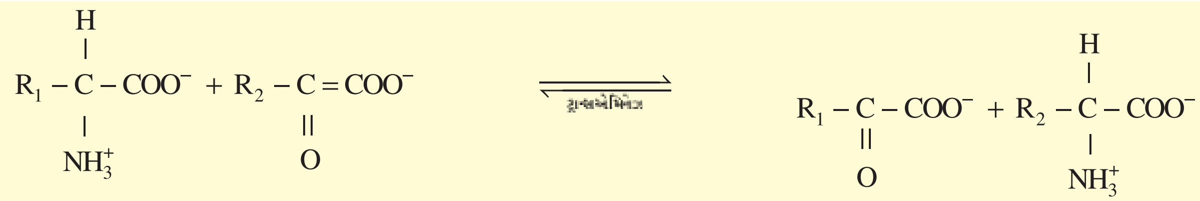
એમોનિયાનું ભાવિ (Fate of Ammonia)

એમોનિયાના દેહધાર્મિક રીતે નિયત pH આંકે નત્રલીકરણ (પ્રોટોનીકરણ) પામ્યા બાદ NH_4^+ (એમોનિયમ આયન)માં રૂપાંતરિત થાય છે, જ્યારે મોટા ભાગની વનસ્પતિઓ નાઇટ્રેટ તેમજ એમોનિયમ આયનને પણ આયનની જેમ સંચિત કરી શકે છે. પછી તે વનસ્પતિઓ માટે વિષકારક બને છે અને આથી વનસ્પતિઓ તેઓને સંચિત કરી શકતી નથી. આવો, આપણે જોઈએ કે વનસ્પતિઓમાં એમોનિયમ આયન $\left(NH_4^+\right)$ કઈ રીતે એમિનો ઍસિડોનું સંશ્લેષણ કરવા માટે ઉપયોગી છે. આમ થઈ શકવા માટે બે મુખ્ય પરિપથો છે :

(i) **રિડક્ટિવ એમિનેશન :** આ પ્રક્રિયામાં એમોનિયા α - કિટોગ્લુટેરિક ઍસિડની સાથે પ્રક્રિયા કરીને ગ્લુટેમિક ઍસિડ બનાવે છે નીચે આપેલા સમીકરણમાં સૂચિત થાય છે.

$$\alpha - \text{કિટોગ્લુટેરિક ઍસિડ} + NH_4^+ + NADPH \xrightarrow{\text{ગ્લુટેમેટ ડિહાઇડ્રોજીનેઝ}} \text{ગ્લુટેમેટ} + H_2O + NADP$$

(ii) **ટ્રાન્સઍમિનેશન :** આમાં એક એમિનો ઍસિડમાંથી એમિનો સમૂહનું અન્ય કિટો ઍસિડના કિટો સમૂહમાં સ્થળાંતરણ થવાની પ્રક્રિયા સંકળાયેલી છે. ગ્લુટેમિક ઍસિડ મુખ્ય એમિનો ઍસિડ છે, કે જેમાંથી એમિનો સમૂહ (NH_2) સ્થળાંતરણ પામે છે અને આ એમિનો સમૂહ દ્વારા બીજા એમિનો ઍસિડ્સનું નિર્માણ ટ્રાન્સએમિનેશન દ્વારા થાય છે. **ટ્રાન્સએમિનેઝ** ઉત્સેચક આ રીતની બધી પ્રક્રિયાઓને પ્રેરિત કરે છે. ઉદાહરણ માટે,



એમિનો-દાતા **એમિનો-ગ્રાહી**

વનસ્પતિઓમાં એસ્પરજીન અને ગ્લુટેમિન બે મુખ્ય એમાઇડ મળી આવે છે. જે પ્રોટીનનો રચનાત્મક ભાગ છે. તેઓ બે એમિનો ઍસિડ ક્રમશઃ એસ્પાર્ટિક ઍસિડ અને ગ્લુટેમિક ઍસિડમાંથી પ્રત્યેકની સાથે એમિનો સમૂહ જોડીને કે ઉમેરાઈને નિર્માણ પામે છે. આ પ્રક્રિયામાં ઍસિડનો હાઇડ્રોક્સિલ સમૂહ અન્ય NH_2 મૂલકથી વિસ્થાપિત થાય છે. એમાઇડ્સ કે જે એમિનો ઍસિડ કરતાં વધુ નાઇટ્રોજન ધરાવે છે, આમ તેઓ જલવાહક પેશીઓ દ્વારા વનસ્પતિના અન્ય ભાગોમાં સ્થળાંતરિત થઈ જાય છે, વધુમાં કેટલીક વનસ્પતિઓ (જેવી કે સોયાબીન)ની ગંડિકાઓ ઉત્સ્વેદનના પ્રવાહની સાથે સ્થાયી નાઇટ્રોજનનું યુરિડ્સ (Ureides)ના સ્વરૂપે નિકાલ પામે છે. આ સંયોજનો કાર્બનની તુલનામાં નાઇટ્રોજનનું વધુ પ્રમાણ ધરાવે છે.

સારાંશ

વનસ્પતિ અકાર્બનિક પોષકતત્ત્વો હવા, પાણી અને ભૂમિમાંથી મેળવે છે. વનસ્પતિઓ ઘણા પ્રકારના ખનીજ તત્ત્વોનું શોષણ કરે છે. વનસ્પતિઓને તેમના દ્વારા શોષણ પામેલા બધા પ્રકારના ખનીજ તત્ત્વોની આવશ્યકતા હોતી નથી. અત્યાર સુધી 105 થી પણ વધારે ખનીજ તત્ત્વોનું સંશોધન થયેલું છે તેમાંથી 21થી ઓછા ખનીજ તત્ત્વ વનસ્પતિઓની સામાન્ય વૃદ્ધિ તેમજ વિકાસ માટે અનિવાર્ય તેમજ લાભદાયક હોય છે. વધુ પ્રમાણમાં આવેલા આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો ગુરૂપોષક તત્ત્વો અને ઓછા પ્રમાણમાં

આવશ્યક ખનીજ તત્ત્વો લઘુપોષક તત્ત્વો કહેવાય છે. આ તત્ત્વો પ્રોટીન, કાર્બોદિત, ચરબી, ન્યુક્લિઇક ઍસિડ્સ વગેરે માટે આવશ્યક ઘટક હોય છે અને વનસ્પતિઓની વિવિધ ચયાપચયની પ્રક્રિયાઓમાં ભાગ લે છે. તેમાંથી કોઈ એક આવશ્યક તત્ત્વોની ઉણપને લીધે ઉણપીય લક્ષણો ઉદ્ભવે છે. ઉણપ સંબંધી લક્ષણોમાં ક્લોરોસીસ, નેક્રોસીસ, અવકુંઠિત વૃદ્ધિ, અસમાન કોષવિભાજન વગેરે મુખ્યત્વે દર્શાવાય છે. વનસ્પતિ મૂળ દ્વારા ખનીજ તત્ત્વોને સક્રિય તેમજ નિષ્ક્રિય રીતે શોષણ કરે છે. તે જલવાહક પેશીઓ દ્વારા પાણીના વહનની સાથે વનસ્પતિઓના વિવિધ ભાગોમાં સ્થળાંતરિત થાય છે.

નાઇટ્રોજન, જીવન ટકાવવા માટે અતિ આવશ્યક છે. વનસ્પતિઓ વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનનો ઉપયોગ પ્રત્યક્ષ કે સીધો કરી શકતા નથી. પરંતુ કેટલીક વનસ્પતિઓ ખાસ કરીને લેગ્યુમના (કઠોળના) મૂળ એ નાઇટ્રોજન સ્થાપક બેક્ટેરિયા સાથે સહજીવી થઈ વાતાવરણીય N_2નું જૈવિક રીતે ઉપયોગી સ્વરૂપોમાં પરિવર્તન કરે છે. નાઇટ્રોજન સ્થાપન માટે શક્તિશાળી રીડક્શન અને ATP સ્વરૂપે ઊર્જાની આવશ્યકતા હોય છે. નાઇટ્રોજન સ્થાપન સૂક્ષ્મજીવો મુખ્યત્વે, રાઇઝોબિયમથી થાય છે. ઉત્સેચક નાઇટ્રોજીનેઝ જે જૈવિક N_2 સ્થાપનમાં મુખ્ય ભૂમિકા ભજવે છે, જે ઑક્સિજન પ્રત્યે સંવેદી હોય છે. મોટા ભાગની પ્રક્રિયાઓ અજારક વાતાવરણમાં થાય છે. ઊર્જા(ATP)ની આવશ્યકતાની પૂર્તતા યજમાન કોષોના જારક શ્વસનમાંથી થાય છે. નાઇટ્રોજન સ્થાપન દ્વારા નિર્માણ પામતા એમોનિયા એ એમિનો ઍસિડના એમિનો સમૂહ સ્વરૂપે સમાઈ જાય છે.

સ્વાધ્યાય

1. 'વનસ્પતિઓમાં ઉત્તરજીવિતતા માટે આવેલા બધાં તત્ત્વો આવશ્યક હોતા નથી.' ચર્ચા કરો.
2. જલસંવર્ધનમાં ખનીજ પોષણ સાથે સંકળાયેલ અભ્યાસમાં પાણી અને પોષક ક્ષારોની શુદ્ધતા જરૂરી કેમ છે ?
3. ઉદાહરણ સહિત સમજાવો : ગુરુપોષક તત્ત્વો, લઘુપોષક તત્ત્વો, ઉપયોગી પોષક તત્ત્વો, વિષારી તત્ત્વો અને આવશ્યક તત્ત્વો.
4. વનસ્પતિઓના ઓછામાં ઓછી પાંચ ઊણપનાં લક્ષણો આપો. તેનું વર્ણન કરો અને ખનીજોની ઊણપથી તેમનો સહસંબંધ સ્પષ્ટ કરો.
5. ધારો કે એક વનસ્પતિમાં એકથી વધારે તત્ત્વોની ઊણપનાં લક્ષણો જોવા મળે છે તો પ્રાયોગિક રીતે તમે કેવી રીતે તેને ચકાસશો કે કયા ખનીજ તત્ત્વની ઊણપ છે ?
6. કેટલીક વનસ્પતિઓમાં ઊણપનાં લક્ષણો સૌથી પહેલા તરુણ ભાગમાં જ જોવા મળે છે, જ્યારે કેટલીક અન્ય વનસ્પતિઓમાં પરિપક્વ અંગોમાં કેમ જોવા મળે ?
7. વનસ્પતિઓ દ્વારા ખનીજોનું શોષણ કેવી રીતે થાય છે ?
8. રાઇઝોબિયમ દ્વારા વાતાવરણીય નાઇટ્રોજનનું સ્થાપન કરવા માટેની જરૂરી શરતો કઈ છે ? અને N_2 સ્થાપનમાં તેમની ભૂમિકા શું છે ?
9. મૂળગંડિકાના નિર્માણ માટે કયા તબક્કા સંકળાયેલા છે ?
10. નીચે આપેલાં વિધાનોમાં કયા સાચાં છે ? જો ખોટું વિધાન હોય તો તેને સાચું લખો :
    (a) બોરોનની ઊણપથી અક્ષ કુંઠિત બને છે.
    (b) કોષમાં આવેલા પ્રત્યેક ખનીજ તત્ત્વ તેના માટે આવશ્યક છે.
    (c) નાઇટ્રોજન પોષક તત્ત્વના સ્વરૂપમાં વનસ્પતિ વધુ અચલિત છે.
    (d) લઘુપોષક તત્ત્વોની આવશ્યકતા નક્કી કરવી અત્યંત સરળ છે, કારણ કે તેઓ ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં જ જરૂરી છે.