http://krishipravahika.vitalbiotech.org/

कृषि प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका

e-ISSN: 2583 – 0430

कृषि-प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका, (2026) वर्ष 6, अंक 8, 20-26

Article ID:638

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु: मृदा स्वास्थ्य, पोषक तत्व प्रबंधन एवं सतत कृषि में भूमिका

सत्येन्द्र कुमार झा

सहायक प्राध्यापक, कृषि विज्ञान विद्यालय,
संदीप विश्वविद्यालय, सिजौल,
मधुबनी, बिहार।

*अनुरूपी लेखक

सत्येन्द्र कुमार झा*

आधुनिक कृषि में बढ़ती जनसंख्या की खाद्य आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए फसल उत्पादकता में वृद्धि करना आवश्यक है। इसके लिए नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और पोटैशियम जैसे प्रमुख पोषक तत्वों की संतुलित आपूर्ति अत्यंत महत्वपूर्ण है। इनमें फॉस्फोरस पौधों के लिए दूसरा सबसे महत्वपूर्ण प्रमुख पोषक तत्व माना जाता है। यह पौधों में ऊर्जा के संचरण एवं भंडारण, जड़ विकास, कोशिका विभाजन, प्रकाश संश्लेषण, शर्करा एवं स्टार्च निर्माण तथा प्रजनन विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

मृदा में फॉस्फोरस मुख्य रूप से कार्बनिक और अकार्बनिक दोनों रूपों में पाया जाता है। कुल मृदा फॉस्फोरस का केवल एक छोटा भाग ही पौधों के लिए आसानी से उपलब्ध रहता है। अम्लीय मिट्टियों में फॉस्फोरस प्रायः आयरन एवं एल्युमिनियम के साथ स्थिर होकर कम उपलब्ध हो जाता है, जबकि क्षारीय एवं चूना युक्त मिट्टियों में यह कैल्शियम फॉस्फेट के रूप में अवक्षेपित हो सकता है।

इस प्रकार, केवल रासायनिक फॉस्फेट उर्वरकों का प्रयोग करने से फसल की फॉस्फोरस आवश्यकता पूरी तरह संतुष्ट नहीं हो पाती। उर्वरक के रूप में दिया गया फॉस्फोरस भी मृदा में स्थिरीकरण की प्रक्रिया से गुजर सकता है। परिणामस्वरूप फॉस्फोरस उपयोग दक्षता कम हो जाती है और लगातार अधिक मात्रा में उर्वरक प्रयोग करने की आवश्यकता पड़ सकती है।

इसी संदर्भ में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु महत्वपूर्ण जैविक विकल्प के रूप में सामने आते हैं। ये सूक्ष्मजीव मृदा में उपस्थित अघुलनशील फॉस्फेट को पौधों के लिए उपलब्ध रूप में परिवर्तित करने में सहायता करते हैं। इसलिए फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का उपयोग मृदा उर्वरता सुधारने, रासायनिक उर्वरकों की दक्षता बढ़ाने और टिकाऊ कृषि प्रणाली विकसित करने की दिशा में महत्वपूर्ण माना जाता है।

2. फॉस्फोरस का पौधों में महत्व

फॉस्फोरस पौधों में अनेक महत्वपूर्ण जैव-रासायनिक एवं शारीरिक प्रक्रियाओं को नियंत्रित करता है। एटीपी और एडीपी जैसे ऊर्जा-समृद्ध यौगिकों के निर्माण में फॉस्फोरस की महत्वपूर्ण भूमिका होती है, जिसके कारण यह पौधों में ऊर्जा स्थानांतरण एवं भंडारण के लिए आवश्यक होता है। फॉस्फोरस स्वस्थ एवं मजबूत जड़ तंत्र के विकास में सहायता करता है और कार्बोहाइड्रेट निर्माण तथा ऊर्जा चयापचय के माध्यम से प्रकाश संश्लेषण को प्रभावित करता है।

डीएनए और आरएनए के निर्माण के लिए भी फॉस्फोरस आवश्यक है, इसलिए यह कोशिका विभाजन एवं वृद्धि में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। पर्याप्त फॉस्फोरस पुष्प एवं फल विकास को बढ़ावा देता है तथा बीज की गुणवत्ता और अंकुरण क्षमता में योगदान करता है। इसके अतिरिक्त, फॉस्फोरस फसल के उचित समय पर पकने में सहायता करता है तथा संतुलित फॉस्फोरस पोषण पौधों को विभिन्न

पर्यावरणीय तनावों से निपटने में भी सहायता कर सकता है।

फॉस्फोरस की कमी होने पर पौधों की वृद्धि धीमी हो जाती है और जड़ विकास प्रभावित होता है। कुछ फसलों में इसकी कमी के कारण पत्तियों का रंग गहरा हरा या बैंगनी दिखाई दे सकता है। इसलिए फसल की सामान्य वृद्धि, विकास, पुष्पन, फलन तथा बीज निर्माण के लिए फॉस्फोरस की पर्याप्त उपलब्धता आवश्यक है।

3. मृदा में फॉस्फोरस की उपलब्धता की समस्या

मृदा में फॉस्फोरस की उपलब्धता अनेक भौतिक, रासायनिक एवं जैविक कारकों से प्रभावित होती है। पौधों द्वारा फॉस्फोरस का मुख्य अवशोषण घुलनशील फॉस्फेट आयनों के रूप में होता है। अम्लीय मिट्टियों में कम पीएच के कारण फॉस्फोरस आयरन एवं एल्युमिनियम के साथ प्रतिक्रिया करके कम घुलनशील यौगिक बना सकता है, जिससे पौधों के लिए उपलब्ध फॉस्फोरस की मात्रा कम हो जाती है।

इसके विपरीत, उच्च पीएच वाली क्षारीय एवं चूना युक्त मिट्टियों में फॉस्फोरस कैल्शियम के साथ प्रतिक्रिया करके कम घुलनशील कैल्शियम फॉस्फेट का निर्माण कर सकता है। मृदा में फॉस्फोरस का एक महत्वपूर्ण भाग कार्बनिक पदार्थों से भी जुड़ा रहता है। जब तक इस कार्बनिक फॉस्फोरस का खनिजीकरण नहीं होता, तब तक पौधों के लिए इसकी उपलब्धता सीमित रहती है। ऐसी परिस्थितियों में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु जैविक प्रक्रियाओं के माध्यम से फॉस्फोरस की उपलब्धता बढ़ाने में उपयोगी हो सकते हैं।

4. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु क्या हैं?

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु ऐसे लाभकारी मृदा सूक्ष्मजीव हैं जो अघुलनशील अथवा कम उपलब्ध फॉस्फेट यौगिकों को घुलनशील फॉस्फेट में परिवर्तित करने की क्षमता रखते हैं। इन्हें सामान्यतः पीएसबी कहा जाता है। ये जीवाणु पौधों की जड़ों के आसपास के क्षेत्र अर्थात राइजोस्पीयर में सक्रिय रहते हैं। इनके द्वारा उत्पादित कार्बनिक अम्ल एवं अन्य जैव-रासायनिक पदार्थ मृदा में उपस्थित फॉस्फेट खनिजों के घुलने में सहायता करते हैं।

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं को जैव उर्वरक के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। इनके उपयोग से मृदा में उपलब्ध फॉस्फोरस की मात्रा बढ़ाने और फॉस्फेट उर्वरकों की उपयोग दक्षता में सुधार करने की संभावना रहती है। इस प्रकार ये जीवाणु पौधों को फॉस्फोरस उपलब्ध कराने के साथ-साथ मृदा की जैविक सक्रियता में भी योगदान कर सकते हैं।

5. प्रमुख फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु

फॉस्फेट घुलनशीलता की क्षमता अनेक लाभकारी जीवाणु समूहों में पाई जाती है। इनमें बैसिलस, स्यूडोमोनास, एंटेरोबैक्टर, बर्कहोल्डेरिया, राइजोबियम, सेराटिया तथा पैनीबैसिलस की विभिन्न प्रजातियाँ प्रमुख हैं। एज़ोटोबैक्टर की कुछ प्रजातियाँ भी फॉस्फोरस की उपलब्धता बढ़ाने में योगदान कर सकती हैं।

किसी विशेष जीवाणु की प्रभावशीलता मृदा के पीएच, तापमान, नमी, कार्बन स्रोत, फसल, जैविक पदार्थ तथा स्थानीय पर्यावरणीय परिस्थितियों पर निर्भर करती है। इसलिए किसी क्षेत्र में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु के उपयोग के लिए स्थानीय परिस्थितियों के अनुकूल प्रभावी जीवाणु प्रजाति या प्रभेद का चयन महत्वपूर्ण होता है।

6. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं की कार्यविधि

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु विभिन्न जैव-रासायनिक प्रक्रियाओं के माध्यम से मृदा में फॉस्फोरस की उपलब्धता बढ़ाते हैं। इनके द्वारा उत्पादित कार्बनिक अम्ल अघुलनशील फॉस्फेट यौगिकों को घुलनशील बनाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। ग्लूकोनिक अम्ल, साइट्रिक अम्ल, ऑक्सैलिक अम्ल, लैक्टिक अम्ल और मैलिक अम्ल जैसे कार्बनिक अम्ल मृदा के सूक्ष्म वातावरण में परिवर्तन करके फॉस्फेट खनिजों की घुलनशीलता बढ़ा सकते हैं।

कुछ जीवाणु प्रोटॉन का उत्सर्जन करके राइजोस्पीयर में रासायनिक परिस्थितियों को बदलते हैं, जिससे अघुलनशील फॉस्फेट यौगिकों

की घुलनशीलता बढ़ सकती है। इसी प्रकार, कार्बनिक फॉस्फोरस को पौधों के लिए उपलब्ध अकार्बनिक रूप में परिवर्तित करने में सूक्ष्मजीवी एंजाइम महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। फॉस्फेटेज और फाइटेज जैसे एंजाइम कार्बनिक फॉस्फोरस यौगिकों के विघटन में सहायता कर सकते हैं।

कुछ सूक्ष्मजीव ऐसे यौगिक भी उत्पन्न करते हैं जो आयरन, एल्युमिनियम एवं अन्य धातु आयनों से जुड़ सकते हैं। इस प्रक्रिया को केलेशन कहा जाता है और इससे धातु-फॉस्फेट परिसरों की स्थिरता कम हो सकती है तथा फॉस्फोरस की उपलब्धता बढ़ सकती है।

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु जड़ों के आसपास सक्रिय रहकर पौधों की जड़ प्रणाली के साथ लाभकारी संबंध स्थापित कर सकते हैं। इससे जड़ क्षेत्र में पोषक तत्वों की गतिशीलता और पौधों द्वारा पोषक तत्वों के अवशोषण में सुधार हो सकता है।

7. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु और मृदा स्वास्थ्य

मृदा स्वास्थ्य का अर्थ केवल मृदा में उपस्थित पोषक तत्वों की मात्रा से नहीं है, बल्कि इसमें मृदा की भौतिक, रासायनिक एवं जैविक गुणवत्ता भी शामिल होती है। फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु मृदा स्वास्थ्य के जैविक घटक को मजबूत करने में महत्वपूर्ण योगदान दे सकते हैं।

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं की उपस्थिति से मृदा में लाभकारी सूक्ष्मजीवों की गतिविधि बढ़ सकती है। सक्रिय सूक्ष्मजीवी समुदाय पोषक तत्वों के चक्रण में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु फॉस्फोरस के अलावा अन्य पोषक तत्वों की उपलब्धता को भी अप्रत्यक्ष रूप से प्रभावित कर सकते हैं। सक्रिय राइजोस्पीयर सूक्ष्मजीव समुदाय पोषक तत्वों के चक्रण को अधिक प्रभावी बना सकता है।

जैव उर्वरकों का उचित उपयोग मृदा में जैविक गतिविधियों को बढ़ावा देकर रासायनिक इनपुट पर अत्यधिक निर्भरता कम करने में सहायता कर सकता है। फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का नियमित एवं संतुलित उपयोग, विशेषकर जैविक पदार्थों और अन्य जैव उर्वरकों के साथ, दीर्घकालीन मृदा उर्वरता प्रबंधन का महत्वपूर्ण हिस्सा बन सकता है।

8. पोषक तत्व प्रबंधन में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं की भूमिका

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का सबसे महत्वपूर्ण योगदान फॉस्फोरस की उपलब्धता बढ़ाने में है, लेकिन इनका प्रभाव केवल फॉस्फोरस तक सीमित नहीं रहता। ये अघुलनशील फॉस्फेट को पौधों के लिए उपलब्ध रूप में परिवर्तित करके फॉस्फोरस उपयोग दक्षता बढ़ाने में सहायता कर सकते हैं। इससे मृदा में उपलब्ध फॉस्फोरस का अधिक प्रभावी उपयोग संभव हो सकता है।

कुछ फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु ऐसे सूक्ष्मजीवी समुदायों का हिस्सा होते हैं जिनमें नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाले जीवाणु भी शामिल हो सकते हैं। फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं को नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाले जैव उर्वरकों के साथ उपयोग करने पर पोषक तत्व प्रबंधन अधिक समग्र एवं प्रभावी बनाया जा सकता है। इसके अतिरिक्त, राइजोस्पीयर में इनके द्वारा उत्पन्न रासायनिक परिवर्तनों से कुछ सूक्ष्म पोषक तत्वों की उपलब्धता भी प्रभावित हो सकती है।

9. पौध वृद्धि एवं विकास पर प्रभाव

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु केवल फॉस्फोरस उपलब्ध कराने तक सीमित नहीं हैं। कुछ प्रभावी फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं को पौध वृद्धि-वर्धक राइजोबैक्टीरिया के रूप में भी देखा जाता है। इनके प्रभाव से जड़ की लंबाई, पार्श्व जड़ों का विकास और जड़ जैवभार बढ़ सकता है। इसके साथ ही पौधों में पोषक तत्वों का अवशोषण बेहतर हो सकता है तथा अंकुरण एवं पौध स्थापना में सुधार हो सकता है।

कुछ फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु इंडोल-3-एसिटिक अम्ल जैसे पौध वृद्धि-वर्धक हार्मोन का उत्पादन कर सकते हैं। कुछ सूक्ष्मजीव लौह-ग्राही यौगिकों का उत्पादन करके पौधों के लिए पोषक तत्व उपलब्धता में योगदान दे सकते हैं। इसके

अतिरिक्त, कुछ फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु पौधों की तनाव सहनशीलता में योगदान करते हैं तथा रोगजनक सूक्ष्मजीवों के विरुद्ध जैविक प्रतिस्पर्धा में भी भूमिका निभा सकते हैं। इस प्रकार फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु पौधों के पोषण एवं वृद्धि को प्रत्यक्ष तथा अप्रत्यक्ष दोनों रूपों से प्रभावित कर सकते हैं।

10. फसल उत्पादन में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का महत्व

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं के प्रयोग से अनेक फसलों में पौधों की वृद्धि, पोषक तत्व अवशोषण तथा उपज से संबंधित विशेषताओं में सुधार की संभावना रहती है। गेहूँ, धान, मक्का, ज्वार और बाजरा जैसी अनाज फसलों में इनका प्रयोग फॉस्फोरस उपलब्धता एवं जड़ विकास को बेहतर करने में सहायक हो सकता है।

चना, मटर, मसूर, अरहर और मूंग जैसी दलहनी फसलों में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं को राइजोबियम जैसे जैव उर्वरकों के साथ प्रयोग करने से पोषक तत्व प्रबंधन अधिक प्रभावी हो सकता है। सोयाबीन, सरसों, मूंगफली तथा अन्य तिलहनी फसलों में फॉस्फोरस की पर्याप्त उपलब्धता जड़ विकास, पुष्पन एवं बीज निर्माण के लिए महत्वपूर्ण होती है।

टमाटर, मिर्च, बैंगन, फूलगोभी, पत्तागोभी, प्याज तथा अन्य सब्जी फसलों में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का प्रयोग पौध स्थापना, जड़ वृद्धि और पोषक तत्व अवशोषण को बेहतर करने में सहायक हो सकता है। इसी प्रकार फलदार पौधों तथा अन्य उद्यान फसलों में इनका प्रयोग राइजोस्पीयर स्वास्थ्य और पोषक तत्व उपलब्धता में सुधार के लिए किया जा सकता है।

11. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु और एकीकृत पोषक तत्व प्रबंधन

एकीकृत पोषक तत्व प्रबंधन का उद्देश्य रासायनिक उर्वरकों, जैव उर्वरकों तथा जैविक स्रोतों का संतुलित उपयोग करके फसल की पोषक तत्व आवश्यकताओं को पूरा करना और मृदा स्वास्थ्य को बनाए रखना है। इस प्रणाली में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं को रासायनिक उर्वरकों, गोबर की अच्छी तरह सड़ी खाद, कम्पोस्ट, अन्य जैव उर्वरकों तथा फसल अवशेष प्रबंधन के साथ एकीकृत किया जा सकता है।

ऐसी समन्वित प्रणाली से मृदा में फॉस्फोरस की उपलब्धता बढ़ सकती है, फॉस्फेट उर्वरकों की उपयोग दक्षता में सुधार हो सकता है और मृदा की जैविक गतिविधि को बढ़ावा मिल सकता है। इसके साथ ही पौधों की जड़ वृद्धि बेहतर हो सकती है तथा पोषक तत्वों के अनावश्यक नुकसान को कम करने में सहायता मिल सकती है। इस प्रकार रासायनिक उर्वरकों पर अत्यधिक निर्भरता कम करने की दिशा में भी फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का उपयोग उपयोगी हो सकता है।

12. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं के प्रयोग की प्रमुख विधियाँ

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का प्रयोग फसल एवं कृषि परिस्थितियों के अनुसार विभिन्न विधियों से किया जा सकता है। बीज उपचार में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु कल्चर को उपयुक्त चिपकाने वाले पदार्थ के साथ बीजों पर लगाया जाता है। उपचारित बीजों को बोने के बाद जीवाणु जड़ क्षेत्र में स्थापित होने का प्रयास करते हैं।

सब्जी एवं अन्य रोपाई वाली फसलों में पौधों की जड़ों को फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु कल्चर के उपयुक्त घोल में उपचारित करके खेत में लगाया जा सकता है। मृदा अनुप्रयोग के लिए फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु कल्चर को अच्छी तरह सड़ी हुई गोबर की खाद या कम्पोस्ट के साथ मिलाकर खेत में डाला जा सकता है। इससे जीवाणुओं को कार्बनिक पदार्थ तथा अनुकूल सूक्ष्म पर्यावरण प्राप्त हो सकता है।

कुछ परिस्थितियों में उपयुक्त जैविक इनपुट को सिंचाई प्रणाली के माध्यम से जड़ क्षेत्र तक पहुँचाया जा सकता है, लेकिन इसके लिए संबंधित उत्पाद की अनुशंसित उपयोग विधि और

सिंचाई प्रणाली के साथ उसकी अनुकूलता का पालन करना आवश्यक है।

13. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं के प्रभावी उपयोग के लिए आवश्यक परिस्थितियाँ

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं की सफलता केवल जीवाणु कल्चर की गुणवत्ता पर निर्भर नहीं करती, बल्कि मृदा एवं फसल की परिस्थितियाँ भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। अत्यधिक सूखी या अत्यधिक जलभराव वाली परिस्थितियाँ सूक्ष्मजीवी गतिविधि को प्रभावित कर सकती हैं। पर्याप्त कार्बनिक पदार्थ सूक्ष्मजीवों के लिए ऊर्जा एवं कार्बन स्रोत प्रदान कर सकते हैं। इसलिए गोबर की खाद, कम्पोस्ट और फसल अवशेषों का उचित प्रबंधन फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं की गतिविधि में सहायक हो सकता है।

विभिन्न फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु अलग-अलग पीएच परिस्थितियों में अलग-अलग सक्रियता प्रदर्शित कर सकते हैं। इसलिए स्थानीय मृदा परिस्थितियों के अनुकूल प्रभावी जीवाणु प्रभेद का चयन महत्वपूर्ण है। इसी प्रकार मृदा का तापमान भी सूक्ष्मजीवों की वृद्धि और एंजाइम गतिविधि को प्रभावित करता है।

गुणवत्तापूर्ण जैव उर्वरक का उपयोग भी अत्यंत आवश्यक है। जैव उर्वरक में जीवित एवं प्रभावी जीवाणुओं की पर्याप्त संख्या, उपयुक्त वाहक पदार्थ तथा उचित भंडारण व्यवस्था इसकी प्रभावशीलता के लिए महत्वपूर्ण होती है।

14. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु और रासायनिक फॉस्फेट उर्वरकों का संबंध

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का उद्देश्य आवश्यक रूप से रासायनिक फॉस्फेट उर्वरकों को पूरी तरह समाप्त करना नहीं है। अधिक व्यावहारिक दृष्टिकोण यह है कि रासायनिक उर्वरकों और जैव उर्वरकों का संतुलित एवं एकीकृत उपयोग किया जाए।

रासायनिक उर्वरक पौधों को शीघ्र उपलब्ध पोषक तत्व प्रदान कर सकते हैं, जबकि फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु मृदा में उपस्थित कम उपलब्ध फॉस्फोरस को घुलनशील बनाने में योगदान कर सकते हैं। इस प्रकार दोनों का संयोजन फॉस्फोरस प्रबंधन को अधिक दक्ष बना सकता है।

फॉस्फेट उर्वरक की मात्रा में कोई भी कमी स्थानीय मृदा परीक्षण, फसल की आवश्यकता तथा कृषि विश्वविद्यालय या संबंधित विभाग की अनुशंसित कृषि पद्धतियों के आधार पर ही करनी चाहिए।

15. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु और जैविक खेती

जैविक एवं प्राकृतिक कृषि प्रणालियों में पोषक तत्वों के जैविक स्रोतों का महत्व अधिक होता है। ऐसी परिस्थितियों में फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु उपयोगी जैविक इनपुट के रूप में कार्य कर सकते हैं। इनका उपयोग कम्पोस्ट एवं गोबर की खाद, फसल अवशेष प्रबंधन तथा अन्य जैव उर्वरकों के साथ किया जा सकता है।

हालांकि, जैविक खेती में किसी भी जैविक इनपुट का उपयोग संबंधित प्रमाणन मानकों और स्वीकृत इनपुट सूची के अनुसार किया जाना चाहिए। इससे जैविक उत्पादन की गुणवत्ता एवं प्रमाणन आवश्यकताओं को बनाए रखने में सहायता मिलती है।

16. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु और सतत कृषि

सतत कृषि का उद्देश्य उत्पादन बढ़ाने के साथ-साथ प्राकृतिक संसाधनों का संरक्षण करना है। फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु इस उद्देश्य में विभिन्न स्तरों पर योगदान कर सकते हैं। इनके द्वारा मृदा में उपलब्ध फॉस्फोरस का बेहतर उपयोग होने से पोषक तत्व उपयोग दक्षता में सुधार की संभावना रहती है।

लाभकारी सूक्ष्मजीवों का संरक्षण मृदा की जैव विविधता एवं जैविक स्वास्थ्य के लिए महत्वपूर्ण है। संतुलित उर्वरक उपयोग तथा बेहतर पोषक तत्व प्रबंधन से पोषक तत्वों के अनावश्यक संचय एवं नुकसान को कम करने में सहायता मिल सकती है। मृदा में पहले से मौजूद फॉस्फोरस को

जैविक प्रक्रियाओं द्वारा उपलब्ध कराने से बाहरी पोषक तत्व इनपुट के अधिक कुशल उपयोग की संभावना बढ़ती है। इस प्रकार फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु संसाधन संरक्षण तथा सतत कृषि प्रणाली के विकास में योगदान दे सकते हैं।

17. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु आधारित जैव उर्वरक की गुणवत्ता और विश्वसनीयता

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु आधारित जैव उर्वरक की प्रभावशीलता सुनिश्चित करने के लिए गुणवत्ता नियंत्रण अत्यंत आवश्यक है। किसान को जैव उर्वरक खरीदते समय उत्पाद का नाम, सूक्ष्मजीव की पहचान, निर्माण तिथि, समाप्ति तिथि, निर्माता की जानकारी तथा लेबल पर दिए गए उपयोग निर्देशों की जाँच करनी चाहिए।

इसके साथ ही भंडारण संबंधी निर्देशों, जीवाणु की व्यवहार्यता एवं गुणवत्ता मानकों तथा अनुशंसित फसल और उपयोग विधि की जानकारी प्राप्त करना आवश्यक है। जैव उर्वरकों को अत्यधिक तापमान और प्रतिकूल परिस्थितियों में रखने से उनकी जीवाणु संख्या एवं प्रभावशीलता प्रभावित हो सकती है। इसलिए इन्हें अधिकृत एवं विश्वसनीय स्रोत से खरीदना तथा अनुशंसित परिस्थितियों में भंडारित करना आवश्यक है।

18. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं के उपयोग में सावधानियाँ

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का प्रयोग करते समय जैव उर्वरक की समाप्ति तिथि अवश्य देखनी चाहिए। उत्पाद को सीधे तेज धूप या अत्यधिक गर्मी में रखने से बचना चाहिए। बीज उपचार के दौरान रासायनिक कीटनाशकों और जैव उर्वरक के बीच अनुकूलता की जानकारी प्राप्त करनी चाहिए। अलग-अलग जैव उर्वरकों को बिना अनुकूलता की जानकारी के एक साथ नहीं मिलाना चाहिए।

उपचारित बीजों को लंबे समय तक खुले में नहीं रखना चाहिए और मृदा में पर्याप्त नमी बनाए रखनी चाहिए। स्थानीय कृषि विश्वविद्यालय या कृषि विभाग की अनुशंसाओं का पालन करना आवश्यक है। केवल फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं के आधार पर फॉस्फोरस उर्वरक की मात्रा में मनमाना परिवर्तन नहीं करना चाहिए, बल्कि मृदा परीक्षण और फसल की आवश्यकता के अनुसार ही उर्वरक प्रबंधन करना चाहिए।

19. फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं की सीमाएँ

यद्यपि फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु उपयोगी जैव उर्वरक हैं, फिर भी उनकी प्रभावशीलता सभी परिस्थितियों में समान नहीं होती। मृदा एवं जलवायु परिस्थितियों के अनुसार इनके परिणामों में अंतर हो सकता है। जीवाणुओं का राइजोस्पीयर में सफलतापूर्वक स्थापित होना हमेशा सुनिश्चित नहीं होता। अत्यधिक सूखा, जलभराव या प्रतिकूल तापमान सूक्ष्मजीवी गतिविधि को कम कर सकते हैं।

मृदा का पीएच और कार्बनिक पदार्थ की स्थिति भी फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं की प्रभावशीलता को प्रभावित करती है। सभी फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु प्रभेद समान क्षमता वाले नहीं होते और खराब गुणवत्ता वाले जैव उर्वरक से अपेक्षित परिणाम प्राप्त नहीं हो सकते। किसान स्तर पर उचित भंडारण एवं उपयोग की कमी भी इनकी प्रभावशीलता को प्रभावित कर सकती है। इसलिए स्थानीय परिस्थितियों के अनुरूप प्रभावी एवं प्रमाणित फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु प्रभेद का चयन अत्यंत महत्वपूर्ण है।

20. भविष्य की संभावनाएँ

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु आधारित पोषक तत्व प्रबंधन में भविष्य में अनेक नई संभावनाएँ मौजूद हैं। सूक्ष्मजीवी समूहों का संयुक्त उपयोग, जीनोमिक्स, मेटाजीनोमिक्स, सूक्ष्मजीव समुदाय का उन्नत प्रबंधन तथा जैव-प्रौद्योगिकी आधारित जीवाणु प्रभेद चयन इस क्षेत्र में महत्वपूर्ण संभावनाएँ प्रस्तुत करते हैं।

भविष्य में ऐसे फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु विकसित किए जा सकते हैं जिनमें उच्च फॉस्फेट घुलनशीलता की क्षमता हो तथा जो विभिन्न पीएच परिस्थितियों में सक्रिय रह सकें। ऐसे जीवाणु सूखा एवं ताप तनाव को सहन करने में सक्षम होने के साथ-साथ पौध वृद्धि-वर्धक गुण भी प्रदर्शित कर

सकते हैं। इसके अतिरिक्त, अन्य जैव उर्वरकों के साथ अनुकूलता रखने वाले तथा विभिन्न फसलों की राइजोस्पीयर में स्थायी रूप से स्थापित होने वाले प्रभावी जीवाणु प्रभेदों का विकास भविष्य में महत्वपूर्ण हो सकता है।

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं के साथ माइकोराइजा, नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाले जीवाणु तथा जैविक पदार्थों का संयुक्त उपयोग भविष्य के एकीकृत पोषक तत्व प्रबंधन में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।

21. किसानों के लिए व्यावहारिक सुझाव

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं का प्रभावी उपयोग करने के लिए किसानों को सबसे पहले मृदा परीक्षण कराना चाहिए और उसके आधार पर फसल की पोषक तत्व आवश्यकता का निर्धारण करना चाहिए। इसके बाद स्थानीय परिस्थितियों एवं फसल के अनुकूल गुणवत्तापूर्ण फॉस्फेट घुलनशील जीवाणु जैव उर्वरक का चयन करना चाहिए। चयनित जैव उर्वरक का प्रयोग बीज उपचार, पौध जड़ उपचार अथवा मृदा उपचार की अनुशंसित विधि से किया जा सकता है।

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं के प्रभावी कार्य के लिए मृदा में उचित नमी एवं पर्याप्त कार्बनिक पदार्थ बनाए रखना चाहिए। इसके साथ संतुलित रासायनिक उर्वरक प्रयोग, फसल अवशेष प्रबंधन तथा अन्य जैव उर्वरकों का समन्वित उपयोग किया जाना चाहिए। इस प्रकार मृदा परीक्षण, फसल की पोषक आवश्यकता, गुणवत्तापूर्ण जैव उर्वरक, उचित उपयोग विधि, नमी एवं कार्बनिक पदार्थ प्रबंधन तथा संतुलित उर्वरक प्रयोग को एक साथ अपनाना अधिक प्रभावी रणनीति हो सकती है।

फॉस्फेट घुलनशील जीवाणुओं को किसी चमत्कारी समाधान के रूप में देखने के बजाय एकीकृत पोषक तत्व प्रबंधन के महत्वपूर्ण घटक के रूप में अपनाना अधिक व्यावहारिक एवं वैज्ञानिक दृष्टिकोण है।