



दलहनी फसलों में राइजोबियम का महत्व

पीयूष यादव¹ एवं अमित राज²

¹परास्नातक छात्र (एम. एससी. शस्य विज्ञान),

कृषि विभाग, इन्टीग्रल विश्वविद्यालय, लखनऊ

²परास्नातक छात्र (एम. एससी. मृदा विज्ञान)

कृषि विभाग, प्रो. राजेंद्र सिंह (रज्जू भैया) विश्वविद्यालय, प्रयागराज, उत्तर प्रदेश, भारत।

Email Id: – yadavpiyush826@gmail.com

परिचय

दाल, चना, मटर और बीन्स सहित दलहनी फसलें अपने पोषण मूल्य, आर्थिक महत्व और पारिस्थितिक लाभों के कारण वैश्विक कृषि में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। इन फसलों की उत्पादकता और स्थिरता को प्रभावित करने वाले सबसे महत्वपूर्ण कारकों में से एक राइजोबियम बैक्टीरिया के साथ उनका संबंध है। यह सहजीवी संबंध न केवल मिट्टी की उर्वरता को बढ़ाता है बल्कि टिकाऊ कृषि पद्धतियों में भी महत्वपूर्ण योगदान देता है। यह लेख दलहनी फसलों में राइजोबियम के महत्व पर प्रकाश डालता है, नाइट्रोजन स्थिरीकरण, मिट्टी के स्वास्थ्य, फसल उत्पादकता और व्यापक पर्यावरणीय प्रभावों में इसकी भूमिका की खोज करता है।

दलहनी फसलों के साथ राइजोबियम और इसके सहजीवन को समझना

1. राइजोबियम बैक्टीरिया: एक सिंहावलोकन

राइजोबियम ग्राम-नेगेटिव बैक्टीरिया की एक प्रजाति है जो फलियों के साथ सहजीवी संबंध बनाने की क्षमता के लिए जाना जाता है। इन जीवाणुओं की विशेषता उनकी छड़ के आकार की आकृति विज्ञान और वायुमंडलीय नाइट्रोजन को पौधों द्वारा उपयोग करने योग्य रूप में स्थिर करने की

उनकी क्षमता है। राइजोबियम प्रजातियाँ मिट्टी के वातावरण में प्रचलित हैं और विशिष्ट फलीदार पौधों के साथ जुड़ने में माहिर हैं।

2. दलहनी फसलों के साथ सहजीवी संबंध

दलहनी फसलें, या फलियाँ, ऐसे पौधे हैं जिनमें राइजोबियम के साथ सहजीवी संबंध बनाने की अद्वितीय क्षमता होती है। यह परस्पर क्रिया पौधों की जड़ की गांठों में होती है। यह प्रक्रिया तब शुरू होती है जब राइजोबियम बैक्टीरिया जड़ के बालों के माध्यम से पौधे की जड़ों में प्रवेश करते हैं, जिससे गांठों का निर्माण होता है। इन गांठों के अंदर, राइजोबियम बैक्टीरिया वायुमंडलीय नाइट्रोजन (छ₂) को अमोनिया (छ₃) में परिवर्तित कर देता है, जिसे पौधे वृद्धि और विकास के लिए उपयोग कर सकते हैं। बदले में, पौधे बैक्टीरिया को उनके अस्तित्व के लिए आवश्यक कार्बोहाइड्रेट और अन्य कार्बनिक यौगिक प्रदान करते हैं।

नाइट्रोजन स्थिरीकरण में राइजोबियम की भूमिका

1. नाइट्रोजन स्थिरीकरण प्रक्रिया

नाइट्रोजन स्थिरीकरण कृषि में एक महत्वपूर्ण प्रक्रिया है, क्योंकि नाइट्रोजन पौधों की वृद्धि

के लिए एक आवश्यक पोषक तत्व है, लेकिन अक्सर मिट्टी में सीमित होता है। राइजोबियम बैक्टीरिया में नाइट्रोजेन नामक एक एंजाइम कॉम्प्लेक्स होता है, जो वायुमंडलीय नाइट्रोजेन को अमोनिया में बदलने की सुविधा प्रदान करता है। इस प्रक्रिया में कई चरण शामिल हैं:—

संक्रमण: राइजोबियम बैक्टीरिया फलीदार पौधे की जड़ के बालों से चिपक जाता है।

गांठों का निर्माण: बैक्टीरिया पौधों की जड़ों में प्रवेश करते हैं और गांठों के निर्माण को प्रेरित करते हैं।

नाइट्रोजेन स्थिरीकरण: नोड्यूलस के अंदर, नाइट्रोजेन एंजाइम वायुमंडलीय नाइट्रोजेन को अमोनिया में परिवर्तित करते हैं।

स्वांगीकरण: पौधा अमोनिया को अमीनो एसिड और अन्य नाइट्रोजेनयुक्त यौगिकों में समाहित करता है।

2. दलहनी फसल की वृद्धि और उपज पर प्रभाव

स्थिर नाइट्रोजेन की उपलब्धता दलहनी फसलों की वृद्धि और उपज पर सीधा प्रभाव डालती है। नाइट्रोजेन की निरंतर आपूर्ति प्रदान करके, राइजोबियम-संवर्धित नोड्यूल सिंथेटिक नाइट्रोजेन उर्वरकों की आवश्यकता को कम करने में मदद करते हैं, जो महंगे और पर्यावरण के लिए हानिकारक दोनों हैं। अध्ययनों से पता चला है कि प्रभावी राइजोबियम सहजीवन वाली दलहनी फसलें सिंथेटिक उर्वरकों पर निर्भर रहने वाली फसलों की तुलना में अधिक पैदावार और बेहतर गुणवत्ता वाली उपज प्राप्त कर सकती हैं।

राइजोबियम के माध्यम से मिट्टी की उर्वरता बढ़ाना

1. मृदा नाइट्रोजेन स्तर में योगदान

दलहनी फसलों की खेती में राइजोबियम को शामिल करने से मिट्टी में नाइट्रोजेन का स्तर

काफी बढ़ जाता है। जैसे ही दलहनी फसलों की कटाई की जाती है, राइजोबियम द्वारा निर्धारित नाइट्रोजेन को जड़ विघटन और नोड्यूल क्षय के माध्यम से मिट्टी में छोड़ दिया जाता है। यह प्रक्रिया मिट्टी को नाइट्रोजेन से समृद्ध करती है, जिससे बाद की फसलों को बारी-बारी से लाभ मिलता है। यह प्राकृतिक नाइट्रोजेन संवर्धन मिट्टी की उर्वरता बनाए रखने और रासायनिक उर्वरकों पर निर्भरता कम करने के लिए महत्वपूर्ण है।

2. मृदा संरचना एवं स्वास्थ्य

नाइट्रोजेन निर्धारण के अलावा, दलहनी फसलें मिट्टी की संरचना और स्वास्थ्य पर सकारात्मक प्रभाव डाल सकती हैं। दलहनी फसलों की जड़ प्रणालियाँ, सड़े हुए पौधों के हिस्सों से कार्बनिक पदार्थ के साथ मिलकर, मिट्टी की संरचना में सुधार करने में योगदान करती हैं। बड़ी हुई मिट्टी की संरचना बेहतर जल घुसपैठ की सुविधा देती है, कटाव को कम करती है और लाभकारी सूक्ष्मजीव गतिविधि को बढ़ावा देती है। इस संदर्भ में राइजोबियम की भूमिका एक स्वस्थ मिट्टी पारिस्थितिकी तंत्र को बनाए रखने, एक स्थायी कृषि वातावरण को बढ़ावा देने में मदद करती है।

दलहनी फसलों में राइजोबियम के पर्यावरणीय लाभ

1. सिंथेटिक उर्वरकों पर निर्भरता कम करना

दलहनी फसलों में राइजोबियम के प्रयोग से कृत्रिम नाइट्रोजेन उर्वरकों की आवश्यकता कम हो जाती है। सिंथेटिक उर्वरक, फसल की पैदावार बढ़ाने में प्रभावी होते हुए भी, पोषक तत्वों के अपवाह, जल प्रदूषण और ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन जैसे पर्यावरणीय नुकसान के साथ आते हैं। जैविक नाइट्रोजेन स्थिरीकरण पर भरोसा करके, किसान सिंथेटिक उर्वरकों पर अपनी निर्भरता कम

कर सकते हैं, जिससे पर्यावरण के अनुकूल कृषि पद्धतियों को बढ़ावा मिलेगा।

2. ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन को कम करना

सिंथेटिक उर्वरकों का उत्पादन और उपयोग ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन के महत्वपूर्ण स्रोत हैं, विशेष रूप से नाइट्रस ऑक्साइड (छ₂व्), एक शक्तिशाली ग्रीनहाउस गैस। राइजोबियम-मध्यस्थता नाइट्रोजन स्थिरीकरण एक कम-उत्सर्जन विकल्प प्रदान करता है, क्योंकि यह सिंथेटिक उर्वरक उत्पादन से जुड़ी ऊर्जा-गहन प्रक्रियाओं से बचाता है। दलहनी फसलें अपनाकर और राइजोबियम का लाभ उठाकर, किसान जलवायु परिवर्तन शमन प्रयासों में योगदान दे सकते हैं।

3. जैव विविधता को बढ़ावा देना

दलहनी फसलें और उनके राइजोबियम साझेदार जैव विविधता को बढ़ावा देने में भूमिका निभाते हैं। विविध फसल प्रणालियाँ जिनमें दालें शामिल हैं, विभिन्न सूक्ष्मजीवों और वन्यजीवों का समर्थन करते हुए अधिक संतुलित पारिस्थितिकी तंत्र में योगदान करती हैं। फसल चक्र और कवर फसल प्रणालियों में दलहनी फसलों को शामिल करने से जैव विविधता और पारिस्थितिक लचीलापन बढ़ाने में मदद मिलती है।

राइजोबियम के प्रभावी उपयोग के लिए व्यावहारिक विचार

1. सही राइजोबियम स्ट्रेन का चयन करना

दलहनी फसलों में राइजोबियम की प्रभावशीलता बैक्टीरिया और पौधों की प्रजातियों के बीच अनुकूलता पर निर्भर करती है। अलग-अलग फसलों के लिए अलग-अलग राइजोबियम उपभेद विशिष्ट हैं। इसलिए, नाइट्रोजन निर्धारण और फसल प्रदर्शन को अधिकतम करने के लिए विशिष्ट

दलहनी फसल के लिए उपयुक्त राइजोबियम इनोकुलेंट का चयन करना महत्वपूर्ण है। इनोक्युलेंट व्यावसायिक रूप से उपलब्ध हैं और इन्हें अक्सर रोपण से पहले बीज या मिट्टी पर लगाया जाता है।

2. मिट्टी का पीएच और पर्यावरणीय स्थितियाँ

मिट्टी का पीएच और पर्यावरणीय स्थितियाँ राइजोबियम गतिविधि को प्रभावित कर सकती हैं। राइजोबियम बैक्टीरिया आमतौर पर तटस्थ से थोड़ी अम्लीय मिट्टी (पीएच 6.0 से 7.5) में पनपते हैं। अत्यधिक पीएच स्तर, चाहे बहुत अम्लीय या बहुत क्षारीय, बैक्टीरिया के कार्य और नोड्यूलेशन को खराब कर सकता है। इष्टतम मिट्टी पीएच और पर्यावरणीय स्थिति सुनिश्चित करने से प्रभावी राइजोबियम गतिविधि को बनाए रखने में मदद मिलती है और स्वस्थ दलहनी फसल के विकास में सहायता मिलती है।

3. प्रबंधन प्रथाएँ

राइजोबियम के लाभों को अधिकतम करने के लिए प्रभावी प्रबंधन प्रथाएँ, जैसे उचित टीकाकरण तकनीक, फसल चक्र और मिट्टी के स्वास्थ्य को बनाए रखना आवश्यक हैं। नोड्यूलेशन और पौधों के स्वास्थ्य की नियमित निगरानी से किसी भी समस्या को तुरंत पहचानने और उसका समाधान करने में मदद मिलती है। दलहन फसलों को रोटेशन प्रणाली में अन्य फसलों के साथ एकीकृत करने से मिट्टी की उर्वरता बढ़ती है और दीर्घकालिक स्थिरता का समर्थन होता है।

केस अध्ययन और अनुसंधान निष्कर्ष

1. वैश्विक सफलता की कहानियाँ

कई केस अध्ययन दुनिया भर में दलहनी फसलों में राइजोबियम के सकारात्मक प्रभाव को उजागर करते हैं। उदाहरण के लिए, अफ्रीका और एशिया के क्षेत्रों में जहाँ चना

और मसूर जैसी फलियां मुख्य फसलें हैं, राइजोबियम टीकाकरण से उपज में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है और सिंथेटिक उर्वरकों पर निर्भरता कम हुई है। इसी प्रकार, उत्तरी अमेरिका और यूरोप में, सोयाबीन और मटर की फसलों के साथ राइजोबियम के उपयोग ने मिट्टी की उर्वरता और पर्यावरणीय लाभों को बढ़ाया है।

2. राइजोबियम दक्षता पर शोध

राइजोबियम दक्षता और प्रभावशीलता में सुधार के तरीकों का पता लगाने के लिए चल रहे शोध जारी हैं। अध्ययन अधिक मजबूत राइजोबियम उपभेदों के विकास, विभिन्न टीकाकरण विधियों के प्रभाव और राइजोबियम और अन्य मिट्टी के सूक्ष्मजीवों के बीच बातचीत की जांच कर रहे हैं। ये प्रगति दलहन फसल की खेती में राइजोबियम के लाभों को और बढ़ाने का वादा करती है।

चुनौतियाँ और भविष्य की दिशाएँ

1. राइजोबियम स्ट्रेन परिवर्तनशीलता को संबोधित करना

राइजोबियम के उपयोग में एक चुनौती जीवाणु उपभेदों और उनकी प्रभावशीलता में परिवर्तनशीलता है। विभिन्न उपभेद विशिष्ट दलहनी फसलों के साथ नाइट्रोजन स्थिरीकरण दक्षता और अनुकूलता के विभिन्न स्तर प्रदर्शित कर सकते हैं। इन विविधताओं को संबोधित करने और राइजोबियम प्रदर्शन की स्थिरता में सुधार के लिए निरंतर अनुसंधान और विकास की आवश्यकता है।

2. जलवायु परिवर्तन को अपनाना

जलवायु परिवर्तन राइजोबियम और दलहन फसल की खेती के लिए संभावित चुनौतियाँ पैदा करता है। तापमान, वर्षा पैटर्न और मिट्टी की स्थिति में परिवर्तन राइजोबियम गतिविधि और नोड्यूल गठन को प्रभावित कर सकता है। बदलती जलवायु

परिस्थितियों में प्रभावी नाइट्रोजन स्थिरीकरण को बनाए रखने में जलवायु-लचीले राइजोबियम उपभेदों और अनुकूली प्रबंधन प्रथाओं पर अनुसंधान महत्वपूर्ण होगा।

3. गोद लेने और शिक्षा को बढ़ावा देना

किसानों के बीच राइजोबियम – आधारित प्रथाओं को अपनाने को बढ़ावा देने के लिए शिक्षा और समर्थन की आवश्यकता है। विस्तार सेवाएँ, प्रशिक्षण कार्यक्रम और जागरूकता अभियान किसानों को राइजोबियम के लाभों को समझने और सर्वोत्तम प्रथाओं को लागू करने के तरीके को समझने में मदद कर सकते हैं। राइजोबियम प्रौद्योगिकी को अपनाने को आगे बढ़ाने के लिए शोधकर्ताओं, नीति निर्माताओं और कृषि संगठनों के बीच सहयोग आवश्यक होगा।

निष्कर्ष

राइजोबियम बैक्टीरिया दलहनी फसलों की खेती में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, जो फसल उत्पादकता, मिट्टी की उर्वरता और पर्यावरणीय स्थिरता के लिए कई लाभ प्रदान करते हैं। फलियों के साथ सहजीवी संबंध बनाकर, राइजोबियम नाइट्रोजन स्थिरीकरण की सुविधा देता है, सिंथेटिक उर्वरकों की आवश्यकता को कम करता है और मिट्टी के स्वास्थ्य को बढ़ाता है। ग्रीनहाउस गैस उत्सर्जन में कमी और बेहतर जैव विविधता सहित पर्यावरणीय लाभ, टिकाऊ कृषि में राइजोबियम के महत्व को रेखांकित करते हैं।

जैसे-जैसे अनुसंधान और प्रौद्योगिकी का विकास जारी है, चुनौतियों का समाधान करना और राइजोबियम के उपयोग को अनुकूलित करना दलहनी फसलों और वैश्विक खाद्य प्रणालियों के लिए इसके लाभों को अधिकतम करने की कुंजी होगी। निरंतर नवाचार और शिक्षा के माध्यम से, राइजोबियम और दलहन फसलों के बीच साझेदारी टिकाऊ कृषि पद्धतियों की आधारशिला बनी रहेगी, जो खाद्य सुरक्षा, पर्यावरणीय प्रबंधन और लचीली कृषि प्रणालियों में योगदान देगी।