अध्याय–4
पोषक तत्व एवं उर्वरक
(Plant Nutrients and Fertilizers)

बीज में संचित पोषक तत्वों का उपयोग करते हुए अंकुरण के समय प्रांकुर (Plumule) एवं मूलांकुर (Radicle) बीज से बाहर निकलते है। संचित भोजन समाप्त होने तक पौधों पर पत्तियों का निर्माण होने लगता है और स्वपोषी (Autotroph) पौधे पत्तियों में उपस्थित पर्ण हरित (Chlorophyll) की सहायता से वायु से कार्बन–डाइ–आक्साईड (CO_2) व भूमि से पानी (H_2O) व अन्य पोषक तत्व ग्रहण करके कार्बोहाइड्रेट के रूप में अपने भोजन का निर्माण करते है। शताब्दियों से यह माना जाता रहा है कि धरातलीय पौधों की जड़ें मृदा से अपना पोषण प्राप्त करती है। 19वीं सदी के पूर्वाद्ध तक यह माना जाता रहा है कि पौधों को वृद्धि एवं विकास के लिए कुछ निश्चित रासायनिक तत्वों की आवश्यकता होती है। ये पोषक तत्व मृदा से मुख्यतः अकार्बनिक आयनों के रूप में पौधों की जड़ों द्वारा अवशोषित किए जाते है। चूंकि ये आयन मृदा के खनिज (Minerals) घटकों से मृदा विलयन में व्युत्पन्न (Derived) होते है। अतः ऐसे अकार्बनिक आयन जो मृदा से प्राप्त होते है और पादप वृद्धि के लिए अपेक्षित/अभिष्ट होते है, खनिज पोषक तत्व (Mineral Nutrient) कहलाते है। पौधों द्वारा पोषक तत्वों का अवशोषण (Absorption), स्थानांतरण (Translocation) एवं आत्मसात्करण (पचाने की क्रिया, Assimilation) की प्रक्रिया को खनिज पोषण कहा जाता है। मृदा द्वारा पौधों को पर्याप्त मात्रा एवं उचित अनुपात में पोषक तत्व आपूर्ति करने की पैतृक क्षमता को मृदा उर्वरता कहते है। यह उत्पादकता ज्ञात करने का मुख्य घटक है।

अद्यतन तकनीको से पादप विश्लेषण करने पर ज्ञात होता है कि प्राकृतिक रूप से पादप शरीर में 30 तत्व और कुछ मामलों (Cases) में 90 तक तत्व पौधों में पाये जाते है। परंतु पादप शरीर में उपस्थित ये सभी तत्व पौधे के वृद्धि और विकास में आवश्यक नहीं होते है। वैज्ञानिकों आरनन और स्टाउट (Arnon and Stout) ने 1939 में पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्व के मापदण्ड प्रस्तावित किए जिन्हें आरनन ने पुनः 1954 में परिष्कृत (Refined) किया। उनके अनुसार उन पोषक तत्वों को पौधे के लिए आवश्यक माना जाता है जो निम्न मापदण्ड पूर्ण करते है :–

1. किसी तत्व की कमी के कारण पौधा अपने जीवन चक्र की वानस्पतिक वृद्धि अथवा प्रजनन प्रक्रिया को पूर्ण नहीं कर सकता है।
2. पौधे पर कमी के लक्षण तत्व विशेष के लिए विशिष्ट होते है, अर्थात् पौधे पर कमी के लक्षण प्रकट होने पर वह तत्व विशेष उपयोग करने पर ही कमी के लक्षण दूर होते है किसी अन्य तत्व के उपयोग से नही।
3. तत्व पौधें के पोषण या उपापचय (Metabolism) क्रियाओं में प्रत्यक्ष तौर पर सम्मिलित होता है

इस आधार पर निम्न सारणी में उल्लिखित 17 तत्वों को पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्व (Essential Nutrients) माना जाता है।

सारणी : पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्व एवं तत्वों का रूप (उपलब्ध अवस्था, Available forms) जिनमें पौधे तत्व का अवशोषण करते है।

खनिज तत्व	आयनिक रूप	गैर आयनिक रूप
कार्बन (C) हाइड्रोजन (H) ऑक्सीजन (O)		
नाइट्रोजन (N)	NH^+_4 (अमोनियम), NO_3^- (नाइट्रेट)	$CO(NH_2)^2$ (एमाइड)
फॉस्फोरस (P)	$H_2PO_4^-$ (मोनो), HPO_4^{-2} (डाइ), PO_4^{-3} (ट्राइ),	
पोटैशियम (केलियम K)	K^+	

कैल्सियम (Ca)	Ca^{++}	
मैग्नीशियम (Mg)	Mg^{++}	
गन्धक (S)	SO_4^{-2}(सल्फेट),	SO_2 (पत्तियों द्वारा)
लोहा (Fe)	Fe^{++}(फेरस), Fe^{+++}(फेरिक)	EDTA के साथ $FeSO_4$
मैंगनीज (Mn)	Mn^{++}	EDTA के साथ $MnSO_4$
ताम्बा (Cu)	Cu^{++}	EDTA के साथ $CuSO_4$
जस्ता (Zn)	Zn^{++}	EDTA के साथ $ZnSO_4$
बोरॉन (B)	H_3BO_3, $H_2BO_3^-$	
मोलिब्डेनम (Mo)	MoO_4^{-2}	
क्लोरीन (Cl)	Cl^-	
निकल (Ni)	Ni^{++}	

यूरिया (NH_2CONH_2) उर्वरक का उपयोग करने पर पौधे नत्रजन को कार्बनिक रूप एमाइड (NH_2) द्वारा भी ग्रहण कर सकते है। अधिकांशतः पौधें नत्रजन को नाइट्रेट (NO_3^-) रूप में ग्रहण करते है। विशेष परिस्थितियों जैसे धान के खेत जहाँ पानी भरा रहता है, या अन्य जलमग्न खेतों में पौधे अमोनियम(NH_4^+) के रूप में भी नत्रजन को ग्रहण करते है।

इन मापदण्डो के आधार पर उपरोक्त 17 तत्वों के अलावा अन्य तत्वों को पौधों के लिए आवश्यक नहीं माना जाता है। परन्तु कुछ तत्व फसलों की उपज बढ़ानें में सहायक होते है जैसे साडियम (Na), चुकन्दर (Sugarbeat),शलजम (Turnip) आदि फसलों के लिए प्रभावी होता है। 1961 में निकोलस (Nicholas) ने "Functional Nutrient" क्रियात्मक पोषक तत्व शब्द प्रतिपादित किया जिसके अनुसार किसी पोषक तत्व का कार्य विशिष्ट हो या नहीं, यदि पौधें की उपापचयी क्रियाओं में कार्य करता है उसे क्रियात्मक पोषक तत्व कहते है। सोडियम के अलावा, कोबाल्ट (CO), वेनेडियम (V) और सिलिकॉन (Si) तत्वों को भी क्रियात्मक पोषक तत्व कहा जाता है। किसी भी एक आवश्यक पोषक तत्व की कमी के कारण पौधे की वृद्धि प्रभावित होती है। पौधे एक आवश्यक तत्व की कमी के कारण अन्य उपलब्ध तत्वों का उचित उपयोग नहीं कर पाते है और अन्य सभी आवश्यक तत्वों की अनुकूल अवस्था में उपलब्धता होते हुए भी फसलों से अधिकतम उत्पादन प्राप्त नहीं किया जा सकता है। पौधे की अच्छी बढ़वार के लिए यह आवश्यक है कि भूमि में पोषक तत्व (i) घुलनशील एवं उपलब्ध अवस्था (Available form) में हो। (ii) मृदा घोल में तत्वों की सान्द्रता उचित हो एवं (iii) विभिन्न तत्वों का मृदा में संतुलन पौधों की बढ़वार के अनुकूल हो।

पोषक तत्वों का वर्गीकरण

पौधों को अपनी सामान्य वृद्धि और जीवन चक्र पूर्ण करने के लिए 17 पोषक तत्वों की आवश्यकता होती है। पौधे के ऊतको में इन तत्वों की सापेक्षिक मात्रा या सांद्रण के आधार पर इनको निम्नानुसार वर्गीकृत किया जाता है –

(अ) मुख्य पोषक तत्व (Macro/major nutrients) :– इन पोषक तत्वों की पौधों को अधिक मात्रा में (>1ppm) आवश्यकता होती है। इन्हे पुनः दो भागों में विभक्त किया गया है –

1. **प्राथमिक पोषक तत्व (Primary Nutrients)** :– कार्बन (C) , ऑक्सीजन (O), हाइड्रोजन (H), नत्रजन (N), फॉस्फोरस (P) एवं पोटैशियम (K)। इनमें से C, O, H पौधों को प्राकृतिक रूप से हवा और पानी के द्वारा प्राप्त हो जाते है। शेष तीनों (N, P, K) तत्व विश्व की लगभग सभी प्रकार की मृदाओं में कम मात्रा में पाये जाते है। इस कारण से विश्व का उर्वरक उद्योग इन तत्वों को अधिक महत्व देता है। अतः इन्हें प्राथमिक (Primary) या उर्वरक पोषक तत्व (Fertilizer Nutrients) भी कहा जाता है।
2. **द्वितीयक पोषक तत्व** (Secondary Nutrients) :– प्राथमिक पोषक तत्वों की तुलना में कम मात्रा में पौधों को आवश्यकता होती है साथ ही अनजाने तौर पर N, P, K उर्वरकों के साथ प्रयुक्त किए जाते है। अतः द्वितीयक पोषक तत्व कहलाते है। इस वर्ग में कैल्सियम, मैग्निशियम एवं गन्धक (सल्फर) पोषक तत्व सम्मिलित किये जाते है।

(ब) सूक्ष्म पोषक तत्व (Micro nutrients) :– इन पोषक तत्वों की पौधों को कम मात्रा में (<1ppm) आवश्यकता

होती है। अतः इन्हे सूक्ष्म पोषक तत्व कहते है। आयनों पर आवेश के आधार पर इनको दो भागों में विभक्त किया जाता है –

1. **धनायन (Cations) :–** लोहा, जस्ता, ताम्बा, मैग्नीज व निकल।
2. **ऋणायन (Anions) :–** बोरॉन, मोलिब्डेनम व क्लोरीन।

यद्यपि विभिन्न पोषक तत्व पौधों द्वारा भिन्न–भिन्न मात्राओं में ग्रहण किए जाते है तथापि सभी पोषक तत्व पौधे के लिए समान रूप से महत्वपूर्ण होते है। सूक्ष्म पोषक तत्वों की सूक्ष्म मात्रा ही पौधों में इष्टतम प्रभाव लाने में प्रभावी होती है। इनकी हल्की सी कमी या अधिकता पौधों की वृद्धि व विकास को प्रभावित कर सकती है।

पौधों में कार्य के आधार पर पोषक तत्वों को निम्नानुसर वर्गीकृत किया जा सकता है :–

1. आधारभूत संरचनात्मक पोषक तत्व(Basic structural nutrients) :– जो पौधों की आधारभूत/बुनियादी संरचाओं के संघटक तत्व होते हैं जैसे – कार्बन, हाईड्रोजन व आक्सीजन।
2. सहायक संरचनात्मक पोषक तत्व (Accessory structural nutrients):– ये तत्व ऊर्जा भण्डारण, स्थानान्तरण एवं ऊर्जा बन्धन में उपयोगी होते है। ये जीवित ऊतकों के लिए बहुत सक्रिय एवं महत्वपूर्ण होते हैं। ये तत्व हैं : नत्रजन, फॉस्फोरस एवं गन्धक (सल्फर)
3. नियामक एवं वाहक पोषक तत्व (Regulatory and Carrier Nutrients) ये पोषक तत्व कोशिका जीव द्रव्य में आवेश संतुलन के लिए आवश्यक होते हैं और नियामक व वाहक की तरह कार्य करते हैं। पोटैशियम कैल्सियम एवं मैग्नेशियम इस वर्ग में आते हैं।
4. उत्प्रेरक एवं क्रियावर्द्धक पोषक तत्व (Catalyser and Activator Nutrients) लोहा, मैग्नीज, जस्ता, ताम्बा, बोरॉन, मोलिब्डेनम व क्लोरीन जैसे तत्व जो किण्वक (Enzyme) क्रियावर्द्धक और इलेक्ट्रान परिवहन में शामिल होते हैं, उत्प्रेरक एवं क्रियावर्द्धक पोषक तत्वों की श्रेणी में आते है।

मृदा में गतिशीलता (Mobility) के आधार पर

मृदा में पोषक तत्व की गतिशीलता पौधों के लिए तत्वों की उपलब्धता और उर्वरक प्रयोग विधि को प्रभावित करती है। मृदा में गतिशीलता के आधार पर पोषक तत्वों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत करते हैं :–

(अ) गतिशील (Mobile) :– ये मृदा विलयन में अत्यधिक घुलनशील होने के कारण गतिशील होते है। इस कारण जड़ क्षेत्र से इनका ह्रास भी शीघ्र होता है। नाइट्रेट (NO_3^-), सल्फेट (SO_4^{-2}), बोरेट (BO_3^{-3}), मैग्नीज (Mn^{2+})एवं क्लोरीन (Cl^-) इस वर्ग में शामिल होने वाले तत्व हैं।

(ब) कम गतिशील (Less Mobile) :– ये गतिशील तत्वों की तुलना में कम गतिशील होते है और मृदा में मृतिका कणों(Clay particles) पर चिपके (Adsorbed) रहते है। अमोनियम (NH_4^+), पोटैशियम (K^+), कैल्सियम (Ca^{2+}), मैग्नीशियम (Mg^{2+}), व ताम्बा (Cu^{2+}) इस वर्ग के तत्व है।

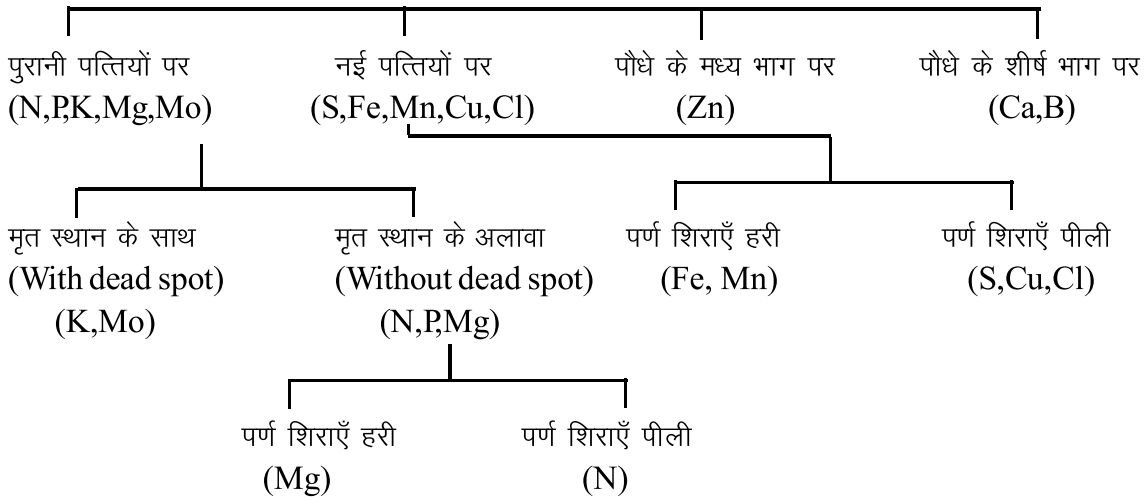
(स) स्थिर (Immobile) :– जस्ता (Zn^{+2}) एवं फॉस्फोरस ($H_2PO_4^-$ व HPO_4^{-2}) जैसे तत्व अत्यधिक प्रतिक्रियाशील होते है और मृदा में शीघ्र ही स्थिर हो जाते है।

अत्यधिक स्थिर पोषक तत्वों को जड़ें केवल अपनी सतह के पास आने पर ही अवशोषित कर पाती है जबकि अत्यधिक गतिशील पोषक तत्व सम्पूर्ण जड़ क्षेत्र से भी जड़ों द्वारा अवशोषित किए जा सकते है। पौध वृद्धि के लिए जड़े जिस जड़ क्षेत्र से पोषक तत्वों को अवशोषित करते है वह जड़ क्षेत्र फोरेज क्षेत्र (Forage area) कहलाता है। स्थिर तत्वों के लिए जड़ों की सतह का क्षेत्र और अत्यधिक गतिशील तत्वों के लिए पूरा जड़ क्षेत्र ही फोरेज क्षेत्र कहलाता है।

पौधे में गतिशीलता के आधार पर :– इस आधार पर पौधों पर प्रकट होने वाले पोषक तत्वों की कमी के लक्षणों को पहचानने और उनके निराकरण में सहायता मिलती है। जो पोषक तत्व पौधे में अत्यधिक गतिशील होता है, कमी की अवस्था में पौधे के शीर्ष भाग में पहुँच जाते है और उनकी कमी के लक्षण पौधे के निचले भागों तथा पुरानी पत्तियों पर दिखाई देते हैं।

1. अत्यधिक गतिशील (Highly mobile) :– नत्रजन, फॉस्फोरस, पोटेशियम, मैग्नेशियम, मोलिब्डेनम (कमी के लक्षण पौधे के नीचे के भाग पर)।
2. मध्यम गतिशील (Moderately mobile) :– जस्ता (कमी के लक्षण पौधे के मध्य भाग पर)।
3. कम गतिशील (Less mobile) :– गन्धक, लोहा, मैग्नीज, ताम्बा, क्लोरीन (कमी के लक्षण पौधे के शीर्ष भाग में नई पत्तियों पर)।
4. स्थिर (Immobile) :– कैल्सियम एवं बोरॉन (कमी के लक्षण नव कलिकाओं और शीर्ष भाग पर)।

पौधे में गतिशीलता के आधार पर पोषक तत्वों की कमी के लक्षणों को निम्न तालिका के आधार पर समझा जा सकता है :–



पोषक तत्वों का महत्व एवं कमी के लक्षण व कमी को दूर करने के उपाय :–

नत्रजन के कार्य

(1) पत्ती में हरे रंग (पर्णहरित), अमीनो अम्ल, प्रोटीन, न्यूक्लिक अम्ल (RNA, DNA), कई किण्वकों (Enzymes), जीव द्रव्य की रचना में नत्रजन मुख्य संघटक तत्व है। पौधों में नत्रजन से अमीनो अम्ल, प्रोटीन व जीव द्रव्य का निर्माण होता है।

(2) नत्रजन की कुछ मात्रा सैलूलोज इत्यादि के रुप में कोशिका–भित्ति पदार्थ बनाने के काम भी आती है। नत्रजन से कोशिका का आकार बढ़ता है।

(3) नत्रजन से, फास्फोरस व पोटैशियम का पौधों द्वारा उपयोग सन्तुलित रुप में होता है।

(4) पत्ती वाली सब्जियों के गुणों में वृद्धि करती हैं, पत्तियों में सरसता लाती है।

(5) दाने व चारे की फसलों में प्रोटीन की मात्रा बढ़ती है।

(6) दाने सुडौल व गूदेदार बनते हैं।

(7) गन्ना, गेहूँ, जौ व जई आदि में कल्ले अधिक फूटते हैं।

(8) जैविक (कार्बनिक) पदार्थ के शीघ्र सड़ाव में सहायक है।

(9) पौधों की वानस्पतिक वृद्धि तेजी से होती है।

अधिक नजत्रन से हानियाँ :–

(1) फसल देर में पकती है क्योंकि अधिक नत्रजन ग्रहण कर फसल काफी समय तक हरी बनी रहती है। अगर मृदा में फॉस्फोरस व पोटाश की कमी है तो फसल में दाना बहुत देर में बनता है व वजन भी कम होता है।

(2) पत्तियों में अधिक सरसता आने से पौधों पर कीट पतंगों व बीमारियों का आक्रमण भी बढ़ जाता है।

(3) पौधों में कोमलता व कोशिका भित्ति पतली होने के कारण पाला व सूखा सहन करने की शक्ति भी पौधे में कम हो जाती है।

(4) सब्जियों व अन्य फसलों के भण्डारण गुणों (keeping quality) में कमी आ जाती है।

(5) गन्ने की फसल में अधिक नत्रजन से शक्कर की मात्रा घटती है।

(6) आलू जैसी फसलों में वानस्पतिक वृद्धि अधिक होकर कन्द की पैदावार कम होती है।

(7) अधिक नत्रजन ग्रहण कर पौधे बढ़ते हैं व गिरने लगते है।

(8) भूसे की मात्रा दाने की अपेक्षा अधिक बढ़ती है।

नत्रजन की कमी के लक्षण :–

1. नत्रजन पौधों में गतिशील होने के कारण कमी के लक्षण पहले पुरानी (निचली) पत्तियों पर आते है और फिर ऊपर की ओर नई पत्तियाँ प्रभावित होती हैं व सूखती रहती हैं।
2. पौधे हल्के पीले रंग के दिखाई पड़ते है। सर्वप्रथम पर्ण शीर्ष से शुरू होकर पर्ण आधार की तरफ V आकार के रूप में पीलापन विकसित होता है।
3. पौधे बौने रह जाते हैं।

4. नत्रजन की भारी कमी में, पौधे पर फूल नहीं बनते या बहुत कम बन पाते है। दाने सिकुड़े हुए बनते है जिससे पौधे की उपज कम हो जाती है।
5. कल्ले (Tiller) वाली फसलों में कल्ले कम फूटते हैं।
6. इसकी अत्यधिक कमी से पत्तियों का रंग सफेद हो जाता है। पत्तियाँ सीधी और कठोर बन जाती है।
7. फल वाले वृक्ष में, फल गिर जाते हैं।
8. प्रोटीन प्रतिशत कम होती है।

नत्रजन की कमी को दूर करने के उपाय :–

फसल में नत्रजन की कमी की पूर्ति के लिये विभिन्न नत्रजन स्रोत काम में लिये जा सकते हैं जैसे यूरिया, किसान खाद, अमोनियम सल्फेट तथा अन्य जैविक खाद आदि। इसके साथ–साथ जैव उर्वरक (Rhizobium, Azotobactor) आदि का उपयोग भी लाभदायक रहता है।

फॉस्फोरस के कार्य :–

1. फॉस्फोरस कोशिकाओं में ऊर्जा भण्डारण एवं ऊर्जा स्थानान्तरण के लिए उत्तरदायी है। कोशिका की ऊर्जा मुद्रा (Energy Currency) कहलाता है।
2. फॉस्फोरस न्यूक्लिक अम्ल, शर्करा फॉस्फेट, न्यूक्लियोप्रोटीन आदि का अवयव होकर पौधों के आनुवांशिक गुणों के अगली पीढ़ी में वाहक का कार्य करता है।
3. फॉस्फोरस से पौधे की जड़ों का विकास तेज एवं सुदृढ़ होता है जो कि अन्य पोषक तत्वों के मृदा से अवशोषण में सहायक है।
4. इसकी उपस्थिति से कोष विभाजन शीघ्र होता है। क्योंकि यह कोशिका के केन्द्रक में पाये जाने वाले गुणसूत्र तथा ऐसी रचनाओं को बनाने के काम में आता है जिनसे नई–नई कोशिकाओं का निर्माण होता है।
5. पौधों में बीज स्वस्थ उत्पन्न होते हैं तथा बीजों का भार भी बढ़ जाता है अर्थात फूल व फल के लिए इसकी उपस्थिति आवश्यक है।
6. फॉस्फोरस से फसलों में (विशेष तौर से अनाज वाली फसलों में) परिपक्वता जल्दी आती है।
7. फॉस्फोरस पर्याप्त मात्रा में देने से दाने की उपज, भूसा की अपेक्षा अधिक बढ़ती है।
8. फल सब्जियों व दानों के गुणों में वृद्धि होती है।
9. पौधों में रोगों व कीटों के आक्रमण के प्रति प्रतिरोधकता बढ़ती है।
10. दलहनी फसलों की जड़ों में पाये जाने वाली ग्रन्थियों का विकास इसकी उपस्थिति में अधिक होता है, जिससे वायुमण्डलीय नत्रजन का मृदा में स्थिरीकरण अधिक होकर पौधों में उपलब्धता बढ़ती है।
11. अधिक नत्रजन के बुरे प्रभाव को दूर करता है।

पौधों पर फॉस्फोरस की कमी के लक्षण :–

(1) पत्तियों का रंग हल्का बैंगनी या भूरा हो जाता है। पौधों में फॉस्फोरस गतिशील है अतः लक्षण पहले नीचे की पत्तियों पर तत्पश्चात् ऊपर की पत्तियों की ओर बढ़ते हैं। पत्तियों के सिरे से यह रंग प्रारम्भ होकर, किनारे की और बढ़ता है। गेहूँ व गन्ना आदि की फसलों में कल्ले कम फूटते हैं।

(2) पौधों की जड़ो की वृद्धि व विकास बहुत कम होता है तथा कभी–कभी जड़ें भी सूख जाती है।

(3) परिपक्वता देर से होती है, फूल फल बहुत देर में बनते हैं तथा फलों या बीजों का आकार बहुत छोटा होता है।

(4) पौधे में पर्व छोटे पड़ जाते है। शाखाएँ पतली व कमजोर होती है।

(5) पौधे छोटे रह जाते है तथा पत्तियों का रंग गहरा हरा हो जाता है।

फॉस्फोरस की कमी को दूर करने के उपाय :–

फसलों में जब फॉस्फोरस की कमी दिखाई पड़ती हैं, उस समय तक उर्वरक देने का समय निकल जाता है। लेकिन लम्बी अवधि वाली फसलों तथा फल वृक्षों में इसकी कमी को दूर किया जा सकता है। फॉस्फोरस की कमी के प्रभाव से फसलों को बचाने के लिये, सबसे उत्तम उपाय यही है कि फॉस्फेट की मात्रा का निर्धारण, मृदा परीक्षण के आधार पर फसल योजना बनाते समय अवश्य करें।

पोटाश के कार्य :–

(1) यह पत्तियों के पर्ण रन्ध्रों के खुलने बन्द होने को नियमित करता है। अतः पौधों के वाष्पोत्सर्जन को नियन्त्रित करने के साथ – साथ पोषक तत्वों के उद्ग्रहण व संवहन के लिए महत्वपूर्ण है।

(2) फसल को गिरने से रोकता है तथा भूमि व जलवायु की प्रतिकूल दशाओं में फसलों के अन्दर प्रतिरोधकता बढ़ाता है। जड़ों को मजबूत बनाता है।

(3) फसलों में बीमारी व कीटपतंगो के आक्रमण के प्रति प्रतिरोधकता बढ़ाता है।

(4) फसलों की गुणवत्ता में वृद्धि होती है। आलू व अन्य सब्जियों के स्वाद में वृद्धि करता है। सब्जियों के पकने के गुण को सुधारता है। तम्बाकू में पत्तियों की गुणवत्ता सुधारता है।

(5) यह पौधों के शर्करा निर्माण व संवहन में सहायक होता है। अधिक कार्बोहाइड्रेट रखने वाली फसलें जैसे आलू, धान, चुकन्दर एवं अन्न वाली फसलें आदि पोटाश के अभाव में अधिक प्रभावित होती है।

(6) पोटाश अनाज के दानों में अधिक गूदा पैदा करके उन्हें सुडौल करता है। इससे दाने हष्ट–पुष्ट व अच्छे बनते है। उनके आकार में वृद्धि होकर उनकी रखने की गुणवत्ता (Keeping quality) अच्छी होती है। दानों में चमक आ जाती है।

(7) इससे भूमि में नाइट्रोजन की अधिकता का कुप्रभाव दूर हो जाता है।

पोटाश की कमी के लक्षण :–

(1) पोटैशियम की कमी में पत्तियाँ धब्बेदार व भूरी हो जाती है। कमी के लक्षण पहले पुरानी नीचे की पत्तियों पर प्रदर्शित होते है। पत्तियाँ समय से पूर्व ही गिर जाती है।

(2) पौधों की वृद्धि में कमी आती है। तना कमजोर हो जाता है। पोटाश की कमी में दानों का आकार छोटा रह जाता है और वजन में हल्के रह जाते हैं।

(3) पत्तियों के सिरे व किनारे झुलसे नजर आते हैं। कभी–कभी पत्तियाँ मोटी पड़ने लगती हैं और पत्तियों के सिरे मुड़ने लगते हैं। मुख्य नसें हरी बनी रहती है। बाद में सूखकर जालीदार संरचना बनती है।

(4) कपास में फसल वृद्धि के समय ही पत्तियाँ गिरने लगती है। डोडे छोटे रह जाते है और ठीक प्रकार से नहीं खुलते है।

(5) तम्बाकू के पौधों में, पत्तियों की नसों के बीच में, सिरों पर या किनारों पर उत्तक निर्जीव हो जाने के कारण फल छोटे पड़ जाते हैं।

(6) फल वृक्षों में फूल व फल कम लगते हैं।

(7) मक्का के भुट्टे छोटे तथा सिरे पर दाने कम निकलते हैं।

(8) आलू में पोटाश की कमी से पत्तियों का रंग गहरा हरा हो जाता है जो बाद में पीले भूरे एवं काँसे के रंग में परिवर्तित हो जाता है। कन्द छोटे पड़ जाते हैं तथा जड़ों का विकास कम होता है। दलहनी फसलों में पत्तियों के किनारे पर पीले सफेद धब्बे पड़ जाते हैं।

(9) कमी के लक्षण खेत में पहले नम क्षेत्र में दिखाई देते हैं। जड़ों का कम विकास होने के कारण पौधा गिर जाता है।

(10) रोग व कीटों का प्रकोप बढ़ जाता है।

पोटाश की कमी को दूर करने के उपाय :–

जब पोटाश की कमी दिखलाई पड़ती है उस समय तक पोटाश देने का समय निकल जाता है लेकिन लम्बी अवधि वाली फसलों, फलों के वृक्ष, दलहनी फसलें जिनमें दुबारा वृद्धि होती है, प्रयोग कर सकते हैं। इसकी कम को दूर करने का सबसे अच्छा उपाय यह है कि पोटाश की मात्रा का निर्धारण मृदा परीक्षण के आधार पर फसल योजना बनाते समय ही करें।

कैल्सियम के कार्य :–

1. कोशिका भित्ति का मुख्य अवयव है अतः कोशिकाओं की दीवारें स्वस्थ बनती हैं।
2. कोशिका विभाजन एवं वृद्धि में आवश्यक है।
3. पौधों में कई किण्वकों जैसे काईनेज, एमाइलेज, फास्पोलाइपेज आदि को नियमित करने में सहायक है।
4. पौधों में आयन उदासीकरण द्वारा कई अम्लों के हानिकारक प्रभावों को दूर करता है।
5. क्रोमोसोम का संघटक तत्व है।
6. दलहनी फसलों की जड़ों में ग्रन्थियों के विकास में सहायक है।
7. पौधों की जड़ों व वृद्धि कलिकाओं का शीघ्र विकास होता है।
8. पौधों में कार्बोहाइड्रेट संचालन में सहायक है।
9. लोहा, एल्यूमिनियम आदि की अधिकता के प्रभावों को दूर करता है।

कैल्सियम की कमी के लक्षण :–

1. अग्रिम कलिका सूख जाती है।
2. कलियाँ व फल अपरिपक्व अवस्था में मुरझा जाते है।
3. जड़ों का विकास अपूर्ण होता है।
4. नई (ऊपरी) पत्तियों के किनारे झुक (Hooking) या सिकुड़ जाते हैं। पत्तियों के किनारे व शिराएँ मर जाती है। नई पत्तियाँ सफेद हो जाती है।
5. अनाज वाली फसलों में पर्व संधियों के मध्य दूरी कम हो जाती है और पत्तियाँ पास–पास उगी प्रतीत होती है एवं पौधा बौना दिखाई देता है।
6. पौधों में पुष्पन एवं परिपक्वता देरी से आती है। बालियों में दाने कम बनते (barren ear heads) हैं।

कैल्सियम की कमी को दूर करने के उपाय :–

1. अम्लीय मृदाओं में कम कैल्शियम होती है। उदासीन व लवणीय भूमियों में बाहर से कैल्सियम मिलाने की आवश्यकता नहीं होती।
2. अपरोक्ष रुप में कैल्सियम अमोनियम नाइट्रेट, सुपर फास्फेट, साधारण हड्डी का चूरा, बैसिग स्लेग, चूना

पत्थर व जिप्सम (कैल्सियम सल्फेट) से, भूमि में कैल्सियम की पूर्ति होती रहती है।

3. इसकी पूर्ति के लिये 3–4 वर्ष में एक बार 4–5 कुन्तल जिप्सम प्रति हैक्टर खेत में दे सकते है। खेत तैयार करते समय बारीक पीसा 10 टन चूना (कम्पोस्ट या गोबर की खाद के बाद) बिखेर कर भूमि में मिलायें।

मैगनीशियम के कार्य :–

1. पर्णहरित (Chlorophyll) की संरचना में आवश्यक अंश है।
2. पौधे के अन्दर पोषक तत्वों के वाहन (Translocation) व पोषक तत्वों के उद्ग्रहण (Uptake) में सहायता करता है।
3. पौधों में तेल व वसा के निर्माण को बढ़ाता है।
4. पौधों में न्यूक्लिक अम्ल व शर्करा के उपापचय में सहायक है।
5. राइबोसोम का अवयव है।

मैगनीशियम की कमी के लक्षण :–

1. पौधे की निचली (पुरानी) पत्तियों का रंग किनारे व तने के बीच से नष्ट होता है एवं शिराएँ हरी बनी रहती हैं। (Interveinal chlorosis of lower leaves)
2. अधिक कमी में पुरानी पत्तियों पर मृत ऊतकों के साथ बैंगनी धब्बे बनकर पत्तियाँ सूख जाती हैं।
3. पत्तियाँ आकार में छोटी रह जाती हैं तथा ऊपर की ओर मुड़ जाती है।
4. पत्तियाँ अपरिपक्व अवस्था में गिर सकती है तथा इन पर फफूंदी का आक्रमण हो सकता है।

मैगनीशियम की कमी को दूर करने के उपाय :–

आवश्यकता पड़ने पर 25–50 किग्रा. मैग्निशियम सल्फेट प्रति हैक्टर की दर से, बुआई के समय खेत में बिखेर कर मिट्टी में मिलायें।

गंधक के कार्य :–

1. गंधक युक्त आवश्यक एमिनो अम्ल (सिस्टीन, सिस्टाईन, मिथियोनीन) की संरचना में आवश्यक अंग है।
2. प्रोटीन संरचना में विन्यास एवं स्थायित्व में सहायक है।
3. बायोटीन, विटामिन बी, कोएन्जाइम A आदि अन्य मेटाबोलाईट के निर्माण में भी सहायक होता है।
4. तिलहनी फसलों के लिए गन्धक आवश्यक है।
5. पत्तियों के पर्णहरित निर्माण में सहायता करता है।
6. पौधों में सुगन्ध तेल (Essential Oil) बनाने के लिए भी गन्धक जरूरी है।
7. दलहनों की जड़ों में ग्रन्थियों को अधिक विकसित करती है एवं यह जड़ के विकास(Development) में सहायक है।

गन्धक की कमी के लक्षण :– महत्व के आधार पर चौथा महत्वपूर्ण तत्व माना जाता है।

1. पौधे की ऊपरी (नई पत्तियों) पत्तियों की शिरायें व शिराओं के बीच के भाग हल्के हरे रंग (Light Green) के हो जाते है।
2. पौधे की वृद्धि धीमी हो जाती है।
3. अधिक कमी होने पर पूरा पौधा पीला पड़ जाता है।

गन्धक की कमी को दूर करने के उपाय :–

गन्धक अमोनियम सल्फेट में 23.7%, अमोनियम सल्फेट नाइट्रेट 12.1% सिंगल सुपर फास्फेट में 12.5% पोटैशियम सल्फेट 17.5% व जिप्सम में 18.6%, तक पाई जाती है जो परोक्ष रूप में भूमि में मिलती रहती है तथा प्रति वर्ष 10 – 12 किग्रा./है. गन्धक वर्षा से भी भूमि में पहुंचती है। कार्बनिक खादों से भी गन्धक भूमि में पहुँचती रहती है।

जस्ते के कार्य :–

1. कार्बोनिक एनहाइड्रेज, लेक्टेट डिहाइड्रोजिनेज, डी एन ए, आर एन ए पॉलीमरेज जैसे कई किण्वकों का संघटक तत्व होने के कारण किण्वक गतिविधियों में शामिल होता है।
2. पौधों में न्यूक्लिक अम्ल (आर एन ए) व वृद्धि नियामक (आई ए ए व जिब्रेलिक अम्ल) के निर्माण में सहायक है।
3. पौधों में जल उद्ग्रहण (Water uptake) के लिए आवश्यक है।
4. जस्ते का पौधों में प्रकाश संश्लेषण व नत्रजन उपापचय (Metabolism) में महत्वपूर्ण योगदान है।
5. प्रोटीन और वसा आदि को ऑक्सीकरण होने से बचाने में सहायक है।

जस्ते की कमी के लक्ष्ण :–

1. जस्ते की कमी के लक्षण नयी व पुरानी पत्तियों पर एक साथ दिखाई पड़ते हैं। पत्तियों का आकार छोटा (विशेष रूप से नींबू वर्गीय फल वृक्षों में) हो जाता है, पत्तियाँ मुड़ सकती हैं।
2. पत्तियों मे शिराओं के मध्य सफेद, पीले और हल्के हरे रंग के क्षेत्र बन जाते है।
3. पत्तियों का रंग धुंधला पीला हो जाता है। जस्ते की कमी बढ़ने पर इन क्षेत्रों में ऊतक मरने लगते हैं।
4. पौधों में जल्दी ही पत्तियाँ झड़ जाती हैं।

5. फलों का आकार छोटा हो जाता है तथा फलों में बीजों का उत्पादन घट जाता है। फल कलिका रचना बहुत कम होती है।
6. नींबू कुल में लक्षण स्पष्ट दिखाई देता है। इसका तना बौना रह जाता है (Rosette Appearance)।

जस्ते की कमी को दूर करने के उपाय :–

10 – 30 किग्रा. जिंक सल्फेट प्रति हैक्टर फसल बोने से पूर्व, खेत में प्रयोग करें। खड़ी फसल में तुरन्त उपचार के लिए 0.5% जिंक सल्फेट +0.2 % चूने (Lime) के घोल का छिड़काव करें।

लोहे के कार्य :–

1. पर्णहरित की निर्माण प्रक्रिया के लिए आवश्यक है।
2. नाइट्रोजिनेज, लेगहीमोग्लोबिन आदि का संघटक होने के कारण दलहनी पौधों में नत्रजन स्थिरीकरण तंत्र का अभिन्न अंग है।
3. न्यूक्लिक अम्ल व प्रोटीन के निर्माण (संश्लेषण) व शर्करा के उपापचय (मेटाबोलिक) व अवकरण में उत्प्रेरक का कार्य करता है।
4. विभिन्न किण्वकों का धात्विक संघटक होता है।
5. मोलिब्डेनम के प्रतिस्थापन के तौर पर कार्य कर सकता है।

लोहे की कमी के लक्षण :–

1. पौधे की नई–नई (ऊपरी) पत्तियाँ पहले पीली पड़ती है।
2. पत्तियों के किनारे बहुत समय तक हरे बने रहते है तथा शिराएँ भी हरी बनी रहती है।
3. तना छोटा हो जाता है एवं नई कलिकाएँ मुरझाई नजर आती है।
4. अत्यधिक कमी की अवस्था में शिराएँ भी पीली पड़कर पूरी पत्ती कागज जैसी पतली होकर सफेद हो जाती है।

ताम्बे के कार्य :–

1. प्रकाश संश्लेषण, इलेक्ट्रोन परिवहन तंत्र एवं अन्य प्रक्रमों में भाग लेने वाले किण्वकों का अवयव होता है।
2. पौधों में फूल बनने और दानों के विकास के लिए आवश्यक है।
3. लोहे के उपयोग में सहायता करता है।
4. पौधों में विटामिन ए की वृद्धि निर्माण में सहायक है।
5. दलहनी फसलों में अप्रत्यक्ष तौर पर जड़ग्रन्थियों के विकास में सम्मिलित रहता है।

ताम्बे की कमी के लक्षण :–

1. नई पत्तियों के किनारें व पर्णशीर्ष पर पीलापन दिखाई पड़ता है और पौधा बौना रह जाता है।
2. नींबू कुल के पौधों में नई वृद्धि वाले भागों में डाइबैक हो जाता है अर्थात पौधा ऊपर से सूखना शुरू होता है।
3. अत्यधिक कमी की अवस्था में पर्णशीर्ष व किनारों में मृत ऊतक दिखाई पड़ते है (पोटैशियम की तरह परन्तु नई पत्तियों पर)।
4. नींबू कुल के फलों में लाल भूरे धब्बे अनियमित आकार के पाये जाते है।
5. फलों के रस में अम्ल कम बनता है।

मैंगनीज के कार्य :–

1. प्रकाश संश्लेषण की हिल अभिक्रिया में जल के अणुओं को तोड़कर ऑक्सीजन के निर्माण से जुड़े किण्वकों का मुख्य अंग होता है।
2. पौधों में ऑग्जीन (Auxins) वृद्धि नियामकों के स्तर एवं पर्णहरित झिल्ली संरचना को बनाये रखने में सहायक होता है।
3. नत्रजन के आत्मसात्करण (Assimilation) में सहायक होता है।
4. ऑक्सीकरण के मुक्त रेडिकल्स के दुष्प्रभावों से पादप कोशिकाओं को बचाता है।
5. मैंगनीज की अच्छी आपूर्ति घटिया वायुसंचरण के दुष्प्रभावों से पौधों को बचाती है।

मैंगनीज की कमी के लक्षण :–

1. नई (ऊपरी) पत्तियों की शिराओं के मध्य पीलापन विकासित होकर अत्यन्त कमी में पत्तियों पर शिराओं के मध्य मृत उत्तकों के धब्बे (Necrotic spots) बन जाते है।
2. जई एवं सोयाबीन पर बहुत शीघ्र कमी के लक्षण आते है।
3. पत्तियों की छोटी–छोटी शिराएँ हरी बनी रहती है।

बोरॉन के कार्य :–

1. वृद्धि ऊतकों मे नई कोशिकाओं की वृद्धि एवं विकास में सहायक होते है।
2. पौधों में कैल्सियम के अवशोषण व उपयोग में सहायक है।
3. पौधों में कैल्सियम व पोटैशियम के अनुपात को नियन्त्रित करता है।
4. परागण व प्रजनन क्रियाओं व फल बीज बनाने में सहायक है।
5. दलहनी फसलों में राइजोबियम (सहजीवी) जीवाणु की ग्रन्थियों के विकास के लिए आवश्यक है।
6. एमिनों अम्ल एवं प्रोटीन संश्लेषण में सहायक है।

7. पर्ण रन्ध्रों के खुलने को नियमित करके पानी के अवशोषण को नियंत्रत करता है।

बोरॉन की कमी के लक्षण :–

1. शीर्ष कलिका (Terminal bud) वृद्धि बन्द होकर नई पत्तियों की मृत्यु होने लगती है।
2. अधिक कमी में वृद्धि भागों की मृत्यु हो जाती है।
3. बाद की अवस्था में पत्तियाँ मोटी एवं मुड़ी हुई होने लगती है।
4. पुष्पन एवं फल विकास बाधित हो जाता है। बाद की अवस्था में सरसों एवं गेहूँ में खराब बीज जमाव एवं बांझपन आ जाता है।
5. कुछ पौधों में तने, फल एवं कन्द फट जाते है।
6. गोभी के फूल का आकार अनियमित (Deformed), छोटा व फल पर लाल धब्बे पड़ जाते है।

मोलिब्डेनम के कार्य :–

1. दलहनी फसलों की जड़ों में नत्रजन स्थिरीकरण जीवाणु के लिए आवश्यक है।
2. एजोटोबेक्टर जीवाणु द्वारा भूमि में स्वतन्त्र नाइटोजन के स्थिरीकरण के लिए आवश्यक है।
3. पौधों में लोहे के अवशोषण एवं स्थानान्तरण में अहम योगदान है।
4. पौधे में नाइट्रेट अवकरण के लिए भी आवश्यक है।
5. फॉस्फोरस उपापचय क्रिया को पौधों में प्रभावित करता है।
6. पौधों में कार्बोहाड्रेट संश्लेषण के लिए भी आवश्यक है।
7. पौधों में विटामिन सी के संश्लेषण के लिए आवश्यक है।

मोलिब्डेनम की कमी के लक्षण (अधिकांशतः अम्लीय मृदाओं पर दिखाई देते है) :–

1. पौधों की पुरानी एवं मध्य भाग की पत्तियों पर लक्षण दिखाई पड़ते हैं।
2. नत्रजन की कमी के समान पौधे छोटे एवं पीले दिखने लगते हैं।
3. टमाटर की नीचे की पत्तियों में मोटलिंग नेक्रोसिस (ऊतक क्षय) व पत्तियों में किनारे मुड़ जाते हैं (Cupping)।
4. जई की पत्तियाँ पीछे की ओर झुक जाती हैं।
5. दलहनी पौधों पर लक्षण स्पष्ट होते हैं तथा इनकी जड़ों में बनने वाली ग्रन्थियाँ कमजोर रह जाती हैं।

क्लोरीन के कार्य :–

1. इन्डोल एसिटिक अम्ल (IAA) का संघटक होता है।
2. पौधों में पर्ण रन्ध्रों की कार्य प्रणाली आदि के द्वारा जल विभव को नियंत्रित करता है।
3. हिल अभिक्रिया के मैंगनीज किण्वन का अवयव होता है।
4. पौधों को कई रोगों के प्रति सहनशील बनाता है।
5. कार्बोहाइड्रेट उपापचय क्रिया को प्रभावित करता है।

क्लोरीन की कमी के लक्षण :–

1. खेत में इसकी कमी के लक्षण अभी तक नहीं देखे गये हैं। गमलों में क्लोरीन की कमी में पत्तियों में म्लानी रोग (Wilt) के लक्षण नजर आते हैं।
2. पत्तियों पर अनियमित आकार के पीले और मृत ऊतकों के धब्बे बन जाते हैं।
3. नई विकसित पत्तियों पर पीलापन दिखाई देता है।
4. पत्ता गोभी में इसकी कमी में पत्ते मुड़ जाते हैं।
5. बरसीम की पत्तियाँ छोटी व मोटी हो जाती हैं।
6. तने व जड़ की वृद्धि रुक जाती है।

निकिल के कार्य

1. पौधों में नत्रजन उपापचय (Nitrogen metabolism) को नियमित करने वाले हाइड्रोजिनेज, मिथाईल रिडक्टेज एवं युरिएज किण्वकों (enzymes) की सक्रियता को बढ़ाने में सहायक होता है।
2. दाना भरने (grain filling) और बीज की जीवन क्षमता (seed viability) के लिए आवश्यक होता है।
3. यह युरिएज एन्जाइम का धात्विक अवयव है। दलहनी फसलों के लिए लाभदायक होता है।
4. यह पौधों द्वारा लोहा के अवशोषण के लिए आवश्यक है।

निकिल की कमी के लक्षण :–

1. निकिल की कमी के कारण पौधों में नाइट्रेट (NO_3^-) का जमाव होने लगता है और अमीनों अम्ल कम होने लगते है।
2. इसकी कमी के कारण युरिएज किण्वक की सक्रियता कम हो जाती है, इस कारण पत्तियों में यूरिया एकत्रित हो जाती है जो पौधों के लिए विषैली होती है।

उपर्युक्त सूक्ष्म तत्वों के अलावा अन्य सूक्ष्म तत्व जैसे – कोबाल्ट, सोडियम, सिलिकान तथा वेनेडियम आदि यदि मृदा में उपलब्ध नहीं होते हैं तो ये भी पौधों के वृद्धि में रूकावट डालते हैं। इनकी पूर्ति भी आवश्यकतानुसार करनी चाहिये।

मृदा में सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी के कारणः–

1. विभिन्न फसलों की संकर प्रजातियाँ हम अपना रहे है जो कि मुख्य तत्व नत्रजन, फॉस्फोरस व पोटाश की

अधिक मात्रा का उपयोग करती है। साथ ही साथ ये प्रजातियाँ मृदा में सूक्ष्म पोषक तत्वों विशेष रूप से जस्ते व लोहे की कमी को बढ़ाती है।

2. लगातार फसलों को उगाने व सघन खेती से मृदा में इन तत्वों की कमी बढ़ती जा रही है।
3. जटिल उर्वरकों के अपनाने से हम केवल अशुद्धि के रूप में बहुत कम ही सूक्ष्म पोषक तत्व मृदा में दे पा रहे है और इन जटिल उर्वरकों (जैसे – डाइ अमोनियम फॉस्फेट आदि) का प्रयोग दिन प्रतिदिन बढ़ रहा है। अतः मृदाओं में सुक्ष्म पोषक तत्वों की कमी आने की सम्भावनायें अधिक बनती जा रही है।
4. वर्तमान में कार्बनिक खादों का प्रयोग कम हो रहा है।

पोषक तत्वों की कमी से सर्वाधिक हानि उठाने वाली फसलें (Indicator Crops) :–

1. नत्रजन व कैल्सियम – फूलगोभी, गाँठगोभी
2. फॉस्फोरस – सरसों
3. पोटैशियम व मैग्नीशियम – आलू
4. लोहा – आलू, जई, फूलगोभी, गाँठगोभी
5. मैंगनीज – जई, चुकन्दर
6. जस्ता – धान, ज्वार, बाजरा, मक्का, गेहूँ, कपास, सोयाबीन व नींबू वर्गीय फल
7. ताम्बा – सेब, लीची, बेर, नींबू व प्याज
8. बोरॉन – सूरजमुखी
9. मोलिब्डेनम – लोबिया, गोभी, रिजका व चुकन्दर
10. सोडियम – चुकन्दर
11. सिलिकॉन – गन्ना व धान

उर्वरकों का महत्व :–

- कारखानों में विभिन्न खनिज पदार्थों की सहायता से कृत्रिम रूप से तैयार किये जाते है और एक, दो या तीन तत्व कार्बनिक खादों की तुलना में अधिक मात्रा में इन उर्वरकों से प्राप्त होते है।
- प्रयोग के एक सप्ताह बाद ही इनकी उपलब्धता पौधों को होने लगती है।
- खेत में कार्बनिक खादों की तुलना में कम मात्रा में डाले जाते है।
- निर्धारित मात्रा में अधिक प्रयोग करने पर पौधे झुलस जाते है या नष्ट हो जाते है, जमीन खराब हो जाती है।
- खेत में फसल की बुआई के साथ – साथ खड़ी फसल में भी प्रयोग कर सकते है।
- इन उर्वरकों को प्रयोग करने से 2 – 4 दिन पहले या बाद में उर्वरक को खेत में डालकर सिंचाई करना आवश्यक है जो उर्वरकों की उपयोग दक्षता बढ़ाता है।
- भंडारण में विशेष सावधानी की आवश्यकता होती है।
- इनके निरन्तर प्रयोग से मृदा के जैविक, भौतिक व रासायनिक गुणों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है जैसे अमो. सल्फेट के निरन्तर प्रयोग से मृदा अम्लीय व सोडियम नाइट्रेट से क्षारीय हो जाती है।
- मृदा जीवाणुओं पर कभी – कभी प्रतिकूल प्रभाव हो सकता है।
- इनके लगातार प्रयोग से मृदा में वायु संचार ठीक नहीं रह पाता।
- मृदा कटाव को रोकने में कम लाभदायक है।
- मृदा ताप पर प्रभाव नहीं पड़ता है।
- इन उर्वरकों के अधिक प्रयोग से मृदा में पोषक तत्वों का अनुपात सन्तुलित नहीं रहता है।
- पौधों के लिए पोषक तत्व उपयोग करने की खर्चीली विधि है।

उर्वरकों के प्रकार :–

उर्वरक उद्योगों में तैयार किए गये रसायन है जिनमें पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्व होते है। इनमें जैविक खादों की तुलना में अधिक मात्रा में पोषक तत्व होते है। इनको निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है।

(क) संघटक पोषक तत्वों के आधार पर

(अ) सरल या एकल उर्वरक (Straight fertilizers) :–

ऐसे उर्वरक जिनमें केवल एक प्राथमिक पोषक तत्व (N,P एवं K) विद्यमान होता है। एकल उर्वरकों का निम्न प्रकार से वर्गीकरण किया जाता है –

1. **नत्रजन युक्त उर्वरक –** इस वर्ग के उर्वरकों में नत्रजन विद्यमान होती है, उदाहरणार्थ अमोनियम सल्फेट, यूरिया, अमोनियम क्लोराइड आदि
2. **फॉस्फोरस युक्त उर्वरक –** फॉस्फोरस प्रदान करने वाले सभी उर्वरक इस वर्ग में सम्मिलित किये जाते है, जैसे – सुपर फॉस्फेट, शैल फॉस्फेट आदि।
3. **पोटैशियम युक्त उर्वरक –** ऐसे उर्वरक जो पोटैशियम प्रदान करते है, पोटैशियम युक्त उर्वरक कहलाते है, जैसे – पोटैशियम सल्फेट, म्यूरियेट ऑफ पोटाश आदि।

(ब) जटिल अथवा संयुक्त उर्वरक (Complex fertilizers) :–

जिन उर्वरकों में एक से अधिक प्राथमिक पोषक तत्व होते है तथा उनमें से दो प्राथमिक पोषक तत्व रसायनिक संयोजन मे विद्यमान होते है वे जटिल (Complex) अथवा बहुतत्वीय उर्वरक (Multiple nutrient fertilizers) कहलाते है। ये प्रायः दानेदार रूप में तैयार किये जाते है। जब इन जटिल उर्वरकों में दो प्राथमिक पोषक तत्व विद्यमान होते है, तो इन्हें अपूर्ण जटिल उर्वरक कहते है, उदाहरणार्थ – अमोनियम फॉस्फेट, नाइट्रोफॉस्फेट, पोटैशियम नाइट्रेट, डाइ अमोनियम फॉस्फेट आदि। लेकिन जब इन जटिल उर्वरकों में तीनों ही प्राथमिक पोषक तत्व विद्यमान होते है तो इन्हें पूर्ण जटिल उर्वरक कहते है, जैसे – नाइट्रोफॉस्फेट पोटाश युक्त श्रेणी (ग्रेड) I व II आदि।

(स) मिश्रित उर्वरक अथवा उर्वरक मिश्रण (Mixed fertilizer or fertilizer mixture) –

प्राथमिक पोषक तत्व युक्त दो अथवा दो से अधिक उर्वरकों के उपयुक्त अनुपात में भौतिक मिश्रण को मिश्रित उर्वरक अथवा उर्वरक मिश्रण कहते है। इनके द्वारा सन्तुलित मात्रा में पोषक तत्वों की पूर्ति की जा सकती है। यदि सरल उर्वरकों का फसलों में प्रयोग किया जाता है, तो निश्चित रूप से श्रम की लागत मिश्रित उर्वरकों की अपेक्षा अधिक आती है। अतः मिश्रित उर्वरकों के प्रयोग से श्रम की लागत में कमी की जा सकती है।

जटिल उर्वरकों में पोषक तत्व एक निश्चित अनुपात में विद्यमान होते है। अतः ये विभिन्न प्रकार की मृदाओं के लिए सदैव अनुकूलित नहीं होते है। सामान्यतः विभिन्न प्रकार की मृदाओं की आर्थिक आधार पर आवश्यकताओं की पूर्ति मात्र मिश्रित उर्वरकों द्वारा ही की जा सकती है।

(ख) प्राथमिक पोषक तत्वों की मात्रा/सांद्रण के आधार पर –

(अ) निम्न विश्लेषण उर्वरक (Low analysis fertilizer) :– वे उर्वरक जिनमें प्राथमिक पोषक तत्वों की कुल मात्रा 25% से कम होती है। जैसे सिंगल फॉस्फेट ($16\%P_2O_5$) सोडियम नाइट्रेट (16%N) आदि।

(ब) उच्च विश्लेषण उर्वरक (High analysis fertilizer) :– वे उर्वरक जिनमें प्राथमिक पोषक तत्वों की कुल मात्रा 25% से अधिक होती है। जैसे यूरिया (46%N), अमोनियम फास्फेट (20% N व 20% P_2O_5), डाइ अमोनियम फास्फेट (18% N व 46% P_2O_5), पोटैशियम क्लोराइड (58-60% K_2O)।

(ग) भौतिक अवस्था के आधार पर –

(अ) ठोस उर्वरक (Solid fertilizer) :–

अधिकांश उर्वरक ठोस अवस्था में आते है। ये भी कई प्रकार के होते है–

1. धूल/चूर्ण (Dust) :– जिप्सम, सिंगल सुपर फॉस्फेट
2. क्रिस्टल (Crystal) :– अमोनियम सल्फेट
3. दानेदार (Prills) :– यूरिया, डाई अमोनियम फॉस्फेट
4. कणाकार (granules) :– हालैण्ड ग्रेन्यूल
5. उच्च कणाकार (super granules) :– यूरिया सुपर ग्रेन्यूल (USG)
6. ब्रिकेट (Briquettes) :– यूरिया ब्रिकेट्स

(ब) द्रव उर्वरक (Liquid fertilizer) :–

सीधे तौर पर या सिंचाई जल के साथ प्रयोग करने के लिए कुछ उर्वरक द्रव अवस्था में भी आते है। संभालने में आसानी, कम श्रम की आवश्यकता और खरपतवारनाशी रसायनों के साथ मिलानें की संभावना के कारण द्रव उर्वरक की स्वीकार्यता किसानों में बढ़ रही है। ये दो प्रकार के होते है।

क्र.सं.	उर्वरक का नाम	उर्वरक जिसके साथ मिश्रण में कदापि न मिलाये
1.	अमोनियम सल्फेट, अमोनियम सल्फेट नाइट्रेट, अमोनियम क्लोराइड एवं अन्य अमोनिकल उर्वरक, कैल्सियम अमोनियम नाइट्रेट (किसान खाद) तथा नत्रजन युक्त जीवांश खादों को।	चूना
2.	सोडियम नाइट्रेट अथवा पोटैशियम नाइट्रेट यूरिया तथा किसान खाद को।	सुपरफॉस्फेट
3.	सुपरफॉस्फेट को।	चूना या राख अथवा कैल्सियम कार्बोनेट

1. स्पष्ट द्रव उर्वरक (Clear liquid fertilizers) :– जब नत्रजन, फॉस्फोरस एवं पोटैशियम उर्वरक पानी में पूर्ण रूप में धुल जाते है स्पष्ट द्रव कहलाते है।

2. निलम्बन द्रव उर्वरक (Suspension liquid fertilizers) :– जब उर्वरक सामग्री का कुछ अंश महीन कणों के रूप में निलम्बन अवस्था में रहता है।

(घ) पोषक तत्व की उपस्थिति के आधार पर

उर्वरक में उपस्थित पोषक तत्व के आधार पर नत्रजन उर्वरक, फॉस्फोरस उर्वरक, सूक्ष्म पोषक तत्व उर्वरक, लोहा उर्वरक आदि कहलाते है।

1. **नत्रजन युक्त उर्वरक –** इस वर्ग के उर्वरकों में नत्रजन विद्यमान होती है, उदाहरणार्थ अमोनियम सल्फेट, यूरिया, अमोनियम क्लोराइड आदि इन उर्वरकों को पुनः चार उपवर्गों में विभाजित किया जाता है –

(i) नाइट्रेट उर्वरक – इन उपवर्ग के नत्रजन युक्त उर्वरकों में नत्रजन सदैव नाइट्रेट के रूप में होते है, जैसे – सोडियम नाइट्रेट, कैल्सियम नाइट्रेट, पोटैशियम नाइट्रोफॉस्फेट आदि।

(ii) अमोनीकल उर्वरक – इस उपवर्ग के नत्रजन युक्त उर्वरकों में नत्रजन सदैव अमोनियम के रूप में होती है, जैसे – अमोनियम सल्फेट, अमोनियम क्लोराइड, अमोनियम फॉस्फेट आदि।

(iii) नाइट्रेट एवं अमोनिकल नत्रजन युक्त उर्वरक – इस उपवर्ग के नत्रजन युक्त उर्वरकों में नाइट्रेट व अमोनिया दोनों ही रूपों में विद्यमान होती है, जैसे – अमोनियम सल्फेट नाइट्रेट, कैल्सियम अमोनियम नाइट्रेट आदि।

(iv) एमाइड उर्वरक – इस उपवर्ग के उर्वरकों में नत्रजन सदैव एमाइड के रूप में होती है, जैसे – यूरिया, कैल्सियम सायनामाइड आदि।

2. **फॉस्फोरस युक्त उर्वरक –** फॉस्फोरस प्रदान करने वाले सभी उर्वरक इस वर्ग में सम्मिलित किये जाते है, जैसे – सुपर फॉस्फेट, शैल फॉस्फेट आदि। इस वर्ग के उर्वरकों को उनकी विलेयता के आधार पर निम्नलिखित तीन उपवर्गों में विभाजित किया जाता है –

(i) जल विलेय फॉस्फोरस उर्वरक – इस उपवर्ग के उर्वरक जल में शीघ्र घुलनशील होते है, जैसे – सिंगल सुपर फॉस्फेट, ट्रिपल सुपर फॉस्फेट, मोनो–अमोनियम फॉस्फेट, डाइ अमोनियम फॉस्फेट आदि। पौधों को आसानी से उपलब्ध होते है।

(ii) साइट्रेट विलेय फॉस्फोरस युक्त उर्वरक – इस उपवर्ग के उर्वरक जल में अघुलनशील एवं साइट्रिक अम्ल में घुलनशील होते है। जैसे – डाई कैल्शियम फॉस्फेट। पौधों को उपलब्धता मध्यम होती है।

(iii) जल तथ साइट्रेट में अविलेय फॉस्फोरस युक्त उर्वरक – इस उपवर्ग के उर्वरक जल और साइट्रेट दोनों में अघुलनशील होते है, जैसे – शैल फॉस्फेट, हड्डी की खाद आदि। उपस्थित फॉस्फोरस पौधों को धीरे–धीरे उपलब्ध होता है अतः लम्बी अवधि वाली फसलों आदि के लिए अधिक उपयुक्त है।

3. **पोटैशियम युक्त उर्वरक –** ऐसे उर्वरक जो पोटैशियम प्रदान करते है, पोटैशियम युक्त उर्वरक कहलाते है, जैसे – पोटैशियम सल्फेट, म्यूरेट ऑफ पोटाश, पोटैशियम नाइट्रेट, आदि। इस वर्ग के उर्वरकों को मुख्य रूप से दो उपवर्गों में निम्नलिखित प्रकार से विभाजित किया गया है –

(i) क्लोराइड युक्त उर्वरक – वे पोटैशियम उर्वरक जिनमें क्लोराइड पाया जाता है। इस उपवर्ग में म्यूरेट ऑफ पोटाश (पोटैशियम क्लोराइड) आता है। गन्ना, आलू, तम्बाकू आदि फसलों की गुणवत्ता प्रभावित होती है अतः इन फसलों में इन उर्वरकों का उपयोग नहीं करना चाहिए।

(ii) क्लोराइड रहित पोटैशियम उर्वरक – वे पोटैशियम उर्वरक जिनमें क्लोराइड नहीं पाया जाता है। इस उपवर्ग में पोटैशियम सल्फेट, पोटैशियम नाइट्रेट आदि सम्मिलित किये जाते है।

(ड़) मृदा पर प्रभाव के आधार पर –

लगभग सभी प्रकार के उर्वरक, उपयोग के पश्चात् मृदा पर अपना प्रभाव डालते है। प्रकृति के अनुसार उपयोग के बाद उर्वरक मृदा की अम्लीयता या क्षारीयता बढ़ाते है। इस आधार पर इन्हे निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जाता है –

(अ) अम्लीय उर्वरक (Acid forming fertilizers) :– जो उर्वरक मृदा में अम्लीय अवशिष्ट प्रभाव (Acidic residual effect) छोड़ते है, उन्हें अम्लीय उर्वरक कहते है। इन उर्वरकों के अवशिष्ट अम्लीय प्रभाव को उदासीन/प्रभावहीन करने के लिए आवश्यक कैल्सियम कार्बोनेट (चूना) की मात्रा को तुल्यांकी या समकक्ष अम्लीयता (equivalent acidity) कहते है।

उदाहरणार्थ 100 किग्रा अमोनियम सल्फेट उर्वरक के उपयोग करने पर उत्पन्न अवशिष्ट अम्लीयता को उदासीन करने के लिए 110 किग्रा. कैल्सियम कार्बोनेट की आवश्यकता होती है अतः अमोनियम सल्फेट की तुल्यांकी अम्लीयता 110 किग्रा होती है। ये उर्वरक क्षारीय मृदाओं की क्षारीयता कम करने में सहायक होते है। अम्लीय उर्वरकों की तुल्याकी अम्लीयता निम्नानुसार होती है –

उर्वरक	तुल्यांकी अम्लीयता
एनहाड्रस अमोनिया	148
अमोनियम क्लोराइड	128
अमोनियम सल्फेट	110
अमोनियम सल्फेट नाइट्रेट	93
अमोनियम फॉस्फेट	86
यूरिया	80

(ब) क्षारीय उर्वरक (Alkaline forming fertilizers) :– इसी प्रकार कुछ उर्वरक उपयोग में लेने के बाद मृदा पर क्षारीय प्रभाव छोड़ते है। इनकों क्षारीय उर्वरक कहते है। क्षारीय उर्वरक और उनकी तुल्यांकी क्षारीयता (Equivalent basicity) निम्न प्रकार है –

उर्वरक	तुल्यांकी क्षारीयता
सोडियम नाइट्रेट	29
कैल्सियम नाइट्रेट	21
कैल्सियम सायनामाइड	63
डाइकैल्सियम फॉस्फेट	25

उर्वरक की श्रेणी या ग्रेड (Fertilizer grade) – किसी उर्वरक की श्रेणी या ग्रेड इस बात का द्योतक है, कि उसमे प्राथमिक पादप पोषक तत्वों की कितनी प्रतिशत मात्रा है। 'श्रेणी' शब्द जटिल और मिश्रित दोनों ही प्रकार के उर्वरकों के लिए प्रयोग किया जाता है। इसके अन्तर्गत प्राथमिक पोषक तत्व निम्नलिखित क्रमानुसार प्रतिशत मात्रा के अनुपात में व्यवस्थित होते है –

कुल नाइट्रोजन : N
फॉस्फोरस पेन्टा ऑक्साइड : P_2O_5
जल विलेय पोटाश : K_2O

उपर्युक्त अनुपात की अभिव्यक्ति प्रायः N:P:K से करते है। यदि कोई उर्वरक अथवा उर्वरक का मिश्रण 16:12:8 श्रेणी (ग्रेड) का है, तो इसका तात्पर्य यह है कि अमुक उर्वरक या उर्वरक मिश्रण में 16 भाग नाइट्रोजन (N), 12 भाग फॉस्फोरस पेन्टा ऑक्साइड (P_2O_5) और 8 भाग जल विलेय पोटाश K_2O विद्यमान है। अतः उपर्युक्त 100 किलोग्राम उर्वरक अथवा उर्वरक मिश्रण में 36 किलोग्राम (16+12+8) प्राथमिक पादप पोषक तत्व विद्यमान है।

विभिन्न फसलों की आवश्यकतानुसार इस समय अनेक श्रेणी (ग्रेड) के उर्वरक प्रचलित है। उर्वरक मिश्रण सम्बन्धी निर्देशों का पालन करते हुए सरल एवं मिश्रित उर्वरकों से वांछित श्रेणी के उर्वरक सफलता पूर्वक बना सकते है।

उर्वरक अनुपात (Fertilizer ratio) – यह उर्वरक अथवा उर्वरक मिश्रण में निहित नाइट्रोजन (N), फॉस्फोरस पेन्टा ऑक्साइड (P_2O_5) और जल विलेय पोटाश K_2O का पारस्परिक अनुपात होता है, उदाहरणार्थ – उपर्युक्त 16–12–8 श्रेणी के उत्पाद में अनुपात 4:3:2 का है। इस अनुपात से इस बात का पता चलता है, कि उत्पाद उर्वरक या उर्वरक मिश्रण में नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और पोटाश किस अनुपात में मिश्रित है।

उर्वरक प्रयोग की विधियाँ (Methods of fertilizer application) :–

उर्वरक कई विधियों से प्रयोग किए जाते है। उर्वरक प्रयोग के समय विधि का चयन करते समय इस बात का ध्यान रखते है कि पौधों को पोषक तत्व आसानी से उपलब्ध हो जाये, उर्वरको का कम से कम ह्रास हो और उनके प्रयोग में आसानी रहे, अर्थात् उर्वरकों की उपयोग दक्षता (Fertilizer use efficiency) बढ़ाई जा सके। उर्वरक प्रयोग करने की विधि के चयन में कई बातों का ध्यान रखा जाता है। इनमें मृदा की प्रकृति, फसल की प्रकृति और उर्वरक की प्रकृति मुख्य होती है।

उर्वरक प्रयोग करने की विधियाँ कई बातों पर निर्भर करती है, जिनमें प्रमुख रुप से मृदा की किस्म, मृदा की तलरुपता, मृदा में नमी की मात्रा, मौसम की दशा (जलवायु), फसल की किस्म व आयु, उर्वरक की किस्म व उर्वरक में पोषक तत्वों की उपलब्धता उर्वरक की उपलब्धता व इकाई मूल्य, उर्वरक के प्रयोग करने में काम आने वाले यन्त्र आदि की उपलब्धता, श्रम की उपलब्धता आदि है।

इनके अतिरिक्त मृदा गठन, पी एच मान, धनायन विनिमय क्षमता (CEC), पोषक तत्व, स्तर मृदा में कार्बन का स्तर फसल का जड़ तंत्र और पौध अंतरण (पौधे से पौधे और कतार से कतार

की दूरी) उर्वरक की भौतिक अवस्था मृदा में घुलनशीलता व गतिशीलता आदि उर्वरक प्रयोग की उपर्युक्त विधि के चयन को प्रभावित करते है।

उर्वरकों के प्रयोग करने की विधियाँ –

(A) ठोस (Solid) रुप में उर्वरकों का प्रयोग –

(अ) छिटकवाँ विधि (Broadcasting method)

(i) बुआई के समय छिड़कना (Broadcasting) एवं बुआई के समय कूँड़ में खाद देना (Basal Application)

(ii) खड़ी फसल में उर्वरक देना (Top dressing)

छिटकवाँ विधि (Broadcasting) या स्पॉट ड्रेसिंग (Spot dressing) या साइड ड्रेसिंग (Side dressing)

(ब) संस्थापन विधि (Placement)

(i) हल दुस्तर संस्थापन (Plough sole placement)

(ii) गहन–संस्थापन (Deep placement)

(iii) अधोभूमिक संस्थापन (Sub soil placement)

(स) स्थानिक संस्थापन (Localized Placement)

(i) डिबलिंग संस्थापन (Dibbling placement)

(ii) ड्रिलिंग संस्थापन (Drilling placement)

(iii) पट्टी संस्थापन (Band placement) – Row or Hill placement

(iv) गोलिका संस्थापन (Ball or pellet placement)

(v) रिंग संस्थापन (Ring placement)

(vi) सम्पर्क (Contact) संस्थापन

द्रव (Liquid) रुप में उर्वरक का प्रयोग –

(1) प्रारम्भिक उर्वरक घोल (Starter fertilizer solution)

(2) सिंचाई के जल के साथ उर्वरकों का प्रयोग अर्थात उर्वरिकृत सिंचाई (Application of fertilizer in irrigation water, Fertigation)

(3) तत्वों के घोल का पौधों पर छिड़काव (Foliar application or spray of fertilizers)

(4) बीजों को तत्वों के घोल में डुबाना (Sinking seed with nutrient solution)

(5) बीजों के ऊपर तत्वों के सान्द्र घोल की परत चढ़ाना (Coating seed with nutrients paste)

(6) पौधों में तत्व के घोल का इन्जेक्शन देना (Injection of nutrient solution into the plants)

(7) मृदा में उर्वरक घोल का प्रत्यक्ष प्रयोग (Direct application to the soil)

(अ) छिटकवाँ विधि –

1. **बुआई के समय –** इस विधि से कम्पोस्ट खाद व गोबर की खाद को फसल बोने से पूर्व खेत में बिखेर देते हैं और बाद में हल चलाकर इसको मिट्टी में मिला देते हैं। नत्रजन के उर्वरक भी फसल बोने से पहले व खड़ी फसल में बिखेर दिये जाते है। इस विधि में उर्वरक की मात्रा अधिक खर्च होती है। सिंचाई के उचित प्रबन्ध न होने पर यह विधि प्रयोग की जा सकती है। जिन मृदाओं में अधिक खरपतवार होते हैं वहाँ पर इसका प्रयोग नहीं करना चाहिये। जिन फसलों की तत्वों सम्बन्धी आवश्यकता अधिक होती है उनमें भी यह विधि काम में नहीं लेनी चाहिये। फॉस्फेटिक व पोटैशिक उर्वरक इस विधि से प्रयोग नहीं करने चाहिये क्योंकि इनकी घुलनशीलता व गतिशीलता कम होती है तथा इनका स्थिरीकरण शीघ्र हो जाता है। इस विधि से श्रम व समय की बचत होती है। असमतल अर्थात् ढालू मृदाओं में इस विधि का प्रयोग नहीं करना चाहिये क्योंकि सिंचाई व वर्षा के समय उर्वरक घुलकर नीचे की ओर बह सकता है। बलुई मृदाओं में इस विधि से उर्वरकों का प्रयोग भी अधिक लाभदायक नहीं होता। इस विधि में पौधों को बराबर मात्रा में पोषक तत्व प्रदान नहीं होते, तत्वों का ह्रास भी इस में अधिक होता है। बुआई के समय खेत में उर्वरक देना बेसल ड्रेसिंग (Basal dressing) कहलाता है।

2. **खड़ी फसल में उर्वरक देना –** खड़ी फसल में उर्वरक देना टॉपड्रेसिंग (Top dressing) कहलाता है। अधिकांशतः घनी फसलों में उपयोग किया जाता है। खड़ी फसलों में उर्वरक परिस्थितियों के अनुसार बिखेर (Broadcasting) सकते हैं या पंक्तियों के किनारे (Side dressing) पर डाल सकते हैं जिन फसलों में पौधों की अधिक दूरी होती है, वहां पर उर्वरक पौधों

के चारों ओर या एक ओर डाल दिया जाता है जैसे मक्का आदि। इस विधि को स्पॉटड्रेसिंग कहते है। खड़ी फसलों में पौधों को उनकी आवश्यकतानुसार उर्वरक देते हैं। इस विधि में पौधों की गीली पत्तियों पर उर्वरक पड़ जाने से पत्ती झुलसने का डर बन जाता है। अतः शुष्क मौसम में जब पत्ती गीली न हो, उर्वरक डालना चाहिये। बड़े क्षेत्रों में ठोस उर्वरकों को वायुयान की सहायता से भी छिड़क सकते हैं। पोषक तत्वों का ह्रास इस विधि में अधिक होता है।

(ब) संस्थापन विधि–

इस विधि में उर्वरक को मृदा में किसी उचित गहराई पर डाल देते है। इसमें निम्न विधियाँ काम में लाते हैं–

(i) हल दुस्तर संस्थापन – विशेष रुप से जिन उर्वरकों में तत्वों का स्थिरीकरण होता है उन सभी उर्वरकों को संस्थापन विधि से देना लाभकारी है। जब मृदा की ऊपरी सतह में नमी का अभाव होता है तब भी यह विधि अपनाई जाती है और उर्वरक उचित गहराई पर जहाँ मृदा में नमी उचित स्तर पर होती है डाल दिया जाता है। इस विधि में उर्वरकों का प्रयोग करने के बाद खेत में जुताई नहीं की जा सकती। कभी–कभी उर्वरक अधिक गहराई पर पहुँच जाते है जिससे इनके पोषक तत्वों का पोषण, छोटे पौधों की जड़ों द्वारा नहीं किया जा सकता। ठण्डे स्थानों पर अमोनिकल नत्रजन अधिक गहराई पर पहुंच जाने के कारण नाइट्रेट नत्रजन में परिवर्तित नहीं हो पाती। अतः नत्रजन आसानी से पौधों को उपलब्ध नहीं हो पाती।

(ii) गहन संस्थापन – यह विधि जापान में, धान के खेतों में नत्रजन के उर्वरकों का प्रयोग करने में अपनाई जाती है। इस विधि में अमोनिकल नत्रजन वाले उर्वरकों को काफी गहराई पर प्रयोग करते हैं। जिसमें नत्रजन, अमोनिकल रुप में ही रहकर पौधों को अधिक समय तक प्राप्त होती रहे। धान के पौधे नत्रजन को अमोनिकल रुप में ही अधिक प्राप्त करते है। इस विधि में उर्वरकों का पानी में बहकर, नष्ट होना असम्भव होता है। इस विधि से फॉस्फोरस उर्वरक का भी मृदा में प्रयोग कर सकते है।

(iii) अधोमृदा संस्थापन– इस विधि में उर्वरकों का प्रयोग मशीनों या भारी हलों की सहायता से अधोमृदा में करते हैं। यह विधि आर्द्र एवं उप आर्द्र क्षेत्रों में जहाँ पर मृदा अम्लीय होती है, प्रयोग करते है। इन क्षेत्रों में अच्छे जड़ विकास के लिए पोटाश व फॉस्फोरस के उर्वरकों का प्रयोग करते है।

(स) स्थानीय संस्थापन विधि–

इस विधि का प्रयोग उस समय करते हैं जब उर्वरकों की मात्रा कम होती है। इस विधि में उर्वरक पौधों की जड़ों के समीप ही प्रयोग किये जाते है। अतः पोषक तत्व आसानी से पौधों को उपलब्ध हो जाते है। इस विधि में उर्वरक की मात्रा कम लगती है। पोषक तत्वों का स्थिरीकरण कम होता है। इस विधि में कभी–कभी बीजों के पास उर्वरकों का एकत्रीकरण होने से बीजों का अंकुरण सम्भव नहीं होता, और यदि अंकुरण हो भी जाये तो बीजांकुर की बढ़वार पर बुरा प्रभाव पड़ता है। कभी–कभी पौधे प्रारम्भिक अवस्था में ही नष्ट भी हो जाते है। स्थानीय संस्थापन विधि में उर्वरक डिबलर व ड्रिल्स के द्वारा खेत में देते हैं खड़ी फसल में पट्टी का संस्थापन करना बैंड प्लेसमेन्ट कहलाता है। उर्वरकों का गोलिका के रुप में प्रयोग धान के खेतों में करते है और गोलिका धान के पौधे के समीप कीचड़ में रख देते है। आवश्यकतानुसार मिट्टी के 10–12 भाग में एक भाग उर्वरक मिलाकर छोटी – छोटी गोलियाँ बना ली जाती है। नत्रजन उर्वरकों को पक्तियों के 2.5 से 5 सेमी. पर इस विधि द्वारा प्रयोग किया जाता है। बगीचो में फलदार वृक्षों जैसे – पपीता, आदि के चारों ओर रिंग के आकार में भूमि में उर्वरक देना रिंग संस्थापन कहलाता है।

द्रव रुप में उर्वरकों का प्रयोग :–

विभिन्न विधियों द्वारा उर्वरकों को द्रव रुप में प्रयोग किया जा सकता है–

(1) प्रारम्भिक उर्वरक घोल– विभिन्न उर्वरकों के घोल प्रायः N, P_2O_5, K_2O की 1:2:1 या 1:1:2 आदि के अनुपात में तैयार करते हैं इन घोलों का प्रयोग प्रायः रोपण के समय सब्जियों आदि की फसल में करते हैं और साथ ही हल्की सिंचाई कर देते हैं इस विधि में पौधों की जड़े आसानी से पोषक तत्व ग्रहण करके, खेत में शीघ्र ही पौधों को स्थापित कर देती हैं। प्रारम्भिक घोलों का प्रभाव पौधों की वृद्धि पर लाभदायक होता है। कभी–कभी उन फसलों में जिनमे सिंचाई की आवश्यकता नहीं होती, इस विधि से उर्वरक देने से अतिरिक्त श्रम, समय व पूंजी खर्च होती है।

(2) पोषक तत्वों के घोल का पौधों पर छिड़काव (Foliar application of fertilizer) – पौधों की पत्तियों पर हल्के घोल का छिड़काव ही पर्ण अनुप्रयोग या पर्णीय छिड़काव कहलाता है। उर्वरकों का यह घोल, छिड़काव करने वाले यन्त्रों, जिन्हें स्प्रेयर (Sprayer) कहते हैं, के द्वारा किया जाता है

अनुसंधानों के आधार पर उर्वरकों को भूमि में देने या पौधों पर छिड़कने से जो परिणाम प्राप्त हुए है उनमें कोई विशेष अन्तर नहीं हैं। किन्हीं विशेष परिस्थितियों में घोल का पौधों पर छिड़कना लाभदायक पाया जाता है। घोल के रुप में उर्वरकों को पौधों पर छिड़कने के प्रमुख लाभ निम्नलिखित हैं–

(1) कम मात्रा में उर्वरकों की आवश्यकता होती है।

(2) कम मात्रा का सम्पूर्ण क्षेत्र में, समान वितरण किया जा सकता है।

(3) पोषक तत्वों का पौधों द्वारा उपयोग अच्छा होता है।

(4) सूक्ष्म तत्व जो मृदा में जाकर स्थिर हो सकते हैं इस विधि से, उनकी हानि से कम किया जा सकता है।

(5) ऊँचे नीचे एवं रेतीले (भूमियाँ) खेतों में भी, उर्वरकों का समान वितरण हो जाता है।

(6) जहाँ पर सिंचाई के साधन कम होते हैं अर्थात् मृदा में नमी के अभाव के कारण, ठोस रुप में उर्वरकों का प्रयोग नहीं किया जा सकता, वहाँ पर इस विधि के प्रयोग से काफी लाभ उठाया जा सकता है। मृदा नमी के अभाव में पौधे पोषक तत्वों का चूषण नहीं कर सकते।

(7) उर्वरकों के घोल में, अन्य कीटनाशक या रोगनाशक रसायनों को भी पौधों पर छिड़का जा सकता है।

(8) लवणीय मृदाओं में जहाँ पर कि नत्रजन का गैस के रुप में नष्ट होने का डर रहता है। वहाँ पर नत्रजन की हानि को बचाया जा सकता है।

(9) जलमग्न भूमियों में नत्रजन का डिनाइट्रीफिकेशन हो जाता है। इस विधि के प्रयोग से इस प्रकार से नत्रजन की हानि को कम किया जा सकता है।

(10) फल वाले वृक्षों में सूक्ष्म तत्वों को इस विधि से देकर लाभ उठाया जा सकता है।

(11) जब पौधों पर साथ के साथ लाभदायक परिणाम प्राप्त करने हो तो इस विधि का प्रयोग सर्वोत्तम है।

(12) खड़ी फसल में पोषक तत्वों की कमी के लक्षण उत्पन्न होने पर इस विधि द्वारा उर्वरक उपयोग करके कमी तुरन्त दूर की जा सकती है।

(3) सिंचाई जल के साथ उर्वरकों का प्रयोग (Fertigation) – इस विधि में सिंचाई की नालियों में, पानी में घुलनशील उर्वरकों को डाल देते हैं। इस प्रकार उर्वरक घुलकर, पानी के साथ खेतों में पहुँच जाता है। इस विधि से उर्वरक को खेत में डालने से श्रम व समय बच जाता है। जिन खेतों का धरातल समतल नहीं होता वहाँ पर इस विधि का प्रयोग नहीं करना चाहिये। द्रव रुप में उर्वरकों का प्रयोग करने पर कभी–कभी जड़ों की वृद्धि पर बुरा प्रभाव पड़ता है उर्वरकों की कम मात्रा का भी इस विधि में समान वितरण हो जाता है। फुहारा एवं बूंद – बूंद सिंचाई प्रणाली द्वारा इस विधि का अच्छा उपयोग हो रहा है। उर्वरक घोल का एक समान वितरण करने के लिए फुहारा एवं बूंद – बूंद सिंचाई प्रणाली में वेन्च्यूरी (Venturi) का उपयोग किया जाता है।

(4) मृदा में उर्वरक घोल का प्रत्यक्ष प्रयोग – घोल के रुप में उर्वरक प्रयोग करने का ढंग विदेशों में काफी प्रचालित है। अमोनिया के घोल व फास्फोरस को मृदा सतह में 10 सेमी. गहरे छोड़ते है। इससे अमोनिया की हानि बहुत कम होती है। साथ ही साथ पौधों को भी इस विधि से कोई हानि नहीं होती है।

(5) बीजों को पोषक तत्वों के घोल में डुबोना– इस विधि में सूक्ष्म तत्वों जैसे लोहा आदि के यौगिकों के घोल में, बीजों को किसी निश्चित समय तक डुबो कर रखते हैं और बाद में खेत में बो देते है। इस विधि में घोल की सान्द्रता इतनी रखी जाती है कि बीजों के ऊपर इसका कोई हानिकारक प्रभाव न पड़े। साथ ही निश्चित सान्द्रता में, बीजों को निश्चित समय तक ही डुबोना लाभदायक होता है।

(6) बीजों के ऊपर सान्द्र घोल की परत चढ़ाना – इस विधि में भी सूक्ष्म तत्व जैसे ताँबा, लोहा व जस्ता आदि के गाढ़े घोल की परत बीजों पर चढ़ा लेते है। मृदाओं में जिस सूक्ष्म तत्व की कमी होती है, फसल के बीजों पर उसी की परत चढ़ा देते हैं। इस प्रकार सूक्ष्म तत्वों की कमी, पौधों की बढ़वार में बाधक नहीं होती। इस विधि में सूक्ष्म तत्वों का वितरण ठीक हो जाता है।

(7) पौधों में तत्वों के घोल का इन्जेक्शन देना – इस विधि में सूक्ष्म तत्वों के घोल की सुई (Injection) को जड़ों या तनों में लगाया जाता है। इनमें अनुभवी आदमी ही पौधों के जाइलम (Xylem) में, तत्वों के घोल को इन्जेक्शन द्वारा पहुंचा सकता है। जिस तत्व की कमी के लक्षण पौधे पर दिखाई देते हैं उसी तत्व का घोल पौधों को दिया जाता है। फल वाले वृक्षों में लोहे की कमी विशेष रुप से इस विधि से पूरी की जाती है। कभी–कभी तत्वों के घोल को, पौधों की जड़ों के पास भी इन्जेक्शन के द्वारा मृदा में दिया जाता है। खड़ी फसल में फॉस्फोरस को भी इस विधि से दे सकते हैं।

उर्वरकों के मृदा प्रयोग तथा पर्णीय छिड़काव में तुलना

मृदा प्रयोग (Soil application)	पर्णीय छिड़काव (Foliar application)
1. पोषक तत्वों की उद्वीलन स्थिरीकरण तथा अपधावन से काफी हानि हो सकती है।	1. इस विधि का प्रयोग करने से पोषक तत्वों को इन हानियों से बचाया जा सकता है।
2. उर्वरकों की अधिक मात्रा प्रयोग होती है तथा उर्वरक ठोस रुप में प्रयोग होते है।	2. उर्वरकों की कम मात्रा प्रयोग की जाती है तथा उर्वरक घोल के रुप में प्रयोग करते हैं।
3. ऊँचे नीचे खेतो में पोषक तत्वों का समान वितरण नहीं हो पाता। ऊँचे खेतों में पोषक तत्व वर्षा या सिंचाई के पानी में घुलकर नीचे के खेतों में पहुँच जाते हैं।	3. पोषक तत्वों का घोल के रुप में ऊँचे व निचले खेतों में समान वितरण होता है।
4. मृदा में प्रयुक्त उर्वरकों का प्रभाव, प्रयोग करने की अपेक्षाकृत अधिक दिनों बाद प्रारम्भ होता है।	4.घोल के रुप में उर्वरकों का प्रयोग करने से, तत्व का प्रभाव पौधों पर शीघ्र होता है।
5. लवणीय भूमि में यूरिया आदि डालने से नत्रजन की गैस के रुप में हानि होती है।	5. लवणीय भूमि में यूरिया की वनस्पति पर छिड़कने के कारण इस प्रकार की नत्रजन की हानि को रोका जा सकता है।
6. सूक्ष्म तत्वों के यौगिक जो कम मात्रा में प्रयोग होते हैं, समान वितरण नहीं हो पाता।	6. सूक्ष्म तत्वों के यौगिकों का घोल बनाकर, समान मात्रा में किसी भी क्षेत्र में छिड़का जा सकता है।
7. जिन मृदाओं में पौधों की जड़ें विकसित नहीं हो पाती वहाँ पर जड़े पोषक तत्वों का अवशोषण उचित मात्रा में नहीं कर पाती और पौधों की वृद्धि उचित नहीं हो पाती।	7. इस विधि में पोषक तत्वों का उपयोग पत्तियों, शाखाओं व तनों द्वारा होता है।
8. इस विधि से अचल तत्वों जैसे फास्फेट आदि का प्रयोग खड़ी फसल में नहीं हो पाता।	8. इस विधि से अचल तत्वों का प्रयोग खड़ी अवस्था में कर सकते है।
9. उर्वरकों को मृदा में प्रयोग करने से मृदा घोल अधिक सान्द्र होता है जिसके लिये मृदा में उचित नमी का स्तर बनाये रखने के लिए सिंचाई की आवश्यकता पड़ती है। अन्यथा सान्द्र घोल पौधों की बढ़वार के लिये हानिकारक हो सकता है।	9. इस विधि में उर्वरकों का हल्का घोल प्रयोग करते हैं। इसमें भी सान्द्र घोल पौधों की वृद्धि पर हानिकारक प्रभाव डालता है।
10. इस विधि को फसलों के फल आने की अवस्था तक भी प्रयोग कर सकते हैं।	10. इस विधि को पुष्प आने की अवस्था पर प्रयोग करने से फसलों की काफी हानि हो सकती है।
11. इस विधि से उर्वरकों को मृदा में लगातार प्रयोग करने से, मृदा की संरचना, जैविक दशा व रसायनिक दशा पर प्रभाव पड़ता है।	11. इस विधि से उर्वरकों का प्रयोग करने से मृदा पर कोई दुष्प्रभाव नहीं पड़ता है।
12. इस विधि से उर्वरक प्रयोग करने से यदि वर्षा हो तो लाभ होता हैं।	12. इस विधि से उर्वरक छिड़कने से तुरन्त बाद यदि वर्षा हो जाये तो पत्तियों पर पोषक तत्व नहीं रूक सकते।
13. इस विधि से उर्वरक मृदा में मिलाने के लिए निराई गुड़ाई या सिंचाई करनी पड़ती है अतः अरिरिक्त श्रम व समय नष्ट होता है तथा पूंजी अधिक लगती है।	13. इस विधि से इस प्रकार का कोई अन्य श्रम व पूंजी व्यय नहीं होता है।
14. सभी पोषक तत्वों को फसलों में प्रयोग किया जा सकता है	14. इस विधि द्वारा सीमित तत्वों का प्रयोग ही संभव है।
15. कवकनाशी, कीटनाशी आदि रसायनों को उर्वरकों के साथ नहीं दिया जा सकता है।	15. उर्वरको के घोल के साथ, फसल सुरक्षा सम्बन्धी अन्य रसायन दिये जा सकते है अतः खर्च कम आता है।

उर्वरकों में पोषक तत्वों की प्रतिशत मात्रा :–

खाद का नाम	नत्रजन %	फॉस्फोरस %	पोटाश %	अन्य
(1.) नत्रजन उर्वरक				
अ. अमोनियम उर्वरक				
1. अमोनियम सल्फेट	20.6			23.7 (S)
2. अमोनियम क्लोराइड	26			
3. एनहाड्रस अमोनिया	82			
ब. नाइट्रेट उर्वरक				
1. कैल्शियम नाइट्रेट	15.5			19.5(Ca), 1.5 (Mg)
2. सोडियम नाइट्रेट	16			
3. पोटेशियम नाइट्रेट	13		44	
स.नाइट्रेट एवं अमोनियम उर्वरक				
1. अमोनियम सल्फेट नाइट्रेट	26			12.1(S)
2. अमोनियम नाइट्रेट	33-34			
3. कैल्सियम अमोनियम नाइट्रेट (CAN किसान खाद)	25			8.1(Ca), 4.5(Mg)
द. एमाइड उर्वरक				
1. यूरिया	46			
2. कैल्सियम सायनामाइड	21			39.1(Ca)
(2.) फॉस्फोरस संयुक्त उर्वरक				
अ. जल में घुलनशील				
1. सुपर फॉस्फेट (एकल) (SSP)		16		19.5(Ca), 12.5(S)
2. सुपर फॉस्फेट (डबल)		32		
3. सुपर फॉस्फेट (ट्रिपल)		48		14.3 (Ca), 4(S)
4. अमोनियम फॉस्फेट	16/20	20		
5. डाइ अमोनियम फॉस्फेट (DAP)	18	46		
ब. साइट्रिक अम्ल में घुलनशील				
1. डाइकैल्सियम फॉस्फेट		34-39		23(Ca)
2. बेसिक स्लेग		14-18		15-33(Ca), 1.8-9(Mg)
स. अघुलनशील				
1. रॉक फॉस्फेट		20-40		35-38(Ca)
2. हड्डी का चूरा (Bone meal)	3-4	20-25		23(Ca)
(3.) पोटाश युक्त उर्वरक				
1. म्यूरेट ऑफ पोटाश (पोटैशियम क्लोराइड)			58-60	
2. पोटैशियम नाइट्रेट	13		44	
3. सल्फेट ऑफ पोटाश (पोटैशियम सल्फेट)		48-52		17.5(S)
संयुक्त उर्वरक				
1. मोनो अमोनियम फॉस्फेट	11	48/55		
2. डाइ अमोनियम फॉस्फेट (DAP)	18	46		
3. एमोफास ए	11	46		
4. एमोफास बी	16.5	20		
5. नाइट्रो फॉस्फेट (सुफला)	20	20		
6. पोटैशियम नाइट्रो फॉस्फेट (नाइट्रो फॉस्फा)	15	30	15	
7. एन पी के (अनेक ग्रेड)	15	15	15	
8. यूरिया अमोनियम फॉस्फेट	28	28		
द. मृदा सुधारक				
1. जिप्सम				18.6-23.5(S),29.2(Ca)
2. डोलोमाइट				14-31.5(Ca),4-10.6(Mg)

सुक्ष्म तत्वों को प्रदान करने वाले उर्वरक यौगिक (Compounds)

सूक्ष्म तत्व	सूक्ष्म तत्वों को प्रदान करने वाले यौगिक	पोषक तत्व (%)	अन्य (%)
1. लोहा	फेरस सल्फेट ($FeSO_4.7H_2O$)	19 (Fe)	18.8(S)
	पाइराइट (FeS_2)	46.5 (Fe)	53.5(S)
2. मैंगनीज	मैंगनीज सल्फेट ($MnSO_4.4H_2O$)	26-28 (Mn)	
3. जस्ता	जिंक सल्फेट ($ZnSO_4.H_2O$)	33 (Zn)	17.8(S)
4. ताम्बा	कॉपर सल्फेट($CuSO_4.5H_2O$)	25 (Cu)	
5. बोरोन	बोरेक्स	10.60 (B)	
	सोल्यूबोर	19-21 (B)	
6. मोलिब्डेनम	सोडियम मोलिब्डेट	39 (Mo)	
	अमोनियम मोलिब्डेट	54 (Mo)	

अभ्यास प्रश्न

बहुचयनात्मक प्रश्न

1. पौधे की वृद्धि के लिए आवश्यक पोषक तत्व है ।
   (अ) 15 (ब) 17
   (स) 19 (द) 21

2. पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्वों को पुनः परिष्कृत कब किया गया?
   (अ) 1949 (ब) 1939
   (स) 1954 (द) 1960

3. मृदा में गतिशील पोषक तत्व हैं ।
   (अ) जस्ता (ब) फास्फोरस
   (स) ताँबा (द) नाइट्रेट

4. द्वितीयक पोषक तत्व कौनसा नहीं है?
   (अ) नाइट्रोजन (ब) फॉस्फोरस
   (स) पोटैशियम (द) उपरोक्त सभी

5. कोशिका की ऊर्जा मुद्रा (Energy Currency) कौन सा तत्व है?
   (अ) पोटाश (ब) फॉस्फोरस
   (स) बोरान (द) जस्ता

6. पौधों की पुरानी पत्तियों पर कौनसे तत्व की कमी के लक्षण दिखाई देते हैं?
   (अ) Mg व Mo (ब) Ca व B
   (स) Fe व Mn (द) S एवं Cl

7. मैंगनीशियम की कमी दूर करने के लिए मैंगनीशियम सल्फेट की प्रति हैक्टर आवश्यकता होती है ।
   (अ) 10–20 किलो (ब) 20–25 किलो
   (स) 25–50 किलो (द) 10 किलो से कम

8. अमोनियम सल्फेट की तुल्यांकी अम्लीयता कितनी होती है?
   (अ) 93 (ब) 110
   (स) 80 (द) 128

9. जिप्सम में कैल्सियम की मात्रा कितनी होती है?
   (अ) 29.2% (ब) 19.5%
   (स) 39.5% (द) 26.5%

10. सरल या एकल उर्वरक का उदाहरण है ।
   (अ) पोटैशियम सल्फेट
   (ब) अमोनियम फॉस्फेट
   (स) डाइ अमोनियम फॉस्फेट
   (द) उपरोक्त सभी

11. अग्रिम कलिका किस पोषक तत्व की कमी से सूख जाती है?
   (अ) मोलिब्डेनम (ब) फॉस्फोरस
   (स) मैगनीशियम (द) कैल्सियम

अति लघूत्तरात्मक प्रश्न–

12. जस्ते का मुख्य कार्य क्या है ?

13. पुरानी पत्तियों पर किस–किस पोषक तत्व की कमी के लक्षण दिखाई देते हैं ?

14. मोलिब्डेनम की कमी के लक्षण कैसे होते हैं?

15. पोटैशियम का मुख्य कार्य क्या है?

16. जिंक की कमी कैसे दूर की जा सकती है?

17. पौधों द्वारा नाइट्रोजन किस–किस रूप में शोषित होती है ?

18. जटिल अथवा संयुक्त उवर्रक क्या होते हैं ?

19. उवर्रक अनुपात से क्या अभिप्राय है ?

20. ट्रॉपड्रेसिंग क्या होती है ?

21. Fertigation (फर्टीगेशन) क्या होता है ?

लघूत्तरात्मक प्रश्न–

22. पौधों में गंधक के कार्य क्या है ? लिखिए ।

23. पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्व के लिए कितने मापदण्ड हैं ? उनके बारे में बताइए।

24. क्रियात्मक पोषक तत्व कौन–कौनसे हैं ?

25. सूक्ष्म पोषक तत्वों के बारे में आप क्या समझते हैं ?

26. मृदा में गतिशीलता के आधार पर पोषक तत्वों को कितने भागों में बांटा गया है ?

निबन्धात्मक प्रश्न–

27. आवश्यक पोषक तत्व कितने हैं ? इनका वर्गीकरण करें ।

28. उर्वरकों के प्रयोग की विधियों के नाम लिखिए ।

29. उर्वरकों के मृदा प्रयोग तथा वर्णीय छिड़काव की तुलना करें ।

30. नाइट्रोजन के कार्य, कमी के लक्षण तथा दूर करने के उपायों को समझाइये।

31. उर्वरकों का फसल उत्पादन में महत्व बताएं ।

32. द्रव उर्वरक (Liquid fertilizer) क्या होते हैं? तथा इनको किस–किस प्रकार के होते हैं एवं फसलों में कैसे उपयोग में लेते हैं? समझाइये।

उत्तरमाला–

1.	ब	2.	स	3.	द
4.	द	5.	ब	6.	अ
7.	स	8.	ब	9.	अ
10.	अ	11.	द		