1. मॉड्यूल और इसकी संरचना

मॉड्यूल विस्तार	
विषय का नाम	जीवविज्ञान
पाठ्यक्रम का नाम	जीवविज्ञान ०२ (कक्षा XI, सेमिस्टर-२)
मॉड्यूल का नाम / शीर्षक	पादप कार्यिकी
मॉड्यूल आईडी	kebo_21201
पूर्व-अपेक्षित	पादप शारीरिकी (Anatomy) का मूलभूत ज्ञान, पौधे के जल संबंध, विसरण, परासरण और सक्रिय परिवहन प्रक्रिया को समझ सकेंगे।
उद्देश्य	इस पाठ को पढ़ने के पश्चात, शिक्षार्थी निम्न को समझ पानें में सक्षम हो सकेंगे: • पौधो की खनिज आवश्यकताओं के अध्ययन की विधियों का वर्णन कर सकेंगे। • पौधे के लिए अनिवार्य (आवश्यक) खनिज तत्वों की रूपरेखा बना सकेंगे। • किसी पौधे के लिए एक तत्व की आवश्यकता निर्धारित कर सकेंगे। • वृहत-पोषक और सूक्ष्म पोषक तत्वों की भूमिका का वर्णन कर पायेंगे। • पौधो के लिए अनिवार्य तत्वों की कमी के लक्षणों की व्याख्या कर सकेगें। • पौधो के लिए सूक्ष्म पोषकों की आविषता को परिभाषित कर पायेंगे।
मुख्य शब्द	खनिजों की आवश्यकता; सूक्ष्मपोषक, वृहत पोषक, अनिवार्य खनिज तत्व

2. विकास दल

भूमिका	नाम	सम्बद्धता
राष्ट्रीय MOOC समन्वयक (NMC)	प्रो. अमरेंद्र पी बेहरा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
कार्यक्रम के समन्वयक	डॉ. मो. ममूर अली	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
पाठ्यक्रम समन्वयक (सीसी) / पीआई	डॉ. सुनीता फ़रक्या	डीईएसएम, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
पाठ्यक्रम सह-समन्वयक (को-पीआई)	डॉ. यश पॉल शर्मा	सीआईईटी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली
विषय वस्तु विशेषज्ञ	डॉ. ऐरम खान डॉ. जसीम अहमद	ईएसडी, एनसीईआरटी, नई दिल्ली जामिया मिलिया इस्लामिया, नई दिल्ली
समीक्षा दल	डॉ. अरुणा मोहन (सेवानिवृत्त)	गार्गी कॉलेज, दिल्ली विश्वविद्यालय
अनुवादक	नीलम गुप्ता	राष्ट्रीय मुक्त विद्यालयी शिक्षा संस्थान, नोएडा

विषय सूची

1. परिचय
2. पादपों की खनिज आवश्यकताओं के अध्ययन की विधियां
3. अनिवार्य खनिज तत्व
4. सारांश

1. परिचय

सभी जीवो जीवधारियों मूलभूत आवश्यकताएं समान होती हैं। उन्हें अपनी वृद्धि और विकास के लिए वृहद अणुओं जैसे कि कार्बोहाइडेट, प्रोटीन और वसा के साथ-साथ जल और खनिज लवणों की भी जरूरत होती हैं। इस अध्याय/पाठ का मुख्य फोकस अकार्बनिक पादप-पोषण पर आधारित है, जहां पर आप पौधो की वृद्धि और विकास के लिए अनिवार्य तत्वों की आवश्यकता की विधियों और अनिवार्यता स्थापित करने सम्बंधी मान दण्डों का अध्ययन करगें। आप अनिवार्य तत्वों की भूमिका, उनकी कमी के मुख्य लक्षण अध्ययन करोगे। यह पाठ आपको जैविक नाइट्रोजन स्थिरीकरण की प्रक्रिया और उसके महत्व के बारे में संक्षिप्त जानकारी से भी अवगत कराता हैं।

2. पौधे की खनिज आवश्यकताओं के अध्ययन की विधियां

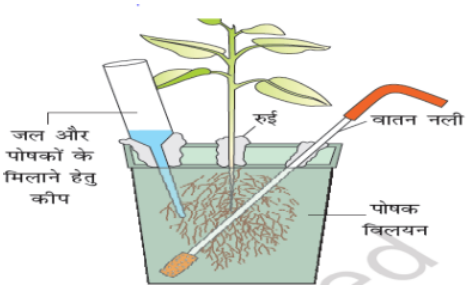
जूलियस वान सैक्स जो कि एक प्रमुख वनपस्तिज्ञ (पाद्पविद) थे, इन्होंने 1861 में सर्वप्रथम यह प्रदर्शित किया था कि पादपो के मृदा की अनुपस्थिति में भी पोषक विलयन के घोल में वयस्क अवस्था तक उगाया जा सकता हैं। जल संवर्धन/हाइड्रोपोनिक्स (Hydroponics) कहते हैं। उसके बाद से ही कई सुधारित/उन्नत विधियां प्रयोग करके पौधो के लिए अनिवार्य खनिज पोषकों को अनिवार्यता तय की जा सकें। इन सभी विधियो का निष्कर्ष यह है कि पादपो का मृदा-रहित, निर्धारित खनिज विलयन घोल मे संवर्धन करना हैं। इस विधियों के लिए शुद्धिकृत जल और खनिज पोषक लवणों की आवश्यकता होती हैं।

जानने योग्य बातें

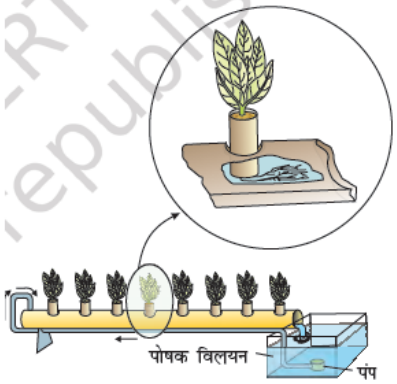
- क्या आप समझा सकते है कि पौधों के लिए खनिज पोषण इतना अनिवार्य (जरूरी) क्यों है?

श्रृंखलावद्ध प्रयोग के उपरांत पौधों की जडों को पोषक विलयन के घोल में रखा गया और उसमे एक तत्व को या तो डाला गया था फिर हटाया गया (निकाला गया) या फिर विभिन्न सांद्रताओं में दिया गया तो एक खनिज विलयन जो कि पादप वृद्धि के लिए उपयुक्त था, प्राप्त हुआ। इस विधि द्वारा अनिवार्य तत्वों को पहचाना गया और उनकी कमी से होने वाले लक्षणों की खोज हुयी। जल संवर्धन (Hydroponics) की तकनीक को सब्जियों जैसे टमाटर, बीजरहित खीरा और सलाद (Lettuce) के व्यापारिक उत्पादन के लिए सफलतापूर्वक उपयोग में लाया गया। यह ध्यान रखने योग्य है कि पादप वृद्धि के लिये पोषक विलयन को प्रचुर मात्रा मे वायवीय (aerated) रखा जाए।

यदि घोल अल्प वायवीय (poorly aerated) होगा, तब क्या होगा? जल संवर्धन तकनीक को चित्र नम्बर 1 और 2 में दिखाया गया हैं।



चित्र: 1 पोषण विलयन सवर्धन के लिए प्रारूपिक (आदर्श) अवस्था की आरेख



चित्र: 2 जल संवर्धन द्वारा पादपों का उत्पादन

पौधो को थोडी सी आनत नली या नाली के उगाने के लिए रखा जाता हैं । एक पम्प पोषक विलयन को संचयिता (Reservoir) से उठे हुए भाग तक नली में परिसंचरित होता हैं । विलयन नीचे नली में चला जाता हैं और गुरूत्व के कारण वापस संचयिता में पहुंच जाता हैं । इन सेट (दी गयी व्यवस्था) में वे पौधे दिखाये गये हैं, जिनकी जड़ें (मूल) सतत वायवीय पोषक विलयन मे डूबी हुई हैं। तीर का निशान (रेखा) बहाव की दिशा/गति को दर्शाता हैं

3. अनिवार्य खनिज तत्व

मृदा में पाये जाने वाले अधिकांश खनिज तत्व जड़ों द्वारा पौधों में प्रवेश करते हैं। वास्तव में अभी तक खोजे गये 105 तत्वों में से 60 से ज्यादा तत्व विभिन्न पौधो में पाए गये है। कुछ पादप प्रजातियां सेलिनियम का सग्रंह करती है, कुछ गोल्ड (सोने) का, जबकि नाभिकीय परीक्षण स्थल के नजदीक लगने वाले पौधे रेडियो एक्टिव स्ट्रॉन्शियम को जमा कर लेते हैं । कुछ ऐसी तकनीकें उपलब्ध हैं जिनके द्वारा पौधों में खनिज की न्यूनतम सान्द्रता (10^{-8}g/mL) का भी पता लगाया जा सकता हैं।

विशेष तत्व जैसे C, H और O कोशिका भित्ती और प्रोटोप्लाज्म की संघटना में प्रवेश करके पादप निकाय का निर्माण करते है। इस कारण उन्हें रूपरेखा तत्वों (Framework elements) के रूप में संदर्भित किया गया

हैं। इनके अलावा (C,H और O) N,P और सल्फर जैसे तत्व भी प्रोटोप्लाज्म की संघटना में प्रवेश करते हैं इन्हे प्रोटोप्लाज्मिक तत्वों के रूप में वर्णित किया जाता हैं। पोषक तत्व न केवल प्रर्याप्त मात्रा में उपलब्ध हो, बल्कि उनका उपयुक्त अनुपात भी होना चाहिये। उदाहरण के लिए गोल्ड (सोने) और सिलिनियम जैसे कि ऊपर उल्लेख किया गया है, वास्तव में पौधों के लिए आवश्यक हैं?

जानने योग्य बातें

- खनिज पोषण के मामले में हम यह कैसे तय कर सकते हैं कि पौधे के लिए क्या आवश्यक हैं और क्या नहीं?
- क्या पौधे में मौजूद सभी विविध खनिज तत्व, उदाहरण के लिए, गोल्ड (सोना) और सेलिनियम वास्तव में आवश्यक हैं?

3.1 अनिवार्यता निर्धारण के मापदंड

किसी तत्व की अनिवार्यता के मापदंड निम्नानुसार हैं-

(अ) तत्व को पादप की सामान्य वृद्धि और जनन हेतु नितांत आवश्यक होना चाहिये। उस तत्व की अनुपस्थिति में पौधे अपना जीवन चक्र पूरा नही कर पाएं अथवा बीज भी धारण न कर पायें।

(ब) किसी तत्व की अनिवार्यता 'विशिष्ट' होनी चाहिए और इसे किसी अन्य तत्व द्वारा प्रतिस्थापन करना सम्भव नहीं होना चाहिए। दूसरे शब्दों में, किसी एक तत्व की कमी को किसी अन्य तत्व के द्वारा दूर नहीं किया जा सकता हैं।

(स) तत्व पादप के उपापचय में प्रत्यक्ष रूप से शामिल हों।

पौधे अपनी जड़ों द्वारा अनिवार्य तत्व मृदा से ले जाते है और पत्तियों द्वारा हवा को (अनिवार्य तत्व) (मुख्यत: नाइट्रोजन और आक्सीजन से मिलकर बनती हैं) को ले जाते हैं । मृदा (मिट्टी) में पोषक तत्वों को केटायन विनिमय द्वारा किया जाता हैं जबकि मूल रोमों द्वारा प्रोटांन पम्प के माध्यम से हाइड्रोजन आयनों (H^+) को पम्प किया जाता हैं ।/ले जाया जाता हैं । ये हाइड्रोजन आयन ऋणात्मक आवेशित मृदा के कणों से जुड़े केटायनों को विस्थापित करते हैं ताकि केटायन जड़ों द्वारा ऊपर जाने के लिए उपलब्ध रहें। पत्तियों में उपस्थित रंध्रो के खुलने से कार्बन डाई ऑक्साइड को अंदर लिया जाता हैं। और आक्सीजन को बाहर निकाला जाता हैं। कार्बनडाइ ऑक्साइड को प्रकाश संश्लेषण प्रक्रिया के दौरान कार्बन स्त्रोत के रूप में उपयोग/प्रयोग किया जाता हैं ।

उपरोक्त मापदंडो के आधार पर केवल कुछ ही तत्व पौधों की वृद्धि और उपापचय के लिए अत्यंत अनिवार्य माने गये है। इन तत्वों को उनकी आवश्यक मात्रा के आधार पर दो व्यापक श्रेणियों मे बांटा गया हैं।

i. वृहत पोषक
ii. सूक्ष्म पोषक

वृहत् पोषक को सामान्यत पादप के शुष्क पदार्थ के 1 से 10 मि. ग्राम/लीटर की सांद्रता के माध्यम से विद्यमान होना चाहिए। वृहत् पोषकों में शामिल होने वाले तत्व कार्बन, हाइड्रोजन, आक्सीजन, नाइट्रोजन, फास्फोरस, सल्फर, पोटैशियम, कैल्शियम और मैग्नीशियम है। इसमें से कार्बन, हाइड्रोजन और आक्सीजन मुख्यतया CO_2 और H_2O से प्राप्त होते हे। जबकि अन्य को मृदा से खनिज पोषण के रूप में अवशोषित कर लिया जाता हैं।

सूक्ष्म पोषकों या फिर लेशमात्रिक तत्वों की अनिवार्यता अत्यंत सूक्ष्म मात्रा मे होती हैं (0.1 मि. ग्राम/लीटर शुष्क भार के बराबर या उससे कम)। इसमें आयरन (लोहा), मैग्नीज, तांबा, मोलिब्डेनम, जिंक, बोरॉन, क्लोरीन और निकिल शामिल होते हैं। जिन 17 तत्वों के नाम ऊपर वर्णित किये गये हैं, इसके अलवा कुछ लाभदायक तत्व जैसे सोडियम, सिलिकॉन, कोबाल्ट और सेलिनियम शामिल है। इनकी आवश्यकता उच्च श्रेणी के पौधों को होती हैं। अनिवार्य तत्वों को उनके विविध कार्यो के आधार पर सामान्य रूप से चार श्रेणियों में बाटा जा सकता हैं। ये श्रेणियां इस प्रकार हैं-

(i) अनिवार्य तत्व जैव अणुओं के घटक हैं; अतः कोशिका के रचनात्मक तत्व हैं। (उदाहरणः- कार्बन, हाइड्रोजन, आक्सीजन और नाइट्रोजन)।

(ii) अनिवार्य तत्व जो पौधों की ऊर्जा से सम्बधिंत रासायनिक यौगिकों के घटक हैं। (उदाहरण पर्णहरित (क्लोरोफिल) में मैग्नीशियम और एटीपी में फास्फोरस)।

(iii) अनिवार्य तत्व जिनके कारण एंजाइम सक्रिय और बाधित करते हैं उदाहरण के लिए Mg^{2+} राइबुलोज बाईफॉस्फेट कार्बोक्सिलेस आक्सीजिनेस और फास्फोईनॉल पाइरूवेट कार्बोक्सिलेस दोनों को सक्रिय करता हैं।ये दोनों एंजाइम संश्लेषण संश्लेषणीय कार्बन स्थिरीकरण में अति महत्वपूर्ण हैंर्। Zn^{2+} एल्कोहल को क्रियाशील करता हैं। तथा Mo नाइट्रोजन उपापचय के दौरान नाइट्रोजिनेस को क्रियाशील करता है।

जानने योग्य बातें

- क्या आप इस श्रेणी में कुछ नाम और जोड़ सकते हैं? इस काम के लिए आपको पहले अध्ययन किए गए जीव रसायन पथों को एकत्र करना अनिवार्य होगा।

(iv) कुछ अनिवार्य तत्व कोशिका के परासरणी विभव को बदलते हैं। पोटैशियम रन्ध्रों के खुलने और बंद करने मे महत्वपूर्ण भूमिका निभाता हैं। आप पुनः कोशिका के जल विभव को निर्धारित करने में खनिजों के विलेय के रूप में भूमिका को स्मरण करें।

3.2 वृहत एवं सूक्ष्मपोषकों की भूमिका

अनिवार्य तत्वों को कई प्रकार्य करने होते हैं। वे पौधो की कोशिकाओं में होने वाली विभिन्न उपापचयी प्रक्रियाओं में भाग लेते हैं। उदाहरण के लिए कोशिका झिल्ली की पारगम्यता, कोशिका द्रव के परासरणीय सांद्रता का नियंत्रण, इलैक्ट्रॉन परिवहन तंत्र, बफर कार्य, एंजाइम से संबन्धित कार्य और वृहत्अणु और सह-एंजाइम के मुख्य संघटक का कार्य करते हैं। कार्बनिक या अकार्बनिक रूप में कोशिका द्रव में उपस्थित विभिन्न खनिज कोशिका के परासरणी दाब को नियंत्रित करते हैं। विभिन्न केटायन और

एनायन कोशिका द्रव के pH पर प्रभाव डालते हैं। आवश्यक पोषक तत्वों के प्रकार और कार्य (क्रियाएं) निम्न प्रकार से है।

नाइट्रोजन: इस अनिवार्य पोषक तत्व की आवश्यकता पौधो में सर्वाधिक मात्रा में होती है। इसका अवशोषण मुख्यत: नाइट्रेट (NO_3^-) के रूप में होता है। लेकिन कुछ मात्रा NO_2. या NH_4. के रूप में भी होती हैं। नाइट्रोजन की आवश्यकता पौधे के सभी भागों मुख्यत: विभज्योतक ऊतकों और सक्रिय उपापचयी कोशिकाओं में होती हैं। नाइट्रोजन प्रोटीन, न्यूक्लिक अम्लों, विटामिन और हार्मोन का एक प्रमुख संघटक है। नाइट्रोजन बहुत सारे कोएंजाइमों और एटीपी इत्यादि में भी उपस्थित रहती हैं।

जानने योग्य बातें

इस तथ्य के पीछे क्या कारण है कि पृथ्वी के वायुमंडल मे नाइट्रोजन की प्रचुर मात्रा उपलब्ध होते हुए भी, N_2 अन्य जीवों के उपयोग के लिए उपलब्ध नही हैं।

पृथ्वी के वायुमंडल में नाइट्रोजन की प्रचुर आपूर्ति हैं- नाइट्रोजन गैस (N_2) वायु मे 79% के करीब हैं। फिर भी नाइट्रोजन (N_2) अधिकांश जीवों के उपयोग के लिए उपलब्ध ही नहीं हैं क्योंकि अणु में दो नाइट्रोजन परमाणुओ के बीच एक त्रिबंध (ट्रिपल बॉण्ड) हैं जिससे यह लगभग अक्रिय हो जाती हैं। वृद्धि के लिए नाइट्रोजन का उपयोग करने के लिए इसका अमोनियम (¼NH_4^+½) या नाइट्रेट (NO_3-)आयन के रूप में संयुक्त (स्थिर) होना चाहिए। चट्टानो का अपक्षय इन आयनो का इतनी ज्यादा धीमी गति से छोडता है कि स्थिर नाइट्रोजन की उपलब्धता पर इसका नगण्य प्रभाव पड़ता हैं। इसीलिए नाइट्रोजन अक्सर सभी प्रकार के वातावरण (पर्यावरणों) में वृद्धि और बायोमास (जैवभार) उत्पादन के लिए सीमित कारक होता हैं। जहां पर जीवन का समर्थन करने के लिए उपयुक्त जलवायु और जल की उपलब्धता होती हैं।

फॉस्फोरस: पौधो द्वारा फॉस्फोरस मृदा से फॉस्फेट आयनों ($HPO2^{4+}$ या $HP04^{2-}$) के रूप में अवशोषित किया जाता हैं। फॉस्फोरस कोशिका झिल्ली, कुछ प्रोटीन, सभी न्यूक्लिक अम्लों और न्यूक्लियोटाइड का एक संघटक हैं तथा सभी फॉस्फोराइलेशन क्रियाओ में इसकी आवश्यकता पड़ती हैं। कार्बोहाइट्रेट स्थानान्तरण की मदद द्वारा यह स्वरूप मूल वृद्धि और फल पकने को बढ़ावा देता है।

पोटैशियम: पौधो द्वारा इसका अवशोषण पोटैशियम आयन (K^+) के रूप में होता है। पौधो के विभज्योतक ऊतकों, कलिकाओ, पत्तियों (पर्णो) और मूलशीर्षो मे एक सी अधिक मात्रा की जरूरत होती है पोटैशियम कोशिकाओं में धनायन-ऋणायन संतुलन बनाए रखने में सहायक होता हैं और यह प्रोटीन संश्लेषण, रंध्रों के खुलने और बंद होने, एंजाइमों की सक्रियता और कोशिकाओं को स्फीत अवस्था में बनाए रखने मे भी शामिल होता है।

कैल्शियम: पादप कैल्शियम को कैल्शियम आयन (Ca^{2+}) के रूप में मृदा से अवशोषित करते है। कैल्शियम की आवश्यकता विभज्योतक और विभेदित होने वाले ऊतकों को ज्यादा होती हैं। कोशिका भित्ति के संश्लेषण में भी इसका उपयोग विशेष रूप से पट्टिका में कैल्शियम पेक्टेट के रूप में होता हैं। इसकी आवश्यकता समसूत्री तर्कु निर्माण के समय भी होती हैं। यह पुरानी पत्तियों में एकतित्र होता हैं। यह कोशिका झिल्ली की सामान्य प्रक्रियाओ में भी शामिल होता हैं। यह कुछ एंजाइमों को सक्रिय करता हैं तथा उपापचयी कार्यों के नियत्रण मे महत्वपूर्ण भूमिका प्रदान करता है।

मैग्नीशियम: यह पौधों/पादपों द्वारा द्वियोजी मैग्नीशियम (Mg2+) आयन के रूप में अवशोषित होता हैं। यह श्वसन, प्रकाश संश्लेषण क्रिया के एंजाइमों को सक्रिय करता हैं और डीएनए और आरएनए के संश्लेषण में भी शामिल होता हैं। मैग्नीशियम क्लोरोफिल के वलय संरचना का संघटक है। और राइबोसोम के आकार (संरचना) को बनाए रखने में सहायक होता हैं। यह कार्बोहाइट्रेट, लिपिड और फास्फोरस की उपापचय प्रक्रिया में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता हैं।

सल्फर (गंधक): गंधक को पादप सल्फेट (SO_4^{2-}) के रूप में लेते हैं। गंधक दो अमीनो अम्ल-सिस्टिन (Cystine) और मेथियोनीन (Methionine) मे पायी जाती है तथा बहुत से विटामिन जैसे (थायमीन, बायोटीन, कोएंजाइम ।) और फेरेडॉक्सिन का मुख्य संघटक हैं।

लोहा (आयरन): पौधे लोहे को फेरिक आयन (Fe^{3+}) के रूप में लेते हैं। पौधो को अन्य सूक्ष्मपोषक तत्वो की तुलना में लोहे की अधिक मात्रा आवश्यकता होती हैं। यह फेरेडॉक्सिन और साइटोक्रोम जैसे प्रोटीन का संघटक है जो इलेक्ट्रान स्थानांतरण में संलग्न रहता हैं। इलैक्ट्रान स्थानान्तरण के समय इनका फेरस (Fe^{2+}) से फेरिक (Fe^{3+}) के रूप मे विपरीत ऑक्सीकरण होता है। यह केटेलैज एंजाइम को सक्रिय कर देता है। और पर्णहरित (क्लोरोफिल) के निर्माण के लिए अनिवार्य होता हैं। लोहा फेरेडॉक्सिन, फ्लेवो प्रोटीन, आयरन प्रोफिरिन प्रोटीन (साइटोक्रोम, परऑक्सीडेजेस, केटेलेजेस इत्यादि) का एक संरचनात्मक घटक हैं।

मैंगनीज: यह मैग्नस आयन (Mn^{2+}) के रूप में अवशोषित किया जाता है। यह प्रकाश संश्लेषण, श्वसन और नाइट्रोजन उपापचय के अनेक एंजाइमों को सक्रिय करता हैं। मैंगनीज का प्रमुख कार्य प्रकाश संश्लेषण के दौरान जल के अणुओं को विखण्डित कर आक्सीजन को उत्सर्जित करना हैं। यह श्वसन के एंजाइम (मैलिक डिहाइडोजिनेज और ऑक्जेलो सक्सीनिक डिकार्बोक्सीलेज) और नाइट्रोजन उपापचय (नाइट्राइट रिडक्टेस) के सक्रिया। सक्रिय कर्ता के रूप में कार्य का करता हैं।

जिंक: पादप जिक र्को Zn^{2+} आयन के रूप से प्राप्त करते हैं। यह अनेको एंजाइमों के विशेष रूप से कार्बोक्सीलेस को सक्रिय करता हैं।

तांबा: यह क्यूप्रिक आयन (Cu^{2+}) के रूप अवशोषित होता है। यह पादपों की सम्पूर्ण उपापचयी क्रियाओं के लिए अनिवार्य होता है। लोहे की तरह, यह भी रेडॉक्स अभिक्रिया से जुडे विशेष एंजाइमों के साथ सलंग्न (जुडा) रहता है। तथा यह विपरीत दिशा मे भी Cu^{+} से Cu^{2+} में आक्सीकृत होता रहता हैं। यह फॉस्फोरस और कार्बाहाइड्रेट के उपापचय के लिए भी आवश्यक होता हैं।

बोरोन: यह $BO3^{3-}$ या $B_4O_7^{2-}$. आयनों के रूप में अवशोषित होता हैं। इसकी अनिवार्यता Ca^{2+} को ग्रहण और उपयोग करने, झिल्ली की कार्यशीलता, पराग अंकुरण, कोशिका दीर्घीकरण और कार्बाहाइड्रेट स्थानातरण में होती हैं। यह फूल खिलने, फल लगने और प्रकाश संश्लेषण और नाइट्रोजन उपापचय के लिए भी आवश्यक होता है। यह मृदा मे गतिशील रहता है इसीलिए यह निक्षालण के लिए भी संभारी कारक हैं। निक्षालण रेतीली मिट्टी मे से बोरॉन की पर्याप्त मात्रा को हटा देता है, लेकिन थोड़ी मात्रा में महीन गाद या मिट्टी कम होता है। उच्च pH में उन खनिजो के लिए बोरॉन का निक्षालण बोरॉन को अनुपलब्ध कर सकता है। जबकि कम pH तय बोरॉन को मुक्त करता है जिससे गीली जलवायु/नम जलवायु में निक्षालण (Leaching) होने का ज्यादा खतरा होता हैं। यह बोरेक्स के रूप में अन्य खनिजों के साथ

अवक्षेपण देता हैं जिस रूप में इसका उपयोग पहली बार मिट्टी के पूरक के रूप मे 400 साल पहले किया गया था।

मॉलिब्डेनम: पादप इसे मॉलिब्डेट आयन ($Mo2^{2+}$) के रूप में लेते हैं। यह नाइट्रोजन उपापचय के अनेकों एंजाइमों जैसे कि नाइट्रोजिनेज और नाइट्रेट रिडक्टेस तथा कई अन्य एंजाइमों का घटक हैं । इसका सबसे महत्वपूर्ण कार्य नाइट्रोजन स्थिरीकरण करना हैं क्योंकि यह नाइट्रेट रिडक्टेस का एक उत्प्रेरक हैं। यह एस्कार्बिक एसिड (अम्ल) के संश्लेषण के लिए भी अनिवार्य हैं ।

क्लोरीन: इसे क्लोराइड एनायन Cl^- के रूप में अवशोषित किया जाता हैं। पोटेशियम K^+ तथा सोडियम Na^+ के साथ मिलकर यह कोशिकाओं में विलेय की सांद्रता को संतुलित के निर्धारण में सहायक होता हैं। यह प्रकाश संश्लेषण में जल के विखण्डन के लिए अनिवार्य हैं, जिससे आक्सीजन का उत्पादन होता हैं। प्रकाश संश्लेषण के फोटोसिस्टम II में जल के फोटोलाइसिस (Photolysis) के लिए आवश्यक है।

3.3 अनिवार्य तत्वों की अपर्याप्तता के लक्षण

जब कभी भी अनिवार्य तत्वों की आपूर्ति सीमित हो जाती हैं, तब पादपों की वृद्धि रूक जाती हैं । अनिवार्य तत्वों की वह सान्द्रता जिससे पादपों की वृद्धि रूक हो जाती हैं, वह क्रांतिक सान्द्रता कहलाती हैं। क्रांतिक सांद्रता के कम होने पर तत्व भिन्न हो जाता हैं। प्रत्येक तत्व की पादपों में एक या अधिक विशेष संरचनात्मक और कार्यात्मक भूमिका होती हैं। अत: प्रत्येक/उक्त तत्व की कमी से पादपों में कुछ आकारिकीय बदलाव आते हैं। ये आकारिकीय परिवर्तन/बदलाव उस तत्व की अपर्याप्तता को दर्शाते हैं जिसे अपर्याप्तता संबंधी लक्षण कहते हैं।

अपर्याप्तता लक्षण, तत्व के हिसाब से भिन्न-भिन्न होते हैं और पौधे में इस तत्व की आपूर्ति पर्याप्त मात्रा में कराने से ये लक्षण विलुप्त हो जाते हैं। यद्यपि यदि कमी रह जाये तो पौधे की मृत्यु तक हो जाती हैं। पादपों के भाग जो अपर्याप्तता के लक्षण दिखाते हैं, उक्त तत्व की गतिशीलता पर भी निर्भर करते हैं। पादप में जहां तत्व सक्रियता से गतिशील बने रहते हैं तथा तरूण/युवा विकासशील ऊतकों में निर्यातित होते हैं। वहां अपर्याप्तता के लक्षण ऊतकों में पहले प्रकट होते हैं। उदाहरण के लिए नाइट्रोजन, पोटेंशियम और मैग्नीशियम की अपर्याप्तता के लक्षण सर्वप्रथम जीर्णमान पत्तियों में दिखायी देते हैं। पुरानी पत्तियों के जिन जैव अणुओं में ये तत्व पाये जाते हैं, विखंडित होकर नई पत्तियों तक गतिशील किये जाते हैं

जानने योग्य बातें

- पादप जीर्णता क्या है?

पौधो के उम्र बढ़ने की प्रक्रिया पादप जीर्णता कहलाती हैं। पौधों में तनाव-प्रेरित और उम्र से संबंधित विकास संबंधी उम्र दोनो बढ़ने लगती है। पर्ण जीर्णता के दौरान क्लोरोफिल का क्षरण केरोटीनॉइड को प्रकट करता है। और पतझड़ के पेड़ों में शरद ऋतु के पत्तों (पर्णों) के रंग का कारण है। पर्ण जीर्णता का महत्वपूर्ण कार्य पोषक तत्वों का चक्रीकरण होता हैं, अधिकतर नाइट्रोजन पौधों की वृद्धि और भंडारण

के अंगो के लिए आवश्यक है। जन्तुओं (प्राणियों) के विपरीत पौधे लगातार नए अंगो का निर्माण करते हैं। और पुराने अंगो को पोषक तत्वों के निर्यात को अधिकतम करने के लिए एक उच्च नियमित जीर्णता प्रक्रिया से गुजरना पड़ता हैं।

जब तत्व अगतिशील होते है और वयस्क अंगों के बाहर अभिगमित नहीं होते, तो अपर्याप्तता लक्षण नई पत्तियों में प्रकट होते हैं। उदाहरण के लिए तत्व जैसे कैल्शियम कोशिका की संरचनतात्मक इकाई का भाग है। अत: ये आसानी से रूपान्तरित नहीं होता है। पौधे के खनिज पोषण का यह पहले कृषि और उद्यान विज्ञान के लिए आवश्यक और महत्वपूर्ण हैं। पौधो द्वारा दर्शाए जाने वाले अपर्याप्तता के लक्षणों के अतर्गत क्लोरोसिस, निक्रोसिस, अवरूद्ध पादप वृद्धि, पत्तियों व कलिकाओं का झड़ना और कोशिका विभाजन का रूकना आदि शामिल होते हैं। पत्तियो से क्लोरोफिल की कमी के कारण पीलापन आना, क्लोरोसिस कहलाता है। ये लक्षण N, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn और Mo की कमी के कारण होते हैं। ठीक उसी तरह निक्रोसिस या ऊतकों या प्रमुख रूप से पत्तियो की मृत्यु भी Ca, Mg, Cu, K की कमी के कारण होती हैं। N,K,S, Mo की अनुपस्थिति या फिर इनके निम्न स्तर के कारण कोशिका विभाजन रूक जाता हैं। कुछ तत्व जैसे कि N.S. और Mo की सान्द्रता कम होने के कारण पुष्पन मे देरी हो जाती है। आप उपरोक्त विवरण के अनुसार देख सकते हैं। कि किसी भी तत्व की अपर्याप्तता/ कमी से बहुत से लक्षण प्रकट हो होते हैं। और यह लक्षण एक यह विभिन्न तत्वों की अपर्याप्तता/कमी से हो सकते हैं। अत: अपर्याप्त तत्व को पहचानने के लिए पौधे के विभिन्न भागों में प्रकट होने वाले लक्षणों का अध्ययन करना पड़ता हैं और उपलब्ध मानक/मान्य तालिका से तुलना करनी पड़ती हैं।

हमें इस बात को भी जानना जरूरी है कि समान तत्व की कमी/अपर्याप्तता होने पर किन्तु पौधे, भिन्न प्रतिक्रिया भी देते हैं।

जानने योग्य बातें

- क्लोरोसिस क्या हैं?
- निक्रोसिस क्या हैं?
- समान तत्व की कमी होने पर भिन्न-भिन्न पौधे भिन्न प्रतिक्रिया क्यों देते हैं?

3.4 सूक्ष्म पोषकों की आविषता

सूक्ष्म पोषको की अनिवार्यता/आवश्यकता हमेशा न्यून मात्रा में होती है। जबकि मामूली सी कमी से भी अपर्याप्तता के लक्षण और अन्य वृद्धि आविषता उत्पन्न करती हैं। दूसरे शब्दों में, सान्द्रताओ के संकीर्ण परास (परिसर) में ही कोई तत्व अनुकूलतम होता है। किसी खनिज आयन की यह सान्द्रता जो ऊतकों के शुष्क भार में 10 प्रतिशत की कमी करें, उसे आविष माना गया हैं। इस तरह की क्रांतिक सान्द्रता विभिन्न सूक्ष्म मात्रिक तत्वों के बीच भिन्न होती है। आविषता के लक्षणों को पहचान पाना काफी मुश्किल हैं।

भिन्न-भिन्न पादपों के तत्वों की आविषता का स्तर भिन्न-भिन्न होता हैं। कई बार किसी एक तत्व की अधिकता दूसरे तत्व के अधिग्रहण को अवरूद्ध/बाधित करती हैं। उदाहरण के लिए मैग्नीज की आविषता

के प्रमुख लक्षण है- भूरे धब्बों का उत्पन्न होना जो कि क्लोरोटिक शिराओं यह जानना अति आवश्यक है। कि लौह और मैग्नीशियम के साथ मैंग्नीज का अन्तग्रहण और मैंग्नीशियम के साथ एंजाइम में जुड़ने के लिए प्रतियोगिता करता हैं। मैग्नीज स्तम्भशीष मे कैल्शियम स्थानान्तरण को भी बाधित करता हैं। इसीलिए मैंग्नीज की अधिकता से लौह, मैग्नीशियम और कैल्शियम की कमी हो जाती हैं। इस तरह जो लक्षण हमें मैंग्नीज की कमी को प्रतीत होते है, वे लक्षण वास्तव में लौह मैग्नीशियम और कैल्शियम की कमी से होते हैं। Cu, As इत्यादि जैसे खनित विशिष्ट दशाओं/परिस्थितियों से प्रोटोप्लाज्म पर अपना आविषालु प्रभाव छोड़ते हैं। क्या यह जानकारी/ज्ञान किसानों के लिए, बागवानों या फिर आपके किचन-गार्डन मे आपके लिए लाभदायक हो सकती हैं।

जानने योग्य बातें

- पादपों के लिए खनिज आविषता क्या होती हैं?
- पादपों के लिए खनिज आविषता का यह ज्ञान कैसे किसानो और बागबानों के लिए लाभकारी हो सकता हैं?

4. सारांश

पौधे अपना अकार्बनिक पोषण वायु, जल और मिट्टी (मृदा) से प्राप्त करते हैं। पौधे कई प्रकार के खनिज तत्वों का अवशोषण करते हैं। पौधो को उनके द्वारा अवशोषित किये गये सभी तत्वों की आवश्यकता नहीं होती हैं। अब तक खोजे गये 105 से अधिक तत्वों में से 21 से कम तत्व पादपों की साधारण वृद्धि एवं परिवर्धन के लिए आवश्यक और लाभदायक होते हैं। अधिक मात्रा में अनिवार्य तत्व वृहत्पोषक जबकि कम मात्रा में अनिवार्य तत्व सूक्ष्म पोषक कहलाते हैं। ये तत्व या तो प्रोटीन, कार्बोहाइड्रेट, वसा, न्यूक्लिक अम्लों आदि के अनिवार्य संघटक होते हैं या फिर पौधो की विविध उपापचयी प्रक्रियाओ में भाग लेते हैं। इनमें से किसी एक अनिवार्य तत्वों की कमी से अपर्याप्त का लक्षण को प्रकट करते हैं। क्लोरोसिस, निक्रोसिस, अवरूद्ध वृद्धि, अवरूद्ध कोशिका विभाजन आदि प्रमुख है। पादप इन खनिजों को सक्रिय और निष्क्रिय अवशोषण के माध्यम से द्वारा ग्रहण करते हैं। ये जाइलम (दारू) ऊतकों द्वारा जल परिवहन के साथ पौधों के विभिन्न भागो तक पहुचाये जाते हैं।