मृदा में उपस्थित फास्फोरस का रसायन और व्यवहार

1. **एच. के. यादव**
मृदा विज्ञान विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा ऐग्रिकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार (हरियाणा)
2. **धर्म प्रकाश**
मृदा विज्ञान विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा ऐग्रिकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार (हरियाणा)
3. **सुनीता श्योराण**
मृदा विज्ञान विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा ऐग्रिकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार (हरियाणा)
4. **पी. के. यादव**
मृदा विज्ञान विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा ऐग्रिकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार (हरियाणा)
5. **रामेश्वर सिंह**
मृदा विज्ञान विभाग, चौधरी चरण सिंह हरियाणा ऐग्रिकल्चरल यूनिवर्सिटी, हिसार (हरियाणा)

Received: Feb, 2024; Accepted: Feb, 2024; Published: March, 2024

अवशोषण प्रतिक्रियाएं

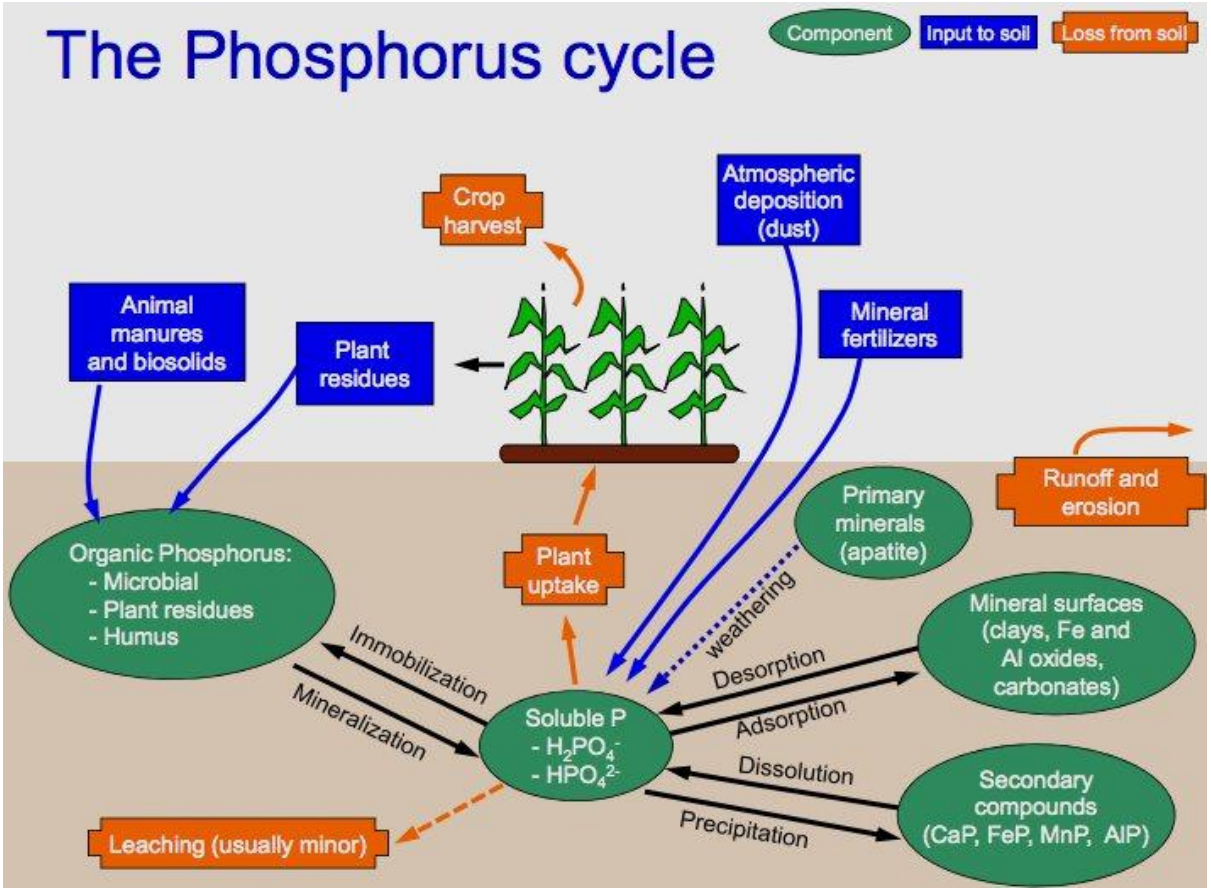
वे सतहें जिन पर फॉस्फेट आयन दो प्रकार की अवशोषण प्रतिक्रियाओं में प्रवेश करते हैं निरंतर आवेश की सतहें जैसे: क्रिस्टलीय मिट्टी के खनिज और Fe^{3+} और Al-ऑक्साइड, और कार्बनिक पदार्थ सहित परिवर्तनशील आवेश की सतहें जहां हाइड्रोजन व हाइड्रॉक्सिल (H^+ और OH^-) आयन सतह आवेश का निर्धारण करते हैं और कैल्साइट ($CaCO_3$) जिसमें Ca^{2+} और CO_3^{2-} आयन आवेश विकास को शामिल करते हैं। इसके अलावा, एलोफेन सहित कुछ अन्य मिट्टी के खनिज भी फास्फेट अवशोषण में शामिल होते हैं । पीट और अत्यधिक कैलकेरियस मिट्टी को छोड़कर अधिकांश मिट्टी में हाइड्रेटेड Fe और Al ऑक्साइड परिवर्तनशील आवेश की सबसे महत्वपूर्ण सतह हैं। इन ऑक्साइडों में नकारात्मक रूप से चार्ज किए गए OH समूहों की सतह होती है जो प्रोटॉन (H^+) को ग्रहण करती है और अलग कर देती है इसलिए वे पीएच के आधार पर नकारात्मक, शून्य या सकारात्मक चार्ज वाले उभयचर होते हैं। वह पी एच जिस पर सतह पर समान संख्या में धनात्मक और ऋणात्मक आवेश होते हैं, शून्य आवेश बिंदु (PZC) के रूप में जाना जाता है। PZC के नीचे पी एच स्तर पर, फॉस्फोरस और अन्य आयन जैसे SO_4^{2-} और $H_3SiO_4^-$ सकारात्मक रूप से चार्ज ऑक्साइड सतहों की ओर आकर्षित होते हैं।

वर्षा प्रतिक्रियाएँ

वर्षा प्रतिक्रियाएं मुख्य रूप से घुलनशीलता उत्पाद सिद्धांतों द्वारा नियंत्रित होती हैं जो सिस्टम के पी एच द्वारा नियंत्रित होती हैं। जब कुछ सामान्य फॉस्फेटिक उर्वरक जैसे सुपर फॉस्फेट, मोनो अमोनियम फॉस्फेट, डाय-अमोनियम फॉस्फेट, पॉली फॉस्फेट आदि को मिट्टी में डाला जाता है, तो बहुत कम समय के भीतर घुलनशील फास्फोरस बहुत कम घुलनशील रूपों में परिवर्तित हो जाता है और अनुपलब्ध हो जाता है। मजबूत अघुलनशील फॉस्फेट उर्वरक प्रतिक्रिया उत्पाद मिट्टी की प्रकृति, प्रकार और प्रतिक्रिया के आधार पर बनते है।

अम्लीय मिट्टी में मोनो-कैल्शियम फॉस्फेट डाइ-कैल्शियम फॉस्फेट (डाइहाइड्रेट और एनहाइड्रेट), $CaFe_2(HPO_4)_4$ जैसे कई पदार्थ पैदा करता है $8H_2O$; $CaAlH(PO_4)_2.6H_2O$ इत्यादि, जबकि कैल्शियम युक्त मिट्टी में, डाइ-कैल्शियम फॉस्फेट ($CaHPO_4$) प्रमुख प्रारंभिक प्रतिक्रिया उत्पाद है और कैल्शियम कार्बोनेट($CaCO_3$) की अधिक मात्रा की उपस्थिति में, ऑक्टा कैल्शियम फॉस्फेट भी बन सकता है।

इसके अलावा, जब डाइ-अमोनियम फॉस्फेट को मिट्टी में लगाया जाता है, तो निम्नलिखित प्रतिक्रिया उत्पाद उत्पन्न होते हैं: $Ca_4(PO_4)_3.3H_2O$; $Ca_2(NH_4)_2(NPO_4)_2.2H_2O$, $CaHPO_4.2H_2O$; $CaNH_4PO_4.H_2O$; $CaxH_2(PO_4)_6\text{-}5H_2O$ । डाय कैल्शियम फॉस्फेट डाइ हाइड्रेट उच्च-कैल्शियम मिट्टी में बनने वाले सबसे प्रमुख प्रतिक्रिया उत्पादों में से एक है, जिसके बाद ऑक्टा कैल्शियम फास्फेट आता है। जब पॉली फॉस्फेट उर्वरकों को मिट्टी में लगाया जाता है तो यह अवक्षेपण और सोखना प्रतिक्रियाओं से गुजरती है। इसके अलावा शुरू में मौजूद ऑर्थो फॉस्फेट प्लस जो पॉली फॉस्फेट के हाइड्रोलिसिस से बनता है, मिट्टी के घटकों के साथ उसी तरह प्रतिक्रिया करता है जैसे ऑर्थो फॉस्फेट यौगिकों में होता है। पॉली फॉस्फेट के हाइड्रोलिसिस के परिणामस्वरूप ऑर्थोफॉस्फेट और विभिन्न लघु श्रृंखला पॉलीफॉस्फेट टुकड़े बनते हैं। फिर ऐसे शॉर्ट चेन पॉली फॉस्फेट आगे हाइड्रोलिसिस से गुजरते हैं। हालाँकि, मिट्टी में पॉली फॉस्फेट की प्रतिक्रिया और उत्पादित पदार्थों की प्रकृति उनके ऑर्थो फॉस्फेट में वापस लौटने की दर पर निर्भर करती है। हाइड्रोलिसिस की धीमी दर संघनित फॉस्फेट को अलग करने या मिट्टी के धनायनों के साथ घुलनशील कॉम्प्लेक्स बनाने की अनुमति देती है इसलिए मिट्टी में फॉस्फेट अवधारण को कम करती है। पॉली फॉस्फेट के हाइड्रोलिसिस में रासायनिक और जैविक नामक दो तंत्र शामिल होते हैं। मिट्टी में, जहां दोनों तंत्र कार्य कर सकते हैं, हाइड्रोलिसिस की दर तेज होगी।



एंजाइमेटिक गतिविधि सबसे महत्वपूर्ण कारक है जो हाइड्रोलिसिस की दर को नियंत्रित करती है। माना जाता है कि पौधों की जड़ों और राइजोस्फीयर जीवों से जुड़े फॉस्फेटेस पाइरो-और पॉली फॉस्फेट के जैविक हाइड्रोलिसिस के लिए जिम्मेदार होते हैं। विभिन्न कारक जैसे तापमान, मिट्टी का पी एच, नमी, कार्बनिक कार्बन सामग्री आदि पॉली फॉस्फेट के परिवर्तन को प्रभावित कर सकते हैं।

फास्फोरस का व्यवहार

फॉस्फोरस के कार्बनिक और अकार्बनिक दोनों रूपों में मिट्टी में परिवर्तन होता है। स्पष्ट है कि कार्बनिक फास्फोरस पदार्थों के अपघटन से सक्रिय एवं निष्क्रिय दोनों प्रकार के पदार्थ प्राप्त होते हैं। सक्रिय पदार्थ मुख्य रूप से अवशेषों के अंश हैं जो अभी तक माइक्रोबियल उत्पादों में परिवर्तित नहीं हुए हैं, जबकि फॉस्फोरस के निष्क्रिय रूप ह्यूमिक एसिड में नाइट्रोजन के प्रतिरोधी रूपों के समान व्यवहार करते हैं।

1. कार्बनिक फास्फोरस

कार्बनिक फास्फोरस पदार्थों के खनिजीकरण के दौरान, अकार्बनिक फास्फोरस बनता है जो की मिट्टी के घोल में होती है और इस तरह की रिलीज फास्फोरस मिट्टी के विभिन्न घटकों के साथ बहुत तेजी से प्रतिक्रिया करती है जिससे अघुलनशील जटिल फॉस्फेटिक यौगिक बनते हैं और पौधों के लिए अनुपलब्ध हो जाते हैं।

कार्बनिक फास्फोरस का खनिजीकरण तीन प्रकार का होता है :

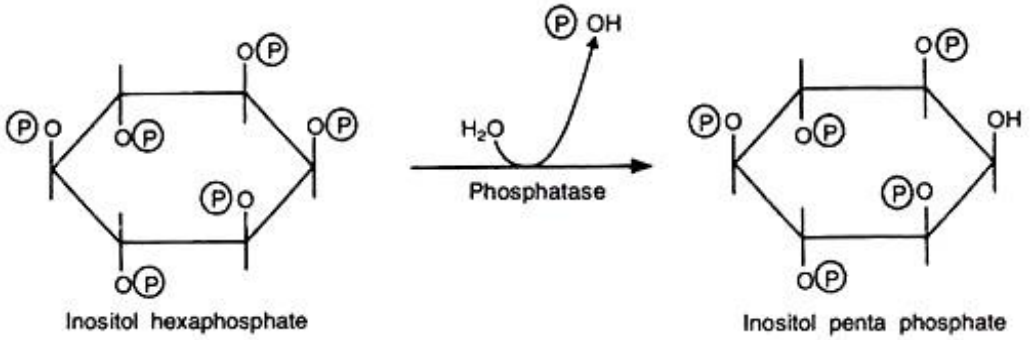
(i) लंबी अवधि की खेती के कारण मिट्टी में कार्बनिक फास्फोरस के स्तर में कमी पर आधारित

(ii) लघु प्रयोगशाला जांच के परिणामों के आधार पर

(iii) मौसमी भिन्नता को ध्यान में रखते हुए पौधों की उपस्थिति और अनुपस्थिति में मिट्टी में कार्बनिक फास्फोरस के स्तर की निगरानी के आधार पर

कार्बनिक फास्फोरस का खनिजीकरण फॉस्फेट एंजाइमों द्वारा किया जाता है और ये एंजाइमों का व्यापक समूह होते हैं जो फॉस्फोरिक एसिड के एस्टर और एनहाइड्राइड के हाइड्रोलिसिस को उत्प्रेरित करते हैं। हालाँकि, सूक्ष्म जीवों की एक विस्तृत श्रृंखला है जो अपनी फॉस्फेट गतिविधियों के माध्यम से मिट्टी पर कार्बनिक फास्फोरस को खनिज (डीफॉस्फोराइलेटिंग) करने में सक्षम हैं। कार्बनिक फास्फोरस का खनिजीकरण पूरी तरह से कार्बन और नाइट्रोजन खनिजीकरण के समान नहीं है। मिट्टी के पी एच में वृद्धि के साथ कार्बनिक फास्फोरस का खनिजीकरण बढ़ता है। अधिकांश कार्बनिक मृदा फॉस्फेट इनोसिटोल फॉस्फेट एस्टर के रूप में मौजूद होते हैं और ये सोखने के लिए प्रवण या मोड़ देते हैं जिसके परिणाम स्वरूप उच्च सोखने की क्षमता वाली मिट्टी में कम उपलब्ध होते हैं। अंतिम प्रक्रिया जिसके द्वारा कार्बनिक फॉस्फेट उपलब्ध कराए जाते हैं, फॉस्फेट प्रतिक्रिया के माध्यम से अकार्बनिक फॉस्फेट का विभाजन होता है।

इस प्रतिक्रिया का सिधांत हाइड्रोलिसिस है जिसे निचे दिखाया गया है



Inositol hexaphosphate Inositol penta phosphate

मिट्टी में कार्बनिक फॉस्फेटिक पदार्थों के खनिजीकरण के लिए मिट्टी में C:N:P अनुपात के बारे में कुछ जानकारी होना आवश्यक है। मिट्टी के कार्बनिक पदार्थ के लिए कार्बन: नाइट्रोजन: फॉस्फोरस (सी: एन: पी) अनुपात 100: 10: 1 की वकालत की गई है, लेकिन इसका मान प्रकृति के आधार पर 229: 10: 0.39 से 71: 10: 3.05 तक होता है। कार्बनिक फास्फोरस पदार्थों के खनिजीकरण में लगभग 0.2% फास्फोरस की सांद्रता महत्वपूर्ण है। यदि सिस्टम में इससे कम होता है, तो शुद्ध स्थिरीकरण होता है, क्योंकि पौधे और मिट्टी दोनों में फास्फोरस का उपयोग सूक्ष्म जीवों द्वारा किया जाता है। फोस्फोरस का परिवर्तन ऊपरी भूमि (एरोबिक) और निचली भूमि जलमग्न (अवायवीय) मिट्टी दोनों में होता है।

2. अकार्बनिक फास्फोरस

यह स्पष्ट है कि अधिकांश घुलनशील अकार्बनिक फास्फोरस या तो कार्बनिक फास्फोरस के खनिजीकरण से प्राप्त होते हैं या घुलनशील फॉस्फेटिक उर्वरकों के रूप में उपयोग किए जाते हैं। प्रयुक्त फॉस्फेटिक उर्वरकों का मुश्किल से 15-20% पौधे के लिए उपलब्ध होता है। इस तरह की पुनर्प्राप्ति का कारण विभिन्न तंत्रों से जुड़े विभिन्न मिट्टी के घटकों के साथ प्रतिक्रियाओं के माध्यम से फॉस्फोरस के घुलनशील रूप को ऐसे रूप में परिवर्तित करना है जो बहुत कम घुलनशील है। मिट्टी में घोल चरण से फॉस्फोरस को हटाने की ऐसी व्यवस्था को "प्रतिधारण या स्थिरीकरण" के रूप में जाना जाता है। हालाँकि, मिट्टी में फॉस्फोरस की अवधारण में विभिन्न तंत्र शामिल होते हैं, अर्थात् सोखना और अवक्षेपण प्रतिक्रियाएँ।

फॉस्फोरस की पौधों के लिए उपलब्धता को बढ़ाने हेतु कुछ जरुरी तथ्य निम्नवत है

1. फास्फेटिक उर्वरको को बिजाई के समय खेत में डाले।
2. उर्वरको को बीज से नीचे व कूड में डालें।
3. फास्फेटिक उर्वरक का घोल बनाकर पौध की जड़ों को घोल में डूबकर रखें तथा इसके बाद पौध खेत में लगायें।
4. फास्फेटिक उर्वरक के साथ गोबर की खाद खेत में डालें।
5. खरीफ की फसल लगाने से पहले हरी खाद लगायें: जैसे ढैचा, मूंग, सनई आदि।
6. जीवाणु टिके (पी.एस. बी.) से बीज उपचारित करके बिजाई करें।