

मृदा एंजाइम सक्रियता: सतत कृषि की कुंजी



**डा. रितु नागदेव^{1,3},
डा. शकील अ. खान² एवं
डा. रेनु धूपर³**

¹वैज्ञानिक, आई.सी.ए.आर.–राष्ट्रीय
मृदा सर्वेक्षण एवं भूमि उपयोग
नियोजन ब्यूरो, क्षेत्रीय केंद्र, नई
दिल्ली

²प्रधान वैज्ञानिक,
आई.सी.ए.आर.–भारतीय कृषि
अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली

³एमिटी इंस्टीट्यूट ऑफ
एनवायरनमेंटल साइंसेज, एमिटी
यूनिवर्सिटी, नोएडा, उत्तर प्रदेश

*अनुरूपी लेखक

डा. रितु नागदेव*

कृषि की सफलता का मूल आधार मिट्टी है। मिट्टी सिर्फ पौधों का आधार ही नहीं, बल्कि उनके पोषण और जीवन शक्ति का स्रोत भी है। किसान चाहे कितने भी उन्नत बीज, सिंचाई तकनीक या रासायनिक उर्वरक का प्रयोग करें, यदि मिट्टी स्वस्थ नहीं है तो अपेक्षित उत्पादन प्राप्त करना मुश्किल है। पिछले दशकों में रासायनिक उर्वरकों का अत्यधिक उपयोग फसल उत्पादन में तेजी लाया, लेकिन इसने मिट्टी की जैविक सक्रियता को धीरे-धीरे कम कर दिया। परिणामस्वरूप, प्रारंभिक वर्षों में उत्पादन में वृद्धि देखने को मिली, लेकिन दीर्घकाल में यह स्थिर या घटने लगा। यही कारण है कि अब कृषि का ध्यान केवल अधिक उत्पादन पर नहीं, बल्कि मिट्टी की दीर्घकालिक सेहत पर केंद्रित हो गया है।

मिट्टी की सेहत का मूल्यांकन केवल उसकी बनावट, रंग या पोषक तत्वों की मात्रा से नहीं किया जा सकता। मिट्टी में जैविक सक्रियता, सूक्ष्मजीवों की गतिविधि और एंजाइम सक्रियता भी उतनी ही महत्वपूर्ण हैं। यही वह कारक हैं जो मिट्टी को जीवंत बनाए रखते हैं और फसल उत्पादन की दीर्घकालिक स्थिरता सुनिश्चित करते हैं।

जैविक खाद और मृदा एंजाइम सक्रियता

जैविक खाद, जैसे गोबर की सड़ी खाद, कम्पोस्ट, वर्मी-कम्पोस्ट, हरी खाद और मिट्टी की जैविक सक्रियता बढ़ाने में अत्यंत प्रभावशाली है। ये खाद मिट्टी में सूक्ष्मजीवों के लिए पोषण का स्रोत होती हैं, जिससे एंजाइम का उत्पादन बढ़ता है। एंजाइमों के सक्रिय होने से पोषक तत्व जैसे नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और सल्फर पौधों के लिए आसानी से उपलब्ध हो जाते हैं।

जैविक खाद का प्रयोग मिट्टी की संरचना सुधारता है,

जलधारण क्षमता बढ़ाता है और मिट्टी को लवणता तथा सूखा जैसी प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति अधिक सहनशील बनाता है। इसके अलावा, जैविक खाद रासायनिक उर्वरकों की निर्भरता को कम करती है, जिससे पर्यावरण पर नकारात्मक प्रभाव घटता है। “बायोगैस स्लरी” भी जैविक खाद का एक रूप है, जिसमें पोषक तत्वों के साथ-साथ सक्रिय सूक्ष्मजीव होते हैं। इसका नियमित उपयोग एंजाइम गतिविधि को बढ़ाता है और मिट्टी की जैविक उर्वरता को लंबे समय तक बनाए रखता है। सतत कृषि में जैविक

खाद के माध्यम से मिट्टी की जैविक सक्रियता बनाए रखना जरूरी है, क्योंकि यह न केवल वर्तमान उत्पादन बढ़ाती है, बल्कि आने वाली पीढ़ियों के लिए मिट्टी की स्थायी उर्वरता सुनिश्चित करती है।

एंजाइम एवं मृदा में इनकी भूमिका

मिट्टी में एंजाइम छोटे जैविक प्रोटीन अणु होते हैं, जो मिट्टी में होने वाली रासायनिक अभिक्रियाओं को तेज करते हैं। ये सूक्ष्मजीव—जैसे बैक्टीरिया, फफूंद और एक्टिनोमाइसीट्स—द्वारा स्रावित होते हैं। इसके अलावा,

पौधों की जड़ें, फसल अवशेष और मिट्टी में अन्य जीव भी एंजाइम उत्पादन में योगदान देते हैं। एंजाइम मिट्टी में उपस्थित कार्बनिक पदार्थों को छोटे-छोटे अणुओं में तोड़ते हैं, जिससे पौधों के लिए आवश्यक पोषक तत्व— नाइट्रोजन, फॉस्फोरस और

सल्फर—उपलब्ध होते हैं। ये पोषक तत्व सीधे पौधों द्वारा अवशोषित नहीं किए जा सकते; एंजाइम उन्हें पौधों के लिए उपयुक्त रूप में परिवर्तित करते हैं। बायोगैस स्लरी मिट्टी में जैविक पदार्थ और सूक्ष्मजीवों का समृद्ध स्रोत है। इसका नियमित उपयोग

एंजाइम सक्रियता को बढ़ाता है, सूक्ष्मजीवों की संख्या और जैविक गतिविधि को प्रोत्साहित करता है। परिणामस्वरूप, मिट्टी की संरचना सुधरती है, जलधारण क्षमता बढ़ती है, जड़ों का विकास सुचारू होता है, और पोषक तत्वों का चक्र प्रभावी रहता है।

तालिका 1 : प्रमुख मृदा एंजाइम और उनका महत्व

क्रमांक	एंजाइम का नाम	मुख्य कार्य	पौधों एवं मृदा में महत्व
1	यूरिएज़	यूरिया को अमोनिया में परिवर्तित करता है	नाइट्रोजन उपलब्धता बढ़ाता है, फसल की वृद्धि में सहायक
2	फॉस्फेटेज	कार्बनिक फॉस्फोरस को अकार्बनिक रूप में बदलता है	जड़ विकास, पुष्पन एवं बीज निर्माण में सहायक
3	डिहाइड्रोजेनेज़	सूक्ष्मजीवी सक्रियता का संकेतक	मिट्टी की जैविक सक्रियता और स्वास्थ्य का मापक
4	एरिलसल्फेटेज	कार्बनिक सल्फर को सल्फेट में बदलता है	सल्फर उपलब्धता बढ़ाता है, प्रोटीन निर्माण में सहायक
5	बीटा-ग्लूकोसिडेज़	कार्बोहाइड्रेट का विघटन	कार्बन चक्र को सक्रिय रखता है, मिट्टी की जैविक गुणवत्ता सुधारता है
6	फ्लोरेसीन डायसेटेट	कुल सूक्ष्मजीवी एंजाइम गतिविधि का संकेतक	मिट्टी की समग्र जैविक उर्वरता दर्शाता है

मृदा एंजाइम सक्रियता के प्रमुख निर्धारक

- कार्बनिक पदार्थ की आपूर्ति: मिट्टी में कार्बनिक अवशेष और सूक्ष्मजीवों की प्रचुरता एंजाइम गतिविधि को उत्तेजित करती है।
- नमी और तापमान संतुलन: उपयुक्त नमी और अनुकूल तापमान सूक्ष्मजीवों के लिए अनुकूल वातावरण प्रदान करते हैं, जिससे एंजाइम सक्रिय रहते हैं।
- pH का सुधार: संतुलित pH पर एंजाइम अपने सर्वोत्तम कार्य कर पाते हैं।
- जैव विविधता और फसल चक्र: सूक्ष्मजीवों की संख्या बढ़ाने और विविध फसलों के उपयोग से मिट्टी की जैव

विविधता बढ़ती है, जिससे एंजाइम क्रिया में सुधार होता है।

- मिट्टी संरचना और जुताई: न्यूनतम जुताई मिट्टी की संरचना सुरक्षित रखती है और एंजाइम सक्रियता बनाए रखती है।

- संतुलित उर्वरक प्रबंधन: जैविक और रासायनिक उर्वरकों का संतुलित उपयोग एंजाइम क्रिया और मिट्टी की जैविक सक्रियता बढ़ाने में मदद करता है।

सतत कृषि में एंजाइमों का महत्व

सतत कृषि का मुख्य उद्देश्य है— मिट्टी की उर्वरता बनाए रखते हुए दीर्घकाल तक स्थिर उत्पादन प्राप्त करना। इस लक्ष्य को प्राप्त करने

में मिट्टी के एंजाइम अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। मिट्टी के एंजाइम सतत कृषि की आत्मा हैं। इनके माध्यम से मिट्टी जीवंत बनी रहती है और किसानों को दीर्घकालिक, सुरक्षित एवं पर्यावरण-अनुकूल उत्पादन प्राप्त होता है।

- **पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाना:** मिट्टी के एंजाइम नाइट्रोजन, फॉस्फोरस, सल्फर और कार्बन जैसे आवश्यक तत्वों को कार्बनिक रूप से अकार्बनिक रूप में परिवर्तित करते हैं। उदाहरण के लिए, यूरिएज़ यूरिया को अमोनिया में बदलकर नाइट्रोजन उपलब्ध कराता है, जबकि फॉस्फेटेज कार्बनिक फॉस्फोरस को घुलनशील रूप में परिवर्तित

- करता है। इससे रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता कम होती है।
- **मिट्टी की जैविक उर्वरता बनाए रखना:** एंजाइम गतिविधि मिट्टी की जैविक सक्रियता का सूचक है। उच्च एंजाइम गतिविधि यह दर्शाती है कि मिट्टी में सूक्ष्मजीव सक्रिय हैं और जैविक प्रक्रियाएँ सुचारु रूप से चल रही हैं। इससे मिट्टी की संरचना, जलधारण क्षमता और कार्बनिक पदार्थ की मात्रा में सुधार होता है।
 - **पर्यावरण संरक्षण:** संतुलित एंजाइम क्रिया से पोषक तत्वों का अपव्यय कम होता है, जिससे नाइट्रेट लीचिंग और प्रदूषण की संभावना घटती है। यह जल और पर्यावरण संरक्षण में सहायक है।
 - **तनाव सहनशीलता और लचीलापन:** एंजाइम मिट्टी को सूखा, लवणता और अन्य प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति अधिक सहनशील बनाते हैं। सक्रिय जैविक प्रणाली मिट्टी की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाती है।
 - **दीर्घकालिक उत्पादन स्थिरता:** सतत कृषि प्रणाली में एंजाइमों की सक्रियता बनाए रखना आवश्यक है, क्योंकि यही मिट्टी के स्वास्थ्य और फसल उत्पादकता की आधारशिला है। जैविक खाद, हरी खाद, फसल चक्र और न्यूनतम जुताई जैसी प्रथाएँ एंजाइम गतिविधि को प्रोत्साहित करती हैं।
- किसानों के लिए मिट्टी में एंजाइम बढ़ाने के व्यावहारिक सुझाव**
- **जैविक खाद का नियमित प्रयोग करें** – गोबर की सड़ी खाद, कम्पोस्ट एवं मुख्यतः बायोगैस स्लरी का उपयोग करें।
 - **फसल चक्र अपनाएँ** – दलहनी फसलों को शामिल करने से नाइट्रोजन स्थिरीकरण और एंजाइम सक्रियता बढ़ती है।
 - **हरी खाद का प्रयोग करें** – ढेंचा, सन, मूंग आदि को मिट्टी में पलटकर कार्बनिक पदार्थ बढ़ाएँ।
 - **संतुलित उर्वरक प्रबंधन करें** – रासायनिक उर्वरकों का आवश्यकता अनुसार और संतुलित मात्रा में उपयोग करें।
 - **न्यूनतम जुताई अपनाएँ** – अधिक गहरी और बार-बार जुताई से बचें, इससे सूक्ष्मजीव सुरक्षित रहते हैं।
 - **फसल अवशेष न जलाएँ** – अवशेषों को मिट्टी में मिलाकर जैविक पदार्थ बढ़ाएँ।
- **उचित नमी बनाए रखें** – न तो अत्यधिक सूखा और न ही जलभराव होने दें।
 - **जैव उर्वरकों का उपयोग करें** – राइजोबियम, एज़ोटोबैक्टर, पीएसबी आदि का प्रयोग करें।
 - **मिट्टी की जाँच करवाएँ** – pH और पोषक तत्वों की स्थिति जानकर उचित सुधार करें।
 - **मल्लिंग अपनाएँ** – मिट्टी की नमी और तापमान संतुलित रखने के लिए जैविक मल्ल का प्रयोग करें।
- स्वस्थ मिट्टी कृषि की असली नींव है, और इसकी जैविक सक्रियता स्थिर और दीर्घकालिक उत्पादन की कुंजी है। केवल रासायनिक उर्वरक अस्थायी वृद्धि दे सकते हैं, लेकिन लंबे समय में मिट्टी की जैविक सक्रियता घट जाती है। बायोगैस स्लरी, एक समृद्ध जैविक उर्वरक, मिट्टी में सूक्ष्मजीवों और एंजाइम गतिविधि को बढ़ाकर पोषक तत्वों की उपलब्धता सुधारती है, मिट्टी की संरचना और जलधारण क्षमता बढ़ाती है, और सतत उत्पादन में योगदान देती है। जैविक खाद, हरी खाद, संतुलित उर्वरक प्रबंधन और न्यूनतम जुताई के साथ बायोगैस स्लरी का नियमित उपयोग मिट्टी की जैविक सक्रियता बनाए रखता है, जिससे स्वस्थ मिट्टी, सतत उत्पादन और दीर्घकालिक उर्वरता सुनिश्चित होती है।