NEW ERA AGRICULTURE MAGAZINE

जैव उर्वरकों की विविधता, खुराक, अनुप्रयोग पद्धतियाँ तथा सतत मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन में उनकी भूमिका

अजीत कुमार[1], डॉ. संजय कुमार सिंह[2], डा. कमलेश कुमार सिंह[2] और महेश कुमार[3]

1. प्रस्तावना:

भारत विश्व की सबसे बड़ी कृषि-आधारित अर्थव्यवस्थाओं में से एक है। भारत जैसे कृषि-प्रधान देश में खाद्य, पोषण एवं आर्थिक सुरक्षा का आधार *सुदृढ़ कृषि प्रणाली* है। बदलती जलवायु, मृदा उर्वरता में गिरावट, रासायनिक उर्वरकों पर अत्यधिक निर्भरता, उत्पादन लागत में वृद्धि तथा पर्यावरणीय चुनौतियाँ - ये सभी कारक कृषि को और महत्त्वपूर्ण बनाते हैं। विकसित भारत के संकल्प को प्राप्त करने के लिए आवश्यक है कि कृषि प्रणाली *उत्पादकता के साथ पर्यावरणीय रूप से सुरक्षित, लागत-प्रभावी और वैज्ञानिक रूप से टिकाऊ* बने। इसी दिशा में जैव उर्वरक आज आधुनिक कृषि का अनिवार्य घटक बनते जा रहे हैं। ये जीवाणुओं, कवकों या अन्य सूक्ष्मजीवों पर आधारित प्राकृतिक उर्वरक हैं, जो फसलों को आवश्यक पोषक तत्व उपलब्ध कराने में सहायक होते हैं और मृदा स्वास्थ्य को दीर्घकाल तक बनाए रखते हैं। इन्हीं चुनौतियों के समाधान के रूप में जैव उर्वरक एक महत्वपूर्ण विकल्प बनकर उभरे हैं। जैव उर्वरक जीवित सूक्ष्मजीवों पर आधारित प्राकृतिक उत्पाद हैं, जो मृदा में पोषक तत्वों की उपलब्धता बढ़ाकर फसल वृद्धि को प्रोत्साहित करते हैं।

2. जैव उर्वरकों की अवधारणा और महत्व

जैव उर्वरक वे सूक्ष्मजीव-आधारित उत्पाद हैं जो पौधों की वृद्धि में सहायक होते हैं तथा मृदा के भौतिक, रासायनिक एवं जैविक गुणों में सुधार करते हैं। ये नाइट्रोजन स्थिरीकरण, फॉस्फोरस, पोटैशियम व जिंक घुलनशीलता, हार्मोन उत्पादन, रोग प्रतिरोधक क्षमता वृद्धि तथा रेह-कार्बन चक्र को सक्रिय कर कृषि को अधिक उत्पादक और सतत बनाते हैं। जैव उर्वरक आधुनिक और टिकाऊ कृषि प्रणाली के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण इनपुट हैं, जिनके उपयोग से रासायनिक उर्वरकों की खपत में 25–40 % तक कमी लाकर इनपुट लागत को प्रभावी रूप से घटाया जा सकता है। इससे न केवल उत्पादन लागत कम होती है, बल्कि किसानों के लाभांश में उल्लेखनीय वृद्धि भी होती है। जैव उर्वरक मृदा में कार्बनिक पदार्थ की मात्रा बढ़ाते हैं तथा डिहाइड्रोजनेज, फॉस्फेटेज, यूरिएज जैसे एंजाइमों की गतिविधि को सक्रिय करके मिट्टी की जैविक उर्वरता को दीर्घकालिक रूप से सुधारते हैं। इनके उपयोग से फसलों की गुणवत्ता, स्वाद, और पोषण स्तर में सुधार आता है क्योंकि पोषक तत्व धीरे-धीरे और संतुलित रूप से उपलब्ध होते हैं। साथ ही, रासायनिक अवशेषों में कमी आने से पर्यावरण प्रदूषण, भूजल और सतही जल स्रोतों में रासायनिक लोडिंग का खतरा भी कम होता है, जिससे कृषि प्रणाली अधिक सुरक्षित, पर्यावरण-अनुकूल और सतत बनती है।

अजीत कुमार[1], डॉ. संजय कुमार सिंह[2], डा. कमलेश कुमार सिंह[2] और महेश कुमार[3]

[1]सहायक प्राध्यापक-सह-वैज्ञानिक (मृदा विज्ञान-मृदा सूक्ष्मजीव), सूक्ष्म जीव विज्ञान विभाग, आधार विज्ञान एवं मानविकी महाविद्यालय

[2]सहायक प्राध्यापक-सह-वैज्ञानिक (मृदा विज्ञान विभाग), तिरहुत कृषि महाविद्यालय, ढोली, मुजफ्फरपुर

[3]सह प्राध्यापक- वरीय-वैज्ञानिक] (कृषि सांख्यिकी), सांख्यिकी एवं संगणक विभाग, आधार विज्ञान एवं मानविकी महाविद्यालय

डॉ. राजेंद्र प्रसाद केंद्रीय कृषि विश्वविद्यालय, पूसा (समस्तीपुर)-848125, बिहार

3. जैव उर्वरकों के प्रकार

3.1 नाइट्रोजन स्थिरीकरण करने वाले जैव उर्वरक

जैव उर्वरक	प्रमुख सूक्ष्मजीव	उपयोग
राइज़ोबियम	राइज़ोबियम जीवाणु	दलहनी फसलों के लिए विशिष्ट
एजोटोबैक्टर	एजोटोबैक्टर	अनाज, सब्ज़ी, गन्ना, फूल
एजोस्पिरिलम	एजोस्पिरिलम	धान, मक्का, ज्वार आदि
नीली-हरी शैवाल	सायनोबैक्टीरिया	धान की फसल
ऐज़ोला	ऐज़ोला	धान के खेत

3.2 फॉस्फोरस घुलनशील करने वाले जैव उर्वरक

- *PSB (Phosphate Solubilizing Bacteria)* जैसे — *Bacillus*, *Pseudomonas*
- ये अवशोषण-योग्य फॉस्फोरस को उपलब्ध कराते हैं।

3.3 पोटैशियम घुलनशील करने वाले जैव उर्वरक (KSB)

- *Bacillus mucilaginosus*, *Frateuria aurantia*; पोटैशियम को घुलनशील बनाकर फसल को उपलब्ध कराते हैं। धान, गन्ना, आलू, फल एवं सब्जियों में महत्वपूर्ण।

3.4 जिंक घुलनशील करने वाले जीवाणु (ZSB)

- जिंक को घुलनशील बनाकर जिंक की कमी को दूर करते हैं। जिंक की उपलब्धता बढ़ाते हैं।

3.5 माइकोराइज़ा :जड़ों के साथ सहजीवी संबंध बनाकर जल एवं पोषक तत्व अवशोषण बढ़ाते हैं।

3.6 बायोपेस्टिसाइड/बायोकंट्रोल एजेंट

- *Trichoderma*, *Pseudomonas fluorescens*; मृदा जनित रोगों से सुरक्षा प्रदान करते हैं।

4. फसल-विशिष्ट जैव उर्वरक मात्रा एवं उपयोग की सिफारिशें

4.1 धान : एजोस्पिरिलम/*एजोटोबैक्टर*: 2 L प्रति एकड़; PSB: 2 L प्रति एकड़; ऐज़ोला: 8–10 क्विंटल/एकड़

4.2 गेहूँ :*एजोटोबैक्टर*: 2 L प्रति एकड़; PSB: 2 L प्रति एकड़

4.3 दलहनी फसलें :*राइज़ोबियम*: 500 ग्राम–1 किलो प्रति एकड़; PSB: 1 L प्रति एकड़

4.4 गन्ना : *एजोटोबैक्टर*: 2–3 L प्रति एकड़; KSB: 2 L प्रति एकड़; Trichoderma: 2–4 किग्रा प्रति एकड़

4.5 सब्जियाँ: *एजोटोबैक्टर* / PSB / KSB: 1 L प्रति एकड़; माइकोराइज़ा: 8–10 किग्रा प्रति एकड़

4.6 बागवानी फसलें: माइकोराइज़ा: प्रति पौधा 50–100 ग्राम; Bacillus spp./PSB: 1 L प्रति एकड़

5. जैव उर्वरकों का उपयोग: विधियाँ

5.1 बीजोपचार

बीजोपचार जैव उर्वरकों के उपयोग की सबसे सरल और प्रभावी विधि है, जिसके माध्यम से लाभकारी सूक्ष्मजीव सीधे बीज की सतह पर स्थापित हो जाते हैं और अंकुरण के तुरंत बाद जड़ क्षेत्र में सक्रिय होकर पोषक तत्व उपलब्ध कराने लगते हैं। सामान्यतः प्रति किलोग्राम बीज पर 10 मिली जैव उर्वरक की मात्रा

अनुशंसित है। बीजोंपचारित करने के लिए जैव उर्वरक को गुड़ के घोल या किसी चिपचिपे घोल के साथ मिलाकर बीजों पर समान रूप से कोटिंग की जाती है, जिससे सूक्ष्मजीव बीज की सतह पर चिपक जाते हैं। उपचारित बीजों को छाया में सूखाया जाता है तथा सूखने के बाद तुरंत बोवाई कर दी जाती है, जिससे सूक्ष्मजीवी सक्रियता बनी रहती है और फसल के प्रारंभिक विकास पर सकारात्मक प्रभाव पड़ता है।

5.2 जड़ उपचार

जड़ उपचार रोपाई वाली फसलों जैसे धान और सब्जियों के लिए अत्यंत प्रभावी विधि है। इस प्रक्रिया में 1–2 लीटर जैव उर्वरक को 10 लीटर साफ पानी में अच्छी तरह मिलाया जाता है और रोपाई से पहले पौधों की जड़ों को 20 मिनट तक इस घोल में डुबोया जाता है, ताकि लाभकारी सूक्ष्मजीव जड़ों पर स्थापित होकर जड़ क्षेत्र में सक्रिय हो जाएँ। इस उपचार से पोषक तत्वों का अवशोषण सुनिश्चित होता है, मृदा में सूक्ष्मजीव सक्रियता बढ़ती है और रोगजनक सूक्ष्मजीवों का दमन होता है।

5.3 मृदा उपचार

मृदा उपचार के माध्यम से लाभकारी सूक्ष्मजीव सीधे मिट्टी में पहुँचकर पोषक तत्वों की उपलब्धता और मृदा स्वास्थ्य को सुधारते हैं। इस विधि में प्रति एकड़ 2 लीटर तरल जैव उर्वरक की मात्रा अनुशंसित है, जिसे 25 किग्रा गोबर खाद के साथ अच्छी तरह मिलाकर खेत में समान रूप से छिड़काव जाता है। इस मिश्रण के माध्यम से सूक्ष्मजीव मिट्टी में स्थापित होकर नाइट्रोजन स्थिरीकरण, फास्फोरस और पोटैशियम घुलनशीलता तथा जैविक गतिविधि को बढ़ाते हैं। परिणामस्वरूप, मिट्टी की संरचना और कार्बनिक पदार्थ की मात्रा में सुधार होता है, पौधों की पोषण उपलब्धता बढ़ती है, रोगजनक सूक्ष्मजीवों पर नियंत्रण होता है और फसल उत्पादन एवं गुणवत्ता में सुधार होता है।

5.4 ड्रिप विधि

ड्रिप विधि जैव उर्वरकों के उपयोग की एक प्रभावी तकनीक है, जिसमें तरल जैव उर्वरक को सिंचाई जल के साथ मिलाकर सीधे पौधों की जड़ों तक पहुँचाया जाता है। यह विधि विशेष रूप से बागवानी फसलें, सब्जियाँ और उच्च मूल्य वाली फसलें जैसे टमाटर, मिर्च, फूल आदि के लिए उपयुक्त है, क्योंकि इसमें पोषक तत्वों और लाभकारी सूक्ष्मजीवों का अधिक अवशोषण सुनिश्चित होता है। ड्रिप प्रणाली के माध्यम से जैव उर्वरक लगातार और नियंत्रित मात्रा में मिट्टी में पहुँचता है, जिससे मिट्टी में सूक्ष्मजीव सक्रियता बढ़ती है, पोषक तत्वों की उपलब्धता सुधरती है और फसल की वृद्धि एवं उत्पादन क्षमता में सुधार होता है। साथ ही, यह विधि पानी की बचत, और उत्पादन लागत में कमी के लक्ष्यों को प्राप्त करने में भी सहायक होती है।

5.5 पर्णीय छिड़काव

पर्णीय छिड़काव एक प्रभावी उपयोग तरीका है, जिसमें जैव उर्वरक जैसे पौध-प्रोत्साहक राइज़ोबैक्टीरिया का घोल पत्तियों पर छिड़का जाता है। इस विधि से सूक्ष्मजीव सीधे पत्तियों की सतह पर स्थापित होकर पोषक तत्वों का अवशोषण बढ़ाते हैं और पौधों की प्रतिरोधक क्षमता को सक्रिय करते हैं। यह फसल की शुरुआती वृद्धि, रोग प्रतिरोधक क्षमता, पोषक तत्वों की उपलब्धता और उत्पादन गुणवत्ता में सुधार करता है। यह विधि उन फसलों के लिए उपयोगी है जहाँ जड़-क्षेत्र में जैव उर्वरक पहुँचाना कठिन हो, या पौधों की पोषण आवश्यकता तात्कालिक हो । परिणामस्वरूप, पर्णीय छिड़काव तकनीक जलवायु-स्मार्ट कृषि को बढ़ावा देती है।

6. मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन में जैव उर्वरकों की भूमिका

मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन में जैव उर्वरकों की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है, क्योंकि ये जीवित सूक्ष्मजीव मृदा में पोषक तत्वों की उपलब्धता को प्राकृतिक रूप से बढ़ाते हैं और मृदा की जैविक सक्रियता को पुनर्जीवित करते हैं। जैव उर्वरक नाइट्रोजन स्थिरीकरण, फॉस्फोरस एवं पोटैशियम घुलनशीलता, सूक्ष्म पोषक तत्वों की उपलब्धता तथा पौध वृद्धि हार्मोन के स्राव के माध्यम से पौधों के विकास को प्रोत्साहित करते हैं। साथ ही, ये मृदा के कार्बनिक पदार्थ, दानेदार संरचना, जल-धारण क्षमता और सूक्ष्मजीवी विविधता में सुधार कर दीर्घकालीन उर्वरता बनाए रखते हैं। *Trichoderma* और *Pseudomonas* जैसे जैव नियंत्रण एजेंट मृदा जनित रोगों को कम कर पौधों की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाते हैं, जिससे रासायनिक कीटनाशकों पर निर्भरता घटती है। इस प्रकार, जैव उर्वरक पर्यावरण-अनुकूल, कम लागत वाली और जलवायु स्मार्ट कृषि प्रणाली को प्रोत्साहित करते हुए मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन के लिए एक प्रभावी एवं सुरक्षित विकल्प प्रदान करते हैं।

6.1 मृदा जैव विविधता में वृद्धि

मृदा जैव विविधता में वृद्धि कृषि उत्पादन, पोषक तत्त्व चक्रण, कार्बन संचयन और मृदा स्वास्थ्य के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है। विविध सूक्ष्मजीव जैसे बैक्टीरिया, फफूँद, एक्टिनोमाइसीट्स, प्रोटोज़ोआ तथा लाभदायक नेमाटोड मृदा की संरचना सुधारते हैं, कार्बनिक पदार्थों को विघटित करते हैं और फसलों को आवश्यक पोषक तत्त्व उपलब्ध कराते हैं। जैव विविधता में वृद्धि के लिए कार्बनिक पदार्थों का समुचित उपयोग, फसल चक्रण, हरे खाद, जैव उर्वरकों का प्रयोग, न्यूनतम जुताई, पराली प्रबंधन तथा रसायनों के विवेकपूर्ण उपयोग जैसी व्यवस्थाएँ अत्यधिक प्रभावी सिद्ध होती हैं। मृदा में जैव विविधता बढ़ने से फसलों की रोग-प्रतिरोधक क्षमता में सुधार होता है, साथ ही मृदा-जल संरक्षण और पर्यावरणीय स्थिरता भी सुनिश्चित होती है।

6.2 रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता में कमी

रासायनिक उर्वरकों के अत्यधिक उपयोग से मृदा की संरचना कमजोर होती है, सूक्ष्म पोषक तत्वों का असंतुलन बढ़ता है तथा भूमिगत जल की गुणवत्ता प्रभावित होती है। इस निर्भरता को कम करने के लिए जैव-उर्वरकों, कंपोस्ट, हरी खाद, माइक्रोबियल कंसोर्टिया, फसल चक्रण और एकीकृत पोषक तत्व प्रबंधन जैसे विकल्प अत्यंत प्रभावी हैं। इन उपायों से मृदा में कार्बनिक पदार्थ बढ़ती है, पोषक तत्त्वों का चक्रण होता है और पौधों को पोषक तत्त्व लंबे समय तक उपलब्ध रहते हैं। परिणामस्वरूप, रासायनिक उर्वरकों की मात्रा में धीरे-धीरे कमी आती है, उत्पादन लागत घटती है और कृषि प्रणाली अधिक पर्यावरण अनुकूल बनती है।

6.3 मृदा संरचना और कार्बनिक पदार्थ में सुधार

माईकोराइज़ा और सूक्ष्मजीव मृदा को दानेदार बनाते हैं, जलधारण क्षमता बढ़ाते हैं। मृदा संरचना और कार्बनिक पदार्थ में सुधार कृषि उत्पादन तथा स्वस्थ मिट्टी के लिए अत्यंत आवश्यक है। कार्बनिक पदार्थ जैसे कंपोस्ट, हरी खाद, जैविक खाद और फसल अवशेष मृदा में मिलकर उसकी द्रव्य-संरचना को मजबूत बनाते हैं, जिससे मिट्टी का वातन, जल धारण क्षमता और जड़ विस्तार बेहतर होता है। कार्बनिक पदार्थ विघटन के दौरान ह्यूमस का निर्माण करते हैं। लाभकारी सूक्ष्मजीवों की सक्रियता से पोषक तत्वों का खनिजीकरण तेज होता है, जिससे मृदा उर्वरता प्राकृतिक रूप से बढ़ती है।

परिणामस्वरूप, मृदा की भौतिक, रासायनिक एवं जैविक गुणवत्ता में सुधार होता है, तथा कृषि प्रणाली लम्बे समय तक टिकाऊ बनी रहती है।

6.4 रोग दमन एवं पौधों की प्रतिरोधक क्षमता में बढ़ोतरी

जैव उर्वरक मृदा में रोगजनक जीवों के दमन तथा पौधों की प्रतिरोधक क्षमता बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। *Trichoderma*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus* spp. जैसे जैव-एजेंट पौधों की जड़ों के आसपास उपनिवेश बनाकर रोगजनकों से प्रतिस्पर्धा करते हैं, एंटीबायोटिक उत्पन्न करते हैं तथा मायकोपैरासिटिज़्म के माध्यम से हानिकारक फफूंद को नष्ट करते हैं। ये सूक्ष्मजीव पौधों में सिस्टमेटिक एक्वायर्ड रेजिस्टेंस (SAR) तथा इंड्यूस्ड सिस्टमिक रेजिस्टेंस (ISR) जैसी प्रतिरक्षा प्रतिक्रियाएँ सक्रिय कर देते हैं, जिससे पौधे विभिन्न रोगों, कीटों और पर्यावरणीय तनावों का बेहतर तरीके से सामना कर पाते हैं।

6.5 जलवायु स्मार्ट कृषि को बढ़ावा

जैव उर्वरक ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन कम करते हैं। इनका उपयोग जलवायु स्मार्ट कृषि को प्रोत्साहित करने में महत्वपूर्ण योगदान देता है। ये प्राकृतिक रूप से पोषक तत्व उपलब्ध कराते हैं। नाइट्रोजन स्थायीकरण, फास्फोरस एवं पोटैशियम घुलनशीलता जैसी सूक्ष्मजीवी प्रक्रियाएँ रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता घटाती हैं, जिससे नाइट्रस ऑक्साइड जैसी गैसों का उत्सर्जन नियंत्रित होता है। इसके अतिरिक्त, जैव उर्वरक से मिट्टी में कार्बन स्थिरीकरण होता है और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों को कम करने में मदद मिलती है। बेहतर मृदा संरचना, उच्च जल-धारण क्षमता और सूक्ष्मजीवी विविधता के माध्यम से फसलें सूखा, ऊष्मा तथा लवणीयता जैसे जलवायु संबंधी तनावों का अधिक प्रभावी ढंग से सामना कर पाती हैं।

7. विकसित भारत 2047 में जैव उर्वरकों की भूमिका

विकसित भारत 2047 के लक्ष्य को प्राप्त करने में जैव उर्वरकों की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है, क्योंकि वे कृषि क्षेत्र को पर्यावरण हितैषी, लागत-प्रभावी और वैज्ञानिक रूप से सुदृढ़ दिशा प्रदान करते हैं। भारत सरकार "जैविक एवं प्राकृतिक कृषि को बढ़ावा", "इनपुट लागत में कमी", "मृदा स्वास्थ्य कार्ड", "परंपरागत कृषि विकास योजना", "राष्ट्रीय मिशन ऑन सस्टेनेबल एग्रीकल्चर" तथा "भाकृअनु जैव उर्वरक गुणवत्ता नियंत्रण आदेश" जैसे राष्ट्रीय कार्यक्रमों और नीतिगत हस्तक्षेपों के माध्यम से जैव उर्वरकों को कृषि की मुख्यधारा में ला रही है। इन प्रयासों का उद्देश्य किसानों को रासायनिक इनपुट पर अत्यधिक निर्भरता से मुक्त करना, मिट्टी की जैविक एवं पोषक क्षमता को पुनर्जीवित करना, तथा कृषि उत्पादन को जलवायु स्मार्ट बनाना है। नाइट्रोजन स्थायीकरण, फास्फोरस घुलनशीलता, पोटैशियम व जिंक अपघटन जैसी सूक्ष्मजीवी गतिविधियाँ न केवल फसल उत्पादकता बढ़ाती हैं, बल्कि दीर्घकालिक मृदा स्वास्थ्य को भी सुदृढ़ करती हैं।

8. निष्कर्ष

जैव उर्वरक भारतीय कृषि की आवश्यकता ही नहीं, बल्कि भविष्य का आधार हैं। ये न केवल फसलों की उत्पादकता बढ़ाते हैं, बल्कि मृदा स्वास्थ्य, पर्यावरण संरक्षण एवं किसानों की आय वृद्धि में भी महत्त्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। सतत कृषि, पोषक सुरक्षा और विकसित भारत के लक्ष्य को प्राप्त करने के लिए जैव उर्वरकों का व्यापक एवं वैज्ञानिक उपयोग आवश्यक है।

अनुसंधान आधारित कृषि प्रथाओं के साथ यदि जैव उर्वरकों का व्यवस्थित समावेश किया जाए, तो भारत का कृषि क्षेत्र वैश्विक प्रतिस्पर्धा में अग्रणी स्थान प्राप्त कर सकता है। भारत के किसान, वैज्ञानिक, कृषि संस्थान और सरकार सभी मिलकर यदि जैव उर्वरकों को अपनाएँ, तो निश्चित ही हमारा देश *"विकसित कृषि–उन्नत भारत"* के सपने को साकार करेगा। **अतः सतत कृषि, पर्यावरण संरक्षण तथा "विकसित कृषि–उन्नत भारत" के निर्माण हेतु जैव उर्वरकों का व्यापक, वैज्ञानिक एवं तर्कसंगत उपयोग समय की अनिवार्य आवश्यकता है।**

NEW ERA
AGRICULTURE MAGAZINE