अध्याय-8
पादपों में खनिज पोषण
(Mineral Nutrition in Plants)

सभी जीव वृद्धि एवं जीवन चक्र को पूरा करने क लिए जिन पदार्थों को बाहर से ग्रहण करते हैं, वे पदार्थ उस जीव का **पोषण** (Nutrition) कहलाते हैं। पोषण के आधार पर जीवों को दो वर्गों में विभाजित किया जाता है–

(अ) परपोषित (Heterotrophic):– जो जीव अपनी कार्बनिक एवं अकार्बनिक, दोनों प्रकार के पदार्थों के लिए बाहरी स्रोतों पर निर्भर रहते हैं परपोषित कहलाते हैं।

(ब) स्वपोषित (Autotrophic):– जो जीव अपनी आवश्यकता पूर्ण करने के लिए सभी कार्बनिक पदार्थों का निर्माण स्वयं कर लेते हैं तथा बाहरी स्रोतों से केवल अकार्बनिक पदार्थ ग्रहण करते हैं **स्वपोषित** कहलाते हैं।

सभी क्लोरोफिल रहित पौधे जैसे कवक, बैक्टीरिया, जन्तु परपोषित हैं तथा सभी हरे क्लोरोफिल युक्त पौधे व प्रकाश संश्लेषी बैक्टीरिया स्वपोषित हैं। हरे पौधे अपनी कार्बनिक पदार्थों की आवश्यकता प्रकाश संश्लेषण से तथा अधिकांश अकार्बनिक पदार्थों की आवश्यकता मृदा में उपस्थित खनिजों से प्राप्त करते हैं। अत: हरे पौधों में पोषण का अर्थ मुख्यत: खनिज पोषण (Mineral nutrition) से है। पौधों की खनिजों पर निर्भरता का सर्वप्रथम प्रमाण 1804 में **डी सॉसर** (De Saussure) तथा बाद में 1860 में **वॉन सैक्स** (Von Sachs) ने दिया था।

पौधों की खनिज पोषकों की आवश्यकताओं के अध्ययन की विधियाँ : – पौधों के लिए आवश्यक खनिज तत्वों को जानने के लिए वैज्ञानिकों द्वारा कई विधियाँ अपनाई गई हैं, जिसमें प्रमुख हैं:–

(1) पादप भस्म का विश्लेषण (Analysis of Plant Ash):– इस विधि में ताजे पौधे को अवन (Oven) में एक या दो दिन तक 70–80^{0}C तापमान पर गर्म किया जाता है जिससे पौधे में उपस्थित समस्त जल वाष्पीकृत होकर उड़ जाता है। बचे हुए भाग को तोलकर पादप का शुष्क भार ज्ञात कर लिया जाता है। इस शुष्क भार के मुख्य घटक कोशिका भित्ति, बहुसैकेराइड्स, लिग्निन, जीवद्रव्यी घटक, कार्बनिक अम्ल होते हैं। पौधे के शुष्क पदार्थों में अकार्बनिक पदार्थों को ज्ञात करने के लिए शुष्क नमूनों को भट्टी में लगभग 6000^{0}C तापमान पर जलाया जाता है। इससे इसमें उपस्थित वाष्पशील कार्बनिक पदार्थ विच्छेदित होकर कार्बन डाइऑक्साइड, अमोनिया, ऑक्सीजन आदि गैसों के रूप में निकल जाते हैं। इस प्रक्रिया के अंत में जो पदार्थ बचता है, **पादप भस्म** (Plant ash) कहलाता है। इसमें मुख्य रूप से पौधों के बचे हुए अवाष्पशील खनिज तत्व होते हैं। पादप भस्म के विश्लेषण से पौधे में विभिन्न तत्वों की केवल उपस्थिति देखी जा सकती है। यह विधि तत्वों की उपयोगिता अथवा अनिवार्यता का निर्धारण नहीं करती है।

(2) बालू संवर्ध प्रयोग (Sand Culture Experiment) :– इस विधि में विभिन्न तत्वों की पौधे के लिए उपयोगिता निर्धारित करने के लिए पौधों को बालू (रेत) में उगाया जाता है। सर्वप्रथम रेत को हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से धो कर निर्जर्मित (Sterile) किया जाता है। निर्जर्मित बालू में कोई खनिज नहीं होते हैं। इस बालू को पानी से धोकर सुखाया जाता है। तत्पश्चात इसमें प्रयोगानुसार कई पौधे उगाये जाते हैं। इन पौधों में से कुछ पौधे नियंत्रण पौधे (Control plants) होते हैं जिनको सभी पोषक तत्व पानी में

घोलकर दिए जाते हैं। बाकी बचे हुए पौधों को पृथक-पृथक पात्रों में एक व एक से अधिक खनिज तत्वों की न्यूनता में उगाया जाता है। इन्हें **अपूर्ण पौधे** (Deficient plants) कहते हैं। विभिन्न पोषण घोल में पौधे की वृद्धि तथा न्यूनता के लक्षणों (Deficiency symptoms) का अवलोकन कर तत्वों की उपयोगिता का अध्ययन किया जा सकता है।

उक्त विधि में कई कठिनाइयाँ आती हैं इसलिए बालू के स्थान पर अन्य माध्यम जैसे क्वार्ट्ज, प्लास्टिक चिप्स, वर्मीकुलाइट (Vermiculite) अथवा कृत्रिम मृदा आदि का उपयोग किया जाता है। वर्मीकुलाइट एक खनिज पदार्थ है जो पृथ्वी में प्राकृतिक अवस्था में पाया जाता है। वर्मीकुलाइट हल्के भार, रसायनत: अक्रिय (Chemically inert), बंध्य, अधिक जल अवशोषण क्षमता व ऊष्मा रोधी (Insulation) होता है व सबसे अधिक प्रयोग में लिया जाता है। इस विधि को **वर्मीकुलोपोनिक्स** (Vermiculoponics) कहते हैं।

(3) जल संवर्ध प्रयोग (Water culture experiment):- इस विधि में बालू, मिट्टी आदि का प्रयोग नहीं किया जाता है। इस विधि में पौधे की जड़ को पोषक घोल (Nutrient solution) में रखा जाता है। चूंकि घोल में ऑक्सीजन की कमी होती है अत: घोल में जड़ के पास एक नली (ऐयरेटर) से ऑक्सीजन प्रवाहित की जाती है। इस विधि को हाइड्रोपोनिक्स (Hydroponics) कहा जाता है।

इस विधि में **सैक्स** (Sachs, 1860), **नॉप** (Knop, 1865) तथा **होगलैण्ड** (Hoagland, 1938) द्वारा निर्धारित किए गए पोषण घोल प्रयोग में लिए जाते हैं।

पौधों के अनिवार्य पोषक तत्व

(Essential elements of plants)

पौधों के लिए कई खनिज तत्व आवश्यक होते हैं, इनको **खनिज पोषक** (Mineral nutrients) कहते हैं। पृथ्वी पर अब तक पाए गए लगभग 105 तत्वों में से पौधों में 60 तत्वों की उपस्थिति दर्शायी गई है। लेकिन ये सभी तत्व पौधों के लिए आवश्यक नहीं होते हैं। विभिन्न अध्ययनों के अनुसार पौधों की सामान्य वृद्धि के लिए केवल 17 (सत्रह) तत्व पाए गए हैं। इनको **अनिवार्य तत्व** (Essential elements) तथा शेष सभी को **अनावश्यक तत्व** (Non-essential elements) माना जाता है। कई अनावश्यक तत्व तो पौधों के लिए विषाक्त होते हैं।

17 अनिवार्य तत्वों की अनिवार्यता का निर्धारण निम्न तथ्यों से किया जाता है-

(1) तत्व जो पौधे की सामान्य वृद्धि तथा जनन के लिए अपरिहार्य होते हैं तथा जिनके अभाव में पादप अपना जीवनचक्र पूर्ण नहीं कर पाते हैं।

(2) तत्व की अनिवार्यता विशिष्ट होनी चाहिए। दूसरे शब्दों में अमुक तत्व की कमी को केवल उसी तत्व द्वारा पूरा किया जा सकता है किसी अन्य तत्व से नहीं।

(3) तत्व जो पादप की उपापचयी क्रिया में प्रत्यक्षत: सम्मिलित होता है। उक्त मापदण्डों के आधार पर ही अनिवार्य तत्वों की पहचान की गई है।

(4) प्रत्येक तत्व की कमी से विशिष्ट लक्षण उत्पन्न होते हैं।

वृहत् तथा सूक्ष्म पोषक तत्व (Macro and Micro nutrient elements):- अनिवार्य पोषक तत्वों को पौधों में उपस्थित उनकी मात्रा के आधार पर पुन: दो श्रेणियों में बांटा जाता है-

1. वृहत् पोषक तत्व:- इनको **प्रधान** या **गुरू पोषक तत्व** भी कहते हैं। वे तत्व जिनकी मात्रा पौधे के एक ग्राम शुष्क भार में 1-10 मिग्रा (1-10 मिग्रा प्रतिग्राम) हो। (or in excess of 10 m mole kg-1 of dry matter), गुरू पोषक कहलाते हैं। ये संख्या में नौ हैं, जैसे C, H, O, N, P, K, S, Mg, Ca

2. सूक्ष्म पोषक तत्व:- इनको **गौण पोषक, लघु पोषक** अथवा **अप्रधान तत्व** भी कहते हैं। वे तत्व जिनकी मात्रा पौधे के एक ग्राम शुष्क भार में 1 मिग्रा से कम हो (or less than 10 m mole kg-1 of dry matter) सूक्ष्म पोषक कहलाते है। ये संख्या में 8 हैं जैसे Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Cl, Ni.

कभी-कभी Fe (लौह) तथा B (बोरोन) को **मध्यवर्ती पोषक** (Intermediate nutrients) भी कहते हैं।

N, P तथा K को **प्राथमिक वृहत मात्रक पोषक तत्व** (Primary mega nutrients) तथा Ca, Mg तथा S को **द्वितीयक वृहत् मात्रक पोषक तत्व** (Secondary mega nutrients) माना जाता है।

उपर्युक्त वर्णित 17 अनिवार्य तत्वों के अतिरिक्त कुछ अन्य तत्व भी उच्च श्रेणी के पौधों के लिए लाभदायक पाए जाते हैं, जैसे Na, Si, Co तथा Se आदि। इन्हें लाभदायक या कार्यात्मक तत्व कहा जाता है।

अनिवार्य तत्वों को पादपों में उनके कार्यों के आधार पर भी वर्गीकृत किया जाता है -

(1) संरचनात्मक तत्व:- पादपों के विभिन्न जैव रसायनों जैसे कार्बोहाइड्रेट्स, वसा, प्रोटीन, डी.एन.ए., आर.एन.ए. आदि के रचनात्मक घटकों के रूप में उपयोगी जैसे C, H, O, N

(2) ऊर्जा संबंधित तत्व:- वे तत्व जो पौधों की ऊर्जा से सम्बन्धित यौगिकों जैसे ATP में फास्फोरस तथा क्लोरोफिल में Mg के रूप में उपयोगी होते हैं।

(3) एन्जाइम सक्रियक:- वे तत्व जो विभिन्न एन्जाइमों के सक्रियक तथा निरोधक के रूप उपयोगी होते हैं जैसे Mn, Mg, Zn, Mo आदि।

(4) वे तत्व जो पादपों में कोशिकाओं के परासरणी कार्यों का संतुलन करते हैं जैसे K, Cl आदि।

पादपों के लिए निर्धारित 17 अनिवार्य तत्वों में से, जिन्हें प्राय: खनिज पोषक तत्व कहते हैं, चार तत्व ऐसे हैं जिनका स्रोत मृदा नहीं होकर वायुमण्डल अथवा जल होता है। अत: इनको कुछ लेखकों के अनुसार **अखनिज तत्व** (Non-mineral elements) माना जाता है। उदाहरण के लिए C, H, O तथा N इनमें से भी N को जो वैसे तो वायुमण्डल का प्रमुख घटक है लेकिन सभी उच्च वर्गीय पादप N को मृदा के सहयोग से ही प्राप्त करते हैं।अत: अखनिज तत्वों की संख्या तीन (C, H, O) ही मानी जाती है। शेष सभी 14 तत्व खनिज तत्व हैं। पौधे C तथा O को CO_2 व O_2 के रूप में जबकि H को H_2O से प्राप्त करते हैं।

पादप पोषण में वृहत् तथा सूक्ष्म पोषकों की भूमिका

(Role of macro and micro nutrients in Plant nutrition)

पादप पोषण में प्रयुक्त अनिवार्य तत्वों की पादपों की कई कार्यिकीय क्रियाओं में महत्वपूर्ण भूमिका होती है। उदाहरण के लिए विभिन्न पदार्थों के संघटक के रूप में, कोशिका झिल्ली की पारगम्यता, परासरण दाब का नियंत्रण, इलेक्ट्रोन परिवहन तंत्र, जैवरासायनिक अभिक्रियाओं का एन्जाइमों द्वारा संतुलन, बफर कार्य, संग्रहकारी अंगों में भोज्य पदार्थों का संग्रह आदि पोषक तत्वों के अभाव में सम्पन्न नहीं हो सकती हैं।

यहाँ हम विभिन्न पोषक तत्वों की उपलब्धता, उपयोगिता तथा उनकी न्यूनता व अधिकता के पादपों पर प्रभावों का संक्षेप में अध्ययन करेंगे।

1, 2, 3 कार्बन, हाइड्रोजन एवं ऑक्सीजन:- यद्यपि ये खनिज तत्वों की श्रेणी में नहीं आते हैं लेकिन अनिवार्य तत्व होने के कारण इनका अध्ययन किया जाता है। पौधों को C की प्राप्ति CO_2 ऑक्सीजन की प्राप्ति CO_2 व O_2 से जबकि हाइड्रोजन की प्राप्ति जल से होती है। इनके कार्यों के बारे में पूर्व में उल्लेख किया जा चुका है। पौधों को सामान्यत: इनकी न्यूनता नहीं होती है।

4. नाइट्रोजन :- पौधों में इस तत्व की सर्वाधिक मात्रा में आवश्यकता होती है। पादप इसे मृदा से अधिकतर NO_3^- (नाइट्रेट) के रूप में तथा कमतर NO_2^- (नाइट्राइट) व अपवाद स्वरूप NH_4^+ (अमोनियम) के रूप में प्राप्त करते हैं। N–की सर्वाधिक आवश्यकता पौधों के वृद्धिशील विभज्योतक ऊतकों, कलिकाओं तथा सामान्य रूप से सभी जीवित कोशिकाओं को होती है। नाइट्रोजन अमीनो अम्लों, प्रोटीनों, न्यूक्लिक अम्लों, पर्णहरित, विटामिनों तथा हार्मोनों का मुख्य संघटक है। रासायनिक उर्वरकों के रूप में यूरिया N का प्रमुख स्रोत है।

न्यूनता के लक्षण (Deficiency Symptoms)

(1) N की न्यूनता से पत्तियों में **हरिमाहीनता** (Chlorosis= पर्णहरित का नष्ट होना ।) हो जाती है जो पहले पुरानी पत्तियों में तथा बाद में तरूण पत्तियों में प्रकट होती है।

(2) पर्णहरित के विघटन से गुलाबी रंग का एन्थोसायनिन वर्णक दिखने लगता है जिससे पत्तियाँ गुलाबी हो जाती हैं।

(3) पार्श्व कलिकाओं की प्रसुप्ति बढ़ जाती है।

(4) सम्पूर्ण पादप वृद्धि में कमी से पादप बौने (Stunted) रह जाते हैं।

(5) फास्फोरस (P):- पौधों के लिए फास्फोरस का मुख्य स्रोत मृदा है। जड़ों द्वारा इसका अवशोषण घुलनशील अकार्बनिक फास्फेट आयन जैसे $H_2PO_4^-$ व HPO_4^- के रूप में होता है। इसका पौधे में स्थानान्तरण अकार्बनिक रूप में होता है परन्तु पौधों में यह कार्बनिक यौगिकों के रूप में पाया जाता है। सामान्यत: पौधों में इसकी मात्रा उनके शुष्कभार का 0.2 से 0.8% प्रतिशत तक होती है।

फॉस्फोरस फॉस्फोलिपिड (Phospholipid), न्यूक्लिक अम्ल, कोएन्जाइम NAD(निकोटिनामाइड ऐडेनिन डाइन्यूक्लियोटाइड), NADP(निकोटिनामाइड ऐडेनिन डाइन्यूक्लियोटाइड फॉस्फेट), ATP (एडीनोसीन ट्राईफॉस्फेट) आदि का मुख्य घटक है। कोइन्जाइम NAD, NADP की आवश्यकता ऑक्सीकरण अपचयन क्रियाएँ, प्रकाशसंश्लेषण, श्वसन व वसीय अम्ल संश्लेषण जैसी महत्वपूर्ण प्रक्रियाओं में होती है।

न्यूनता के लक्षण

(1) पौधे स्तंभित या बौने (Stunted) व गहरे हरे रंग के होते हैं।

(2) पत्ती व तने में एन्थोसाइनिन वर्णक का निर्माण।

(3) फॉस्फोरस की अत्यधिक न्यूनता में पत्तियों तथा फलों में ऊतकक्षय क्षेत्र (Necrotic regions) बन जाते हैं।

(4) पत्तियाँ विकृत (Distorted) हो जाती है।

(5) कैम्बियम की सक्रियता कम हो जाती है।

6. कैल्सियम (Ca):- यह मृदा में प्रचुर मात्रा में एपेटाइट, कैल्साइट तथा डोलोमाइट अयस्कों के रूप में पाया जाता है। पौधों द्वारा

इसका अवशोषण कैल्सियम आयन Ca^{2+} के रूप में होता है। कैल्सियम कोशिका भित्ति की मध्य पटलिका का मुख्य घटक है। यह कोशिका विभाजन तथा कोशिक विवर्धन जैसी क्रियाओं को प्रभावित करता है। यह न्यूक्लिक अम्लों को प्रोटीन से जोड़ने तथा कार्बोहाइड्रेटों व अमीनो अम्लों के परिवहन में विशेष भूमिका निभाता है।

न्यूनता के लक्षण

1. कोशिका भित्ति का लचीलापन समाप्त हो जाता है तथा कोशिका विवर्धन प्रभावित होता है।

2. पत्तियों का आकार विकृत हो जाता है तथा शीर्ष नीचे की ओर झुक जाते हैं। इसे अंकुशित शीर्ष कहते हैं।

3. पत्तियों में हरिमाहीनता उत्पन्न हो जाती है।

7. पोटैशियम (K):- मृदा में पोटैशियम विलयशील एवं विनिमयी रूपों (Exchangeable form) में पाया जाता है। इसका अवशोषण K^+ आयन के रूप में किया जाता है। पौधों में पोटैशियम की आवश्यकता प्राय: अधिक मात्रा में होती है परन्तु पौधों में यह किसी जैव रसायन का घटक नहीं है अर्थात इस तत्व की कोई संरचनात्मक भूमिका नहीं है। पोटैशियम की आवश्यकता मुख्यत: चार जैव रासायनिक क्रियाओं, ऋणायन उदासीनीकरण, कला अभिगमन क्रिया, एन्जाइम सक्रियण तथा परासरण विभव में होती है। इसके अतिरिक्त कई अन्य क्रियाओं जैसे प्रकाश संश्लेषण, रन्ध्रों के खुलने व बंद होने, बीजों व फलों की सामान्य वृद्धि के लिए K महत्वपूर्ण है।

पोटैशियम कोशिकाद्रव्य का प्रमुख घटक है। मूल शीर्ष, प्ररोह शीर्ष, युवापत्तियाँ, विभज्योतकी क्षेत्रों में पोटैशियम प्रचुर मात्रा में पाया जाता है।

न्यूनता के लक्षण

(1) इस तत्व की न्यूनता का लक्षण सर्वप्रथम परिपक्व पत्तियों पर दिखाई देता है। पत्तियाँ कुर्बरित (Mottled) हो जाती है तथा हरिमाहीनता (Chlorosis) दिखाई देती है।

(2) तने की वृद्धि रूक जाती है और पौधा क्षुपाभ (Bushy) हो जाता है।

(3) पौधे की रोग प्रतिरोधी क्षमता कम हो जाती है। (सामान्यत: मृदा में N, P तथा K की न्यूनता रहती है, इनकी अधिक उपयोगिता के कारण इन्हें **क्रांतिक तत्व** (Critical elements) भी कहते हैं। रासायनिक उर्वरक NPK इनका प्रमुख स्रोत है।)

8. मैग्नीशियम (Mg) :- यह मृदा में मुख्यत: कार्बोनेट $MgCO_3$ तथा डोलोमाइट ($MgCO_3$. $CaCO_3$) के रूप में मिलता है। मैग्नीशियम क्लोरोफिल का मुख्य घटक है व पत्तियों में हरिमाहीनता को रोकता है। यह तत्व राइबोसोम की दो उप इकाइयों को आपस में जोड़ने में मदद करता है। तैलीय बीजों में मैग्नीशियम की मात्रा अधिक होती है अत: सम्भवत: यह तत्व बीजों में तेल निर्माण में उपयोगी होता है। न्यूक्लिक अम्लों (DNA, RNA) के संश्लेषण से सम्बन्धित कुछ एन्जाइमों के सक्रियक के रूप में Mg प्रयुक्त होता है।

न्यूनता के लक्षण

(1) पत्तियों में अंतराशिरीय हरिमाहीनता (Interveinal chlorosis) विकसित हो जाती है।

(2) एन्थोसाइनिन वर्णक बनने के कारण पर्णों पर लाल, पीले व नारंगी धब्बे दिखायी देते हैं।

9. गंधक, सल्फर (S):- गंधक मृदा में सल्फेट (SO_4^{2-}) के रूप में पाया जाता है। इसके अतिरिक्त वातावरण में उपस्थित सल्फर डाइऑक्साइड भी पौधों के लिए सल्फर के स्रोत के रूप में उपलब्ध होती है।

ब्रैसीकेसी (Brassicaceae) कुल में तीखी गंध सल्फर युक्त वाष्पशील पदार्थ के कारण होती है। मृदा में सल्फेट की अधिकता में उगने वाले मटर कुल के पौधों की जड़ों में जीवाण्विक ग्रन्थियाँ (Nodules) अधिक विकसित होती हैं।

प्रोटीन संश्लेषण के लिए आवश्यक अमीनो अम्लों के संश्लेषण में S सहायक होता है। यह विटामिन B व Co-A में उपस्थित होता है।

न्यूनता के लक्षण

(1) पत्तियों में हरिमाहीनता का लक्षण दिखाई देता है।

(2) पौधे में सल्फर युक्त अमीनो अम्लों (Cysteine, Methionine) की कमी हो जाती है।

(3) मोटी भित्ति युक्त ऊतकों जैसे स्कलेरेनकाइमा, जाइलम, कोलेन्काइमा आदि की मात्रा में वृद्धि हो जाती है।

(4) पादप बौने रह जाते हैं।

10. आयरन (Fe):- पौधों द्वारा इसका अवशोषण फैरिक (Fe^{3+}) के रूप में होता है परन्तु उपापचयी क्रियाओं में यह फैरस आयन (Fe^{2+}) के रूप में क्रियाशील होता है।

आयरन मुख्यत: कोशिका विभाजन, श्वसन तथा इलेक्ट्रान परिवहन तंत्र (Electron transport system) के विभिन्न चरणों में अपनी भूमिका निभाता है। पौधों में इस तत्व का संचालन अर्थात संचरण नहीं होता है।

पत्तियों में Fe स्थायी प्रोटीन फाइटोफैरिटिन (Phytopheritin) व केन्द्रक के क्रोमेटिन जालक में पाया जाता है। Fe साइटोक्रोम वर्णकों की संरचना, क्रेब्स चक्र व एकोनिटेज केटेलेज, परऑक्सीडेज एन्जाइमों के सक्रियक के रूप में प्रयुक्त होता है।

न्यूनता के लक्षण

(1) तरूण पर्णों में व्यापक हरिमाहीनता का उत्पन्न होना।

(2) प्रकाश संश्लेषण, श्वसन तथा प्रोटीन संश्लेषण क्रियायें अनियमित हो जाती है।

(3) कोशिकाओं की विभाजी क्रिया रूक जाती है।

(4) पौधे की वृद्धि मंद हो जाती है।

11. मैग्नीज (Mn):- यह मृदा में मुख्यत: मैगनीज डाइऑक्साइट (MnO_2) के रूप में पाया जाता है व पौधे इसका अवशोषण मैगनस आयन (Mn^{++}) के रूप में करते हैं।

यह तत्व श्वसन, नाइट्रोजन के उपापचय तथा प्रकाशसंश्लेषण के अनेक एन्जाइमों का सक्रियक है। क्लोरोप्लास्ट के संश्लेषण में मैंग्नीज की महत्वपूर्ण भूमिका है। प्रकाश संश्लेषण में जल अपघटन व O_2 उत्पादन से सम्बन्धित एन्जाइम का आवश्यक भाग है।

न्यूनता के लक्षण

1. पौधों की युवा व परिपक्व पत्तियों में हरिमाहीनता का लक्षण।

2. जड़ का सीमित विकास।

3. मैग्नीज की कमी के कारण विशिष्ट पादप रोग उत्पन्न होते हैं-

जैसे जई में **ग्रे स्पिक** (Grey Speek of Oats) **मटर का मार्श स्पाट** (Marsh spot of pea) इत्यादि।

12. बोरॉन (B):- इस तत्व का अवशोषण जड़ों द्वारा बोरेट आयनों (BO_3^{3-};$B4O_7^{2-}$) के रूप में होता है। यह मृदा में उपस्थित कैल्शियम के साथ कैल्शियम बोरेट बनाता है जो जड़ों द्वारा अवशोषित नहीं होता है। अत: अधिक कैल्शियम युक्त मिट्टी में पौधों को बोरॉन की उपलब्धता कम हो जाती है।

पौधों में कार्बोहाइड्रेट के स्थानान्तरण, कोशिका झिल्ली की कार्यशीलता, परागकणों के अंकुरण व कोशिका विभाजन में बोरॉन का विशेष महत्व है।

न्यूनता के लक्षण

1. गहरे हरे रंग की मोटी पत्तियाँ बोरॉन की न्यूनता का मुख्य लक्षण है।

2. संग्रहकारी तथा माँसल ऊतकों का विघटन हो जाता है।

3. पुष्पों की संख्या में कमी तथा पुष्प प्राय: बंध्य होते हैं।

13. जिंक (Zn) -इस तत्व का अवशोषण द्विसंयोजक (Zn^{++} bivalent) के रूप में होता है। यह तत्व अनेक प्रकार के एन्जाइमों मुख्यत: कार्बोक्सिलेज का घटक है व फास्फोरस के अवशोषण को भी नियंत्रित रखता है। पादप वृद्धि हॉरमोन आक्सिन (IAA) के संश्लेषण में इस तत्व की मुख्य भूमिका है।

न्यूनता के लक्षण

(1) पत्तियों में श्वेत ऊतकक्षयी क्षेत्र (White necrotic areas) धब्बे के रूप में दिखते हैं।

(2) पौधा स्तंभित या बौना (Stunted) हो जाता है।

(3) पत्तियों का आमाप कम व वे विकृत हो जाती हैं।

(4) फ्लोएम में कुरचना (Malformation) हो जाती है।

(5) जिंक न्यूनता का मुख्य रोग **लघु पर्ण** (Little leaf) कहलाता है।

14. ताम्बा या कॉपर (Cu):- इस तत्व का अवशोषण जड़ों द्वारा द्विसंयोजक क्यूपरिक (Cu^{++}) अथवा एकसंयोजक क्यूपरस (Cu^{+}) आयन के रूप में होता है। ऑक्सीकरण अपचयन (Oxidation reduction) क्रिया में इलेक्ट्रॉन वाहक का कार्य यह तत्व करता है। यह प्लास्टोसाइनिन व साइटोक्रोम ऑक्सिडेज का मुख्य घटक है जो प्रकाश संश्लेषण में इलेक्ट्रॉन वाहक के रूप में कार्य करता है।

न्यूनता के लक्षण

1. पत्तियों का मुरझाना, मुड़ना व शीर्ष का सफेद पड़ना।

2. नींबू (Citrus) में न्यूनता से उत्पन्न रोग **शीर्षारंभी रोग** (Die back disease) है।

15. मॉलिब्डिनम (Mo) :- यह तत्त्व मृदा में प्राय: कम मात्रा में पाया जाता है व पौधे इसका अवशोषण मॉलिब्डिनम ऑक्साइड (MoO_2) के रूप में करते हैं। यह तत्व एन्जाइम नाइट्रोजिनेज व नाइट्रेट रिडक्टेज का मुख्य कारक है जो नाइट्रोजन स्थिरीकरण करते हैं।

न्यूनता के लक्षण

1. पौधों में नीचे की पत्तियों का कर्बुरण (Mottling) इस तत्व की कमी का मुख्य लक्षण है।

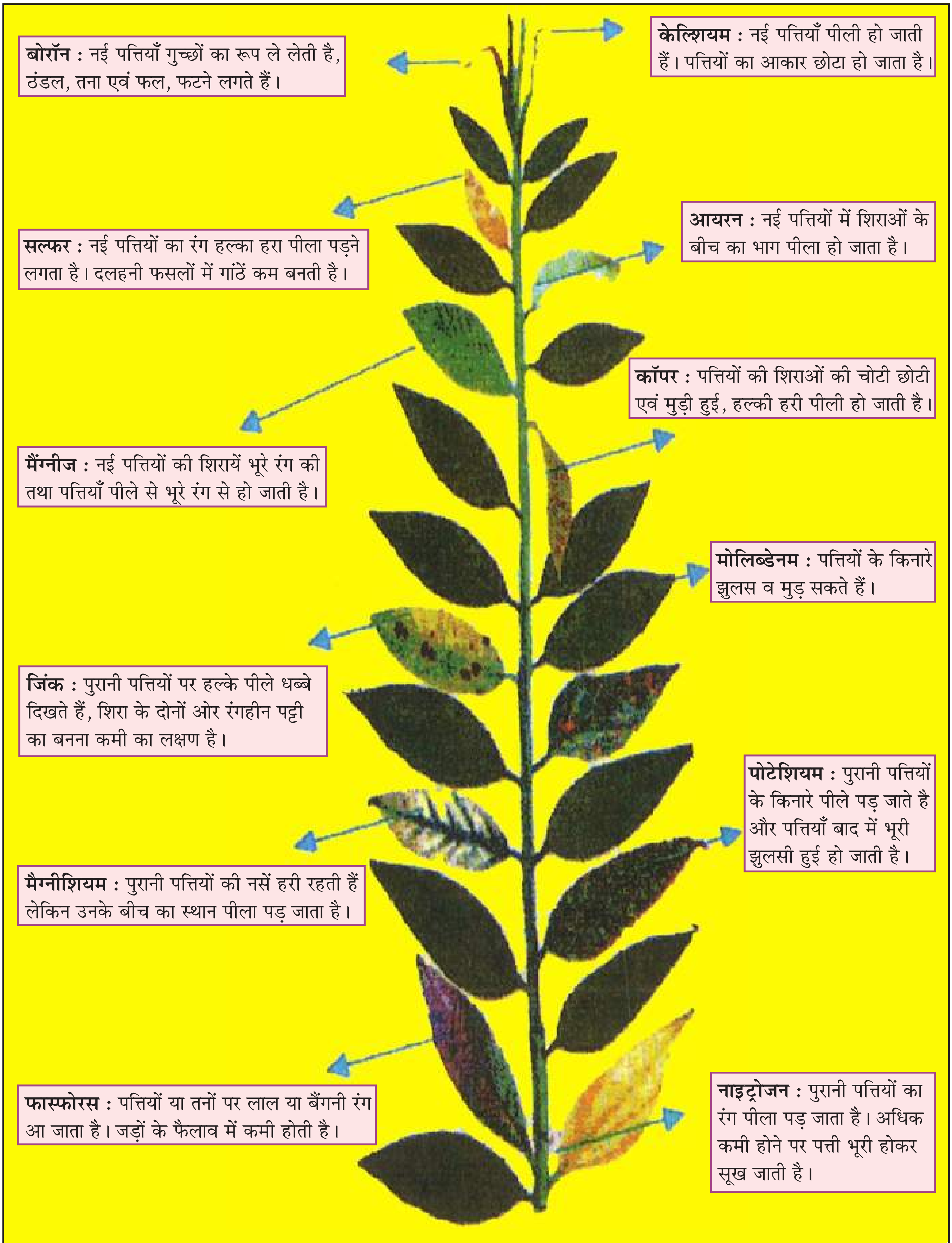
2. पत्तियों में हरिमाहीनता तथा कम पुष्पन होना।

3. मॉलिब्डिनम की कमी से फूल गोभी में **व्हिप टेल** (Whiptail) रोग होता है, जिसमें पौधे की पत्तियाँ विकृत हो जाती है।

16. क्लोरीन (Chlorine):- मृदा में यह Cl^{-} आयनों अर्थात क्लोराइडों के रूप में उपलब्ध रहती है तथा विलेयशील होती है। पौधे इसका सहज ही अवशोषण कर लेते हैं। यह तत्व किसी भी जैवरसायन का घटक नहीं है। कार्य की दृष्टि से इसको कार्बोहाइड्रेट उपापचय तथा विद्युत आवेशों के संतुलन में उपयोगी पाया गया है।

इस तत्व की न्यूनता से पत्तियों में चितकबरी हरिमाहीनता उत्पन्न हो जाती है जो अन्त में ऊतकक्षय में परिणित हो जाती है। फलों का निर्माण कम हो जाता है।

17. निकैल (Nickle):-Ni को 1988 में **डाल्टन** द्वारा अनिवार्य तत्व के रूप में सम्मिलित किया है। निकैल तत्व न तो किसी प्रमुख जैवरसायन का घटक है और न ही इसके कार्यों तथा न्यूनता के प्रभावों की जानकारी है। हालांकि एन्जाइम यूरिएज (Urease) का यह प्रमुख घटक है। यह सम्भवत: N_i^{2+} के रूप में पौधों को उपलबध होता है।



चित्र 8.1 खनिज पोषकों की न्यूनता के लक्षणों का प्रदर्शन

खनिज पोषकों की न्यूनता से पौधों में उत्पन्न होने वाले लक्षणों के बारे में यह जानना महत्वपूर्ण है कि कुछ तत्वों की न्यूनता के लक्षण पहले पुरानी पत्तियों में तथा कुछ के लक्षण पहले तरूण पर्णों में उत्पन्न होते हैं। जो तत्व संचरणशील (Mobile) होते हैं उनकी न्यूनता के लक्षण पहले पुरानी पत्तियों में जबकि असंचरणशील (Immobile) तत्वों की न्यूनता के लक्षण पहले युवा पर्णों में प्रकट होते हैं।

यहाँ संक्षेप में विभिन्न तत्वों के न्यूनता लक्षणों को संकलित किया गया है–

1. अग्रस्थ कलिकाओं में न्यूनता लक्षण प्रकट होना ....Ca तथा B की न्यूनता से

2. प्रथम तरूण पर्णों में लक्षण (**असंचरणशील** तत्व)............Cu, S, Fe, Mn

3. प्रथम पुरानी पर्णों में लक्षण (**संचरणशील तत्व**)............N, P, K, Mg, Zn, Mo

खनिज लवणों के अवशोषण की क्रियाविधि
(Mechanism of Absorption of Mineral Salts)

विसरण के सिद्धान्त के अनुसार कोशिका में एक सीमा से अधिक खनिज तत्वों की सान्द्रता का होना असंभव है। विसरण प्रवणता के कारण कोशिका में खनिज पदार्थो के अणुओं का प्रवेश उस सीमा तक ही सम्भव है जब तक बाह्य विलयन व अन्त: विलयन की सान्द्रता समान न हो जाये। पूर्व में ऐसा मानना था कि खनिज पदार्थ भी जल के साथ अवशोषित होते हैं परन्तु अब ये सिद्ध हो चुका है कि ये क्रियाएँ अलग–अलग है। खनिज लवणों का अवशोषण मृदा से आयनों के रूप में जड़ के विभज्योतक क्षेत्र तथा दीर्घीकरण क्षेत्र से होता है। खनिज लवणों का अवशोषण प्राय: उपापचयी ऊर्जा के उपयोग से होता है अत: यह एक सक्रिय प्रक्रिया है। खनिज लवणों का अवशोषण दो प्रक्रियाओं द्वारा होता है:–

(अ) निष्क्रिय अवशोषण (Passive Absorption)

(ब) सक्रिय अवशोषण (Active Absorption)

(अ) निष्क्रिय अवशोषण (Passive Absorption) :– इस प्रकार के अवशोषण में आयन उनके विद्युत रासायनिक विभव प्रवणता के आधार पर कोशिका द्वारा बिना ऊर्जा खर्च किए कोशिका में प्रवेश करते हैं। इस सम्बन्ध में तीन विचार प्रस्तुत किए गए हैं–

(i) संहति प्रवाह परिकल्पना (Mass Flow Hypothesis):– इस सिद्धान्त के अनुसार वाष्पोत्सर्जन आकर्षण या खिंचाव (Transpirational pull) के प्रभाव के कारण जल के मात्रात्मक प्रवाह के साथ जड़ द्वारा आयनों को भी ग्रहण कर लिया जाता है।

(ii) आयन विनिमय सिद्धान्त (Ion Exchange Theory) :– जड़ की सतह और बाह्य घोल के बीच निश्चित संख्या में धनायनों अथवा ऋणायनों के विनिमय को आयन विनिमय कहते हैं। विनिमय केवल समान आवेश के आयनों के बीच संभव है अर्थात धनायन का विनिमय केवल धनायन के साथ व ऋणायन का ऋणायन के साथ होता है। विनिमय के फलस्वरूप अनेक प्रकार के धनायन जड़ की सतह पर अवशोषित हो जाते हैं व उनका कोशिका में स्थानान्तरण निष्क्रिय विसरण से होता है।

(iii) डोनन साम्यावस्था सिद्धांत (Donnan Equilibrium Theory):– यह सिद्धान्त डोनन ने 1927 में प्रस्तुत किया था। यह अविसरणशील अथवा स्थिर (Indiffusible or fixed)आयनों के प्रभाव पर आधारित है। डोनन साम्यावस्था का महत्व इसलिए भी है क्योंकि यह कोशिका में सान्द्रता प्रवणता (Concentration gradient) के विरूद्ध तत्वों को एकत्र करने की क्रिया दर्शाता है।

(ब) सक्रिय अवशोषण (Active absorption) :– उपापचयी ऊर्जा के सहयोग से वैद्युत रासायनिक विभव (Electro chemical potential) के विरूद्ध आयनों का विसरण सक्रिय अवशोषण कहलाता है। इस क्रिया में उपापचयी ऊर्जा (ATP) की जरूरत होती है। आयनों के सक्रिय अवशोषण के सम्बन्ध में तीन भिन्न विचार रखे गए हैं–

(1) वाहक संकल्पना (Carrier Concept) :– किसी कोशिका अथवा ऊतक का वह भाग जिसमें आयनों का अवशोषण उपापचयी ऊर्जा के प्रयोग से होता है आन्तरिक द्विकस्थान (Inner space) कहलाता है। इस भाग में अवशोषित आयन विनिमयी (Exchange) नहीं होते हैं जबकि बाह्य द्विकस्थान (Outer space) में अवशोषित आयन स्वतंत्रता पूर्वक विसरण करते हैं। बाह्य व आन्तरिक द्विकस्थान के बीच का क्षेत्र आयनों के लिए पारगम्य नहीं होता। इस संकल्पना के प्रतिपादक **वान डेन होनर्ट** (Van Den Honert, 1937) के अनुसार इस अपारगम्य अथवा अवरोधक क्षेत्र को पार करने के लिए आयन, वाहकों (Carriers) की सहायता से बाह्य द्विकस्थान में संयोजित हो जाते हैं और इन्हें आन्तरिक द्विकस्थान में विमुक्त कर देते हैं। उपर्युक्त विधि को निम्नांकित तीन सूत्रों में स्पष्ट किया गया है।

1. वाहक (Carrier)+ATP →
   ADP+सक्रियित वाहक (Activated carrier)

2. सक्रियित वाहक+आयन (Activated carrier + ion) →
   वाहक आयन सम्मिश्रण (Carrier ion complex)

3. वाहक आयन सम्मिश्रण (Carrier ion complex) →

निष्क्रिय वाहक+आयन (Passive carrier)+(ion)

(2) आयन पम्प अथवा साइटोक्रोम पम्प संकल्पना (Ion pump or Cytochrome pump concept):- लुण्डेगार्थ एवं बर्सट्रोम (Lundegardh and Burstrom 1933) के अनुसार पौधों में श्वसन दर तथा उनके द्वारा ऋणायनों (Anions) के अवशोषण में सीधा सम्बंध होता है। इनके अनुसार ऋणायन व धनायन के अवशोषण की प्रक्रियाएँ भिन्न है। ऋणायनों का अवरोधिक झिल्ली की बाहरी सतह से भीतरी सतह की ओर स्थानान्तरण साइटोक्रोमों (Cytochromes) द्वारा होता है।

बाह्य सतह	अवरोधक झिल्ली	आन्तरिक सतह
ऋणायन (–) →	(–) साइटोक्रोम पम्प (–) →	(–) ऋणायन
धनायन (+) →	निष्क्रिय प्रवाह →	(+) धनायन

(3) वैद्युत रासायनिक प्रवणता की संकल्पना (Electro chemical gradient hypothesis):- पीटर माइकैल (1968) द्वारा प्रतिपादित इस परिकल्पना के अनुसार ऋणायनों का स्थानान्तरण अवरोधक झिल्ली की बाहरी व भीतरी सतह पर उत्पन्न वैद्युत रासायनिक प्रवणता (Electrochemical potential) के कारण होता है। इस विधि में ATPase एन्जाइम की मुख्य भूमिका होती है।

हाइड्रोपोनिक्स अथवा जल संवर्धन (Hydroponics)

वे सभी विधियाँ जिसमें पौधों को उगाने के लिए मिट्टी के अतिरिक्त पोषक विलयनों का प्रयोग किया जाता है, हाइड्रोपोनिक्स अथवा जल संवर्धन के अंतर्गत आती है। हाइड्रोपोनिक्स एक ग्रीक शब्द है जिसका शाब्दिक अर्थ है- जल के साथ कार्य करना (Working with water)। शुरूआत में बालू, पोषक घोल संवर्धन प्रयोग में लिए गए परन्तु आजकल पौधों के संवर्धन के लिए वर्मीकुलाइट (Vermiculite) नामक माध्यम प्रयोग में लिया जाता है।

वर्मीकुलाइट एक खनिज पदार्थ है जो पृथ्वी में प्राकृतिक अवस्था में पाया जाता है। इस खनिज को विशेष प्रकार की ताप भट्टियों में 2000^0F तक गर्म करके जो उत्पाद प्राप्त होता है उसे पौधों को उगाने के लिए प्रयोग में लिया जाता है।

वर्मीकुलाइट के गुण

(1) यह हल्के भार वाला पदार्थ है।

(2) यह रसायनत: अक्रिय (Chemically inert) पदार्थ है।

(3) यह एक बंध्य (Sterile) माध्यम है जिसमें कीट, खरपतवार आदि उत्पन्न नहीं होते हैं।

(4) मिट्टी की अपेक्षा इसकी जल अवशोषण क्षमता अधिक है।

(5) इसकी बनावट ढीली (Loose texture) है अर्थात यह मूलतंत्र के विकास में बाधक नहीं है।

(6) इसका विघटन नहीं होता है अत: यह निरन्तर एक के बाद एक फसल उगाने के लिए उपयुक्त है।

अत: आजकल पौधे उगाने के लिए वर्मीकुलाइट का प्रयोग किया जाता है तथा यह तकनीक वर्मीकुलोपोनिक्स (Vermiculoponics) कहलाती है।

महत्वपूर्ण बिन्दु

(1) पौधों को जीवन चक्र पूरा करने के लिए वातावरण से कई पदार्थों की आवश्यकता होती हैं, उन पदार्थों को सजीवों का पोषण कहते है।

(2) 1804 में **डी सॉसर** ने सर्वप्रथम यह प्रमाण दिया कि पोषण के लिए पादपों की खनिजों पर निर्भरता होती है।

(3) खनिज पोषकों के अध्ययन की प्रमुख विधियाँ हैं- पादप भस्म विश्लेषण, बालू संवर्ध तथा जल संवर्ध।

(4) पौधों के अनिवार्य पोषक तत्वों की संख्या 17 है। इनमें से 9 वृहत तथा 8 लघु पोषक तत्व हैं।

(5) वृहत 9 पोषक तत्व हैं- C, H, O, N, P, K, S, Mg, Ca तथा 8 लघु पोषक तत्व हैं- Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Cl, Ni

(6) पादप पोषण में वृहत् तथा सूक्ष्म पोषकों की महत्वपूर्ण भूमिकाएँ होती हैं।

(7) पोषक पदार्थों की न्यूनता से पादपों में कई लक्षण उत्पन्न हो जाते हैं। हरिमाहीनता, ऊतकक्षय, स्तम्भिक वृद्धि आदि प्रमुख त्रुटिजन्य लक्षण हैं।

(8) Cu, S, Fe तथा Mn असंचरणशील जबकि N, P, K Mg, Zn तथा Mo संचरणशील तत्व हैं।

(9) पादपों द्वारा खनिज लवणों का अवशोषण प्राय: सक्रिय अवशोषण विधि द्वारा होता है, जिसमें उपापचयी ऊर्जा का व्यय होता है। कुछ मात्रा निष्क्रिय अवशोषण द्वारा भी होती है।

(10) लवणों के सक्रिय अवशोषण प्रकम को तीन विधियों से सुझाया गया है, ये हैं- वाहक संकल्पना, साइटोक्रोम पम्प संकल्पना तथा वैद्युत- रासायनिक प्रवणता की संकल्पना।

(11) लवणों का निष्क्रिय अवशोषण भी तीन विधियों से सुझाया गया है, ये हैं- संहति प्रवाह परिकल्पना, आयन विनिमय सिद्धांत तथा डोनन साम्यावस्था सिद्धांत।

अभ्यासार्थ प्रश्न

बहुवैकल्पिक प्रश्न

1. निम्न में से कौन से तत्व सूक्ष्म पोषक कहलाते हैं–
   (अ) Mo, Cu, Zn, Ca
   (ब) Mg, S, K, P
   (स) Mn, Zn, Ca, Mg
   (द) Mn, Mo, Cu, Zn
2. पर्णहरिम में पाया जाता है–
   (अ) Fe (ब) Mn
   (स) Mg (द) K
3. Mo का मुख्य कार्य है–
   (अ) पुष्पवर्धन (ब) नाइट्रोजन स्थिरीकरण
   (स) जल अवशोषण (द) प्रकाश संश्लेषण
4. लघु पर्ण रोग किस तत्व की न्यूनता से होता है–
   (अ) Zn (ब) Mg
   (स) B (द) S
5. पादपों में कार्बोहाइड्रेटों के स्थानान्तरण के लिए कौनसा तत्व सर्वाधिक महत्वपूर्ण है–
   (अ) Fe (ब) Mo
   (स) B (द) Zn
6. पौधों की सामान्य वृद्धि व जीवन चक्र के पूर्ण होने के लिए अनिवार्य पोषक तत्वों की संख्या है–
   (अ) 105 (ब) 60
   (स) 27 (द) 17
7. असंचरणशील पोषक तत्व हैं–
   (अ) Cu, S, Fe, Mn
   (ब) Ca, B, Cu, S
   (स) N, P, Fe, Mn
   (द) P, K, Zn, Mo

अतिलघूत्तरात्मक प्रश्न

1. पादप नाइट्रोजन का अवशोषण किस रूप में करते हैं।
2. प्राथमिक वृहत मात्रिक तत्वों के नाम लिखिए।
3. वर्मीकुलाइट तथा हाइड्रोपोनिक्स पदों को स्पष्ट कीजिए।
4. Fe तथा Cl किस रूप में मृदा से अवशोषित होते हैं।
5. खनिज लवण अवशोषण से आप क्या समझते हैं।

लघूत्तरात्मक प्रश्न

1. पादप भस्म विश्लेषण का वर्णन कीजिए।
2. नाइट्रोजन की उपयोगिता व इसकी न्यूनता के लक्षणों का वर्णन कीजिए।
3. निष्क्रिय व सक्रिय लवण अवशोषण में अन्तर कीजिए।
4. हरिमाहीनता तथा ऊतकक्षय को स्पष्ट कीजिए।

निबंधात्मक प्रश्न

1. पौधों में खनिज पोषण पर संक्षिप्त लेख लिखिए।
2. पौधों के लिए आवश्यक तत्वों के नाम बताइए तथा किन्हीं चार तत्वों के कार्य, प्राप्ति, स्वरूप व न्यूनता लक्षणों का वर्णन कीजिए।
3. खनिज लवणों के अवशोषण की क्रियाविधि का विस्तार से वर्णन कीजिए।
4. वृहत मात्रिक पोषक तत्वों पर लेख लिखिए।
5. सूक्ष्म मात्रिक पोषक तत्वों पर लेख लिखिए।

उत्तरमाला:- 1. (द) 2. (स) 3. (ब) 4. (अ) 5. (स) 6. (द) 7. (अ)

❑❑❑