

विकिरण से नवाचार - कृषि क्षेत्र में क्रांतिकारी परिवर्तन



डॉ. बिक्रम किशोर दास

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

कृषि नवाचार में विकिरण का जादू

कृषि मानव जीवन का आधार है और इसकी निरंतर प्रगति ही समाज की खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करती है। पिछले कुछ दशकों में विज्ञान ने कृषि को केवल परंपरागत खेती से उठाकर आधुनिक तकनीकी खेती तक पहुँचाया है। इस क्रम में, विकिरण ने एक क्रांतिकारी भूमिका निभाई है। यद्यपि विकिरण शब्द आम जनता के बीच अक्सर परमाणु ऊर्जा से जुड़ा माना जाता है, परंतु इसका कृषि में भी व्यापक एवं सकारात्मक योगदान है। बढ़ती हुई जनसंख्या की वजह से कृषि उत्पादन की मांग 50-70% से बढ़ने की संभावना है। साथ ही जलवायु परिवर्तन की वजह से कृषि के तरीकों में नई मुश्किलें उभरकर आ रही हैं। कृषि क्षेत्र में विकिरण का प्रयोग म्यूटेशन ब्रीडिंग, स्टेराइल इंसेक्ट तकनीक

(SIT), रेडियो ट्रेसर तकनीक शामिल हैं। इन तकनीकों ने न केवल उत्पादन बढ़ाने में योगदान दिया है बल्कि पर्यावरण-अनुकूल और टिकाऊ कृषि के नए रास्ते भी खोले हैं।

म्यूटेशन ब्रीडिंग (उत्परिवर्तन प्रजनन) क्या है?

म्यूटेशन या उत्परिवर्तन जीवों के आनुवंशिक कोड (डीएनए अनुक्रम) में वंशानुगत परिवर्तन है। प्राकृतिक और प्रेरित दोनों प्रकार के म्यूटेशन फसलों में आनुवंशिक विविधता का आधार बनते हैं। प्राकृतिक रूप से यह प्रक्रिया अत्यंत धीमी होती है, पर विकिरण द्वारा इसे तीव्र किया जा सकता है। विकिरण जनित म्यूटेशन ब्रीडिंग का अर्थ बीजों या पौधों में विकिरण से म्यूटेशन उत्पन्न करना है।



विकिरण से डरने की नहीं, इसे समझकर समाज के हित में उपयोग करने की जरूरत है!

	कृषि में तो इसके बहुमूल्य योगदान है, जिसे हम इस लेख में देखेंगे।
	भारत का 'परमाणु ऊर्जा विभाग' (प. ऊ. वि., DAE) हम विकिरण को समाज के लाभ के लिए उपयोग करते हैं।
	भारत में 'भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र' (भा. प. अ. कें.) ने अत्यंत महत्वपूर्ण योगदान दिया है।

**परमाणु विज्ञान को समझें, अपनाएं और
कृषि उत्पादन, पोषण सुरक्षा और समृद्ध भारत के निर्माण में भागीदार बनें!**



चित्र-1 कृषि के क्षेत्र में परमाणु ऊर्जा का महत्व

लाभ

1. नई किस्मों का कम समय में विकास
2. उच्च उपज, रोग प्रतिरोधक, गुणवत्तापूर्ण और पर्यावरणीय तनाव सहनशीलता वाली फसल की किस्में
3. जननद्रव्य (जर्मप्लाज्म) में विविधता लाना, जिससे प्रजनन वैज्ञानिकों को नए विकल्प मिलते हैं जैसे- सूखा, रोग, खारी मिट्टी प्रतिरोधक, पोषण-संवर्धित, आदि

वर्ष 1927 में जे. हर्बर्ट मुलर द्वारा X-किरणों से उत्परिवर्तन की खोज के बाद से ही, यह कृषि सुधार की अभूतपूर्व धारा बन गई। पहली व्यावसायिक म्यूटेन्ट किस्म 1934 में तंबाकू के लिए विकसित की गई थी। अंतरराष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी (IAEA) के अनुसार अब तक विश्व में 3700 से अधिक म्यूटेन्ट किस्में विकसित की गई हैं।

भारत में, इस तकनीक का अनुसंधान 1950 के दशक में शुरू किया गया, और आज भारत इस क्षेत्र के अग्रणी देशों में से एक है। भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र में बीजों पर विकिरण के प्रभाव पर अग्रणीय शोध किया जाता है। यहाँ राज्य कृषि विश्वविद्यालय एवं भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद के सहयोग से अब तक अनाज, दालों, तिलहन आदि फसलों में 72 उन्नत किस्में विकसित की गई हैं। वनस्पति जनित फसलें जैसे केला और फूलों में आयनकारी विकिरण के प्रभावों का अध्ययन किया जा रहा है। पारंपरिक गामा और एक्स-रे किरणों के अलावा अब, न्यूट्रॉन, भारी आयन बीम जैसी विकिरण तकनीकों का प्रयोग कर लाभकारक म्यूटेशन भी किया जा रहा है।

कई देशों में अंतरिक्ष-प्रजनन (स्पेस-ब्रीडिंग) का भी प्रयोग किया जा रहा है। इसमें बीजों को अंतरिक्ष स्टेशन या बायोसैटेलाइट आदि में सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण (माइक्रोग्रैविटी) और उच्च विकिरण के संपर्क में लाकर पृथ्वी पर लाया जाता है। इससे बीजों के डीएनए में म्यूटेशन होता है। स्पेस विकिरण से सूरजमुखी, कपास, गेहूं, चावल, टमाटर,

सोयाबीन, मूंगफली समेत 200 से अधिक उन्नत किस्में विकसित की गई हैं।

ट्रॉम्बे की उन्नत फसल किस्में - विकिरण विज्ञान से खेतों तक समृद्धि की कहानी

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र द्वारा म्यूटेशन ब्रीडिंग एवं अन्य तकनीकों के माध्यम से विकसित की गई उन्नत फसल किस्में इसी दिशा में एक उल्लेखनीय उपलब्धि है। इन किस्मों ने देश के विभिन्न राज्यों में किसानों को अधिक उपज, रोग प्रतिरोधक फसलें और बेहतर गुणवत्ता प्रदान की है (चित्र-2)।



अनाज फसलों में प्रगति

धान भारत की खाद्य सुरक्षा की आधारभूत फसल है। भारतीय धान सुधार कार्यक्रम में भा.प.अ.के., ट्रॉम्बे की भूमिका उल्लेखनीय रही है। विकिरण-आधारित म्यूटेशन ब्रीडिंग द्वारा विकसित धान की उन्नत किस्मों ने उत्पादन बढ़ाने के साथ-साथ सुगंध, स्वाद और गुणवत्ता जैसे पारंपरिक गुणों को भी संरक्षित रखा है। इन किस्मों में अर्ध-बौना एवं गिरने से प्रतिरोधी पौधा प्रकार, उच्च उपज, बेहतर मिलिंग गुणवत्ता तथा अधिक हेड राइस रिकवरी जैसे गुण पाए जाते हैं। टीसीडीएम-1, सीजीजेटी और टीसीवीएम में सुगंधित दाने, टीकेआर-कोलम में सुपरफाइन एवं स्वादिष्ट दाने, जबकि विक्रम-टीसीआर अधिक उपज के साथ इसके दाने मुरमुरा निर्माण के लिए विशेष रूप से उपयुक्त हैं। मोटे

अनाजों में ज्वार की आरटीएस-43 किस्म उल्लेखनीय है। यह जल्दी फूलने और एक साथ पकने वाली किस्म है, जिसके दाने सफेद, चमकदार और रोटी बनाने के लिए उपयुक्त हैं। इसकी 'स्टे-ग्रीन' विशेषता पौधे को लंबे समय तक हरा बनाए रखती है, जिससे सूखे की स्थिति में भी उत्पादन स्थिर रहता है। आज जब मोटे अनाजों को 'श्रीअन्न' के रूप में बढ़ावा दिया जा रहा है, ऐसी किस्में पोषण सुरक्षा और जलवायु-अनुकूल खेती दोनों के लिए उपयोगी हैं (चित्र-3)।

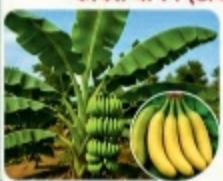
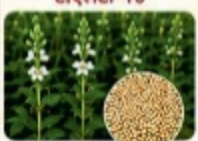
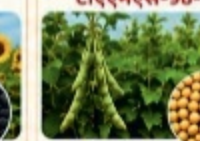
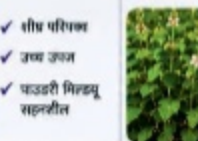
दलहनी फसलें - प्रोटीन सुरक्षा की दिशा में कदम

भारत में दालें पोषण का प्रमुख स्रोत हैं। भा.प.अ. केंद्र की विकसित अरहर किस्में टीजेटी-501, टीटी-401 और पीकेवी-तारा-शीघ्र पकने वाली, अधिक उपज देने वाली तथा

रोग प्रतिरोधक हैं। उड़द की किस्में टीएआरएम-1, टीएआरएम-2, टीजेएम-3 और टीएमबी-37 पाउडरी मिल्ड्यू तथा येलोमोजेक वायरस जैसी बीमारियों के प्रति सहनशील हैं। इसी प्रकार, मूंग में भी उन्नत किस्में विकसित की गई हैं। इन किस्मों से किसानों को बेहतर उत्पादन के साथ पौष्टिक आहार की उपलब्धता भी सुनिश्चित होती है (चित्र-3)।

तिलहनी फसलें - पोषण और आर्थिक समृद्धि

तिलहनी फसलों में भा.प.अ. केंद्र की उपलब्धियाँ प्रेरणादायक हैं। इसके बड़े दाने और अधिक उपज किसानों के लिए लाभकारी हैं। मूंगफली में भा.प.अ. केंद्र, ट्रॉम्बे की पहली उत्परिवर्तित किस्म टीजी -1 (1973) थी, जिसने बड़े दानों की विशेषता प्रदान कर आगे विकसित अनेक किस्मों

अनाज फसलें					
केला कावेरी वामन (टीबीएम-9)  ✓ शीघ्र फलन ✓ रोग सहनशील ✓ उत्कृष्ट फल गुणवत्ता	धान विक्रम-टीसीआर  ✓ शीघ्र परिपक्व ✓ अर्ध-बीनी एवं गिरने से प्रतिरोधी ✓ मुरमुरा निर्माण हेतु उपयुक्त	ज्वार आरटीएस-43  ✓ शीघ्र परिपक्व ✓ सूखा सहनशील ✓ उत्कृष्ट दाना एवं रोटी गुणवत्ता			
तिलहनी फसलें					
मूंगफली टीएजी-73  ✓ तीन बीज वाली चिकनी फलियाँ ✓ उच्च उपज ✓ अच्छी दाना गुणवत्ता	तिल टीएलटी-10  ✓ शीघ्र परिपक्व ✓ उच्च तेल प्रतिशत ✓ बेहतर दाना गुणवत्ता	अलसी टीएल-99  ✓ कम लिनोलेनिक अम्ल (खाद्य तेल हेतु उपयुक्त) ✓ रोग सहनशील ✓ अच्छी उपज	सरसों टीपीएम-1  ✓ पीले बीज ✓ उच्च उपज ✓ पाउडरी मिल्ड्यू सहनशील	सूर्यमुखी टीएस-82  ✓ काले बीज ✓ कम वर्षा क्षेत्रों हेतु उपयुक्त ✓ रोग सहनशील	सोयाबीन टीएएमएस-98-21  ✓ उच्च उपज ✓ रोग प्रतिरोधी ✓ न फटने वाली फलियाँ
दलहनी फसलें					
मूंग टीएपी-7  ✓ शीघ्र परिपक्व ✓ उच्च उपज ✓ पाउडरी मिल्ड्यू सहनशील	उड़द टीयू-94-2  ✓ पीला बीज रोग प्रतिरोधी ✓ उच्च उपज ✓ शीघ्र परिपक्व	अरहर (तुर) टीएटी-10  ✓ अति शीघ्र परिपक्व ✓ सीधा पीसा प्रसन्न ✓ अच्छी उपज	चवला (चौली) टीसी-901  ✓ शीघ्र एवं एकसमान परिपक्वता ✓ पीला बीज रोग एवं जड़ सड़न सहनशील ✓ उच्च उपज		

प्रतिनिधिक ट्रॉम्बे म्यूटेंट किस्में — उच्च उत्पादकता, बेहतर गुणवत्ता एवं जलवायु अनुकूल कृषि हेतु समर्पित।

चित्र-3 प्रतिनिधिक ट्रॉम्बे म्यूटेंट किस्में-उच्च उपज एवं बेहतर गुणवत्ता सहित

की नींव रखी। इसके बाद, टीजी-3, टीजी-17, टीकेजी-19ए, टीजी-22 तथा नवीन टीजी-73 जैसी किस्में विकसित की गईं, जिनमें बड़े दाने, शीघ्र परिपक्वता, सूखा सहनशीलता, उच्च उपज तथा विभिन्न फसल प्रणालियों के लिए उपयुक्तता जैसे महत्वपूर्ण गुण सम्मिलित हैं। सरसों में भा.प.अ. केंद्र द्वारा विकसित ट्रॉम्बे मस्टर्ड-1 (टीएम -1) भारत की पहली पीले बीजावरण वाली उत्परिवर्तित किस्म है। इसके बाद, विकसित टीपीएम -1 महाराष्ट्र के लिए उच्च उपज तथा कम एरुसिक अम्ल वाली किस्म के रूप में जारी की गई, जबकि टीएम -2 और टीएम -4 असम के लिए कम ऊँचाई, सघन फलियों एवं बेहतर उत्पादन क्षमता वाली किस्में हैं। तिल की टीएलटी -10 किस्म सफेद दानों वाली, अधिक उपज देने वाली तथा दोनों मौसमों में उपयुक्त है (चित्र-3)।

फल फसलों में उपलब्धि - कावेरी वामन केला

फल फसलों में 'कावेरी वामन (टीबीएम-9)' एक महत्वपूर्ण उपलब्धि है। यह ग्रैंड नैन केले की विकिरण प्रेरित बौनी किस्म है, जिसे भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद - राष्ट्रीय केला अनुसंधान केंद्र, तिरुचिरापल्ली के सहयोग से विकसित किया गया। इसकी ऊँचाई लगभग 150-160 सेंटीमीटर होती है, जिससे इसे अधिक सघन रोपण और छतों या छोटे बागानों में भी उगाया जा सकता है। भारी वर्षा और तेज हवा जैसी प्रतिकूल परिस्थितियों में भी यह पौधा मजबूत बना रहता है (चित्र-3)।

जमीनी स्तर पर किसानों से संवाद और तकनीक का प्रसार

कृषि अनुसंधान तभी सफल माना जाता है जब उसकी उपलब्धियाँ सीधे किसानों के खेतों तक पहुँचें। इसी उद्देश्य से भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, ट्रॉम्बे द्वारा विभिन्न राज्यों में समय-समय पर 'फील्ड डे' तथा बीज किट वितरण कार्यक्रम आयोजित किए जाते हैं। 'फील्ड डे' का मुख्य उद्देश्य किसानों को खेत पर ही उन्नत किस्मों की वास्तविक क्षमता से परिचित कराना है। इन कार्यक्रमों में किसान स्वयं

फसलों की वृद्धि, रोग प्रतिरोधक क्षमता, अधिक उपज तथा जलवायु सहनशीलता जैसे गुणों को प्रत्यक्ष रूप से देखते हैं। इससे वैज्ञानिकों और किसानों के बीच सीधा संवाद स्थापित होता है तथा नई तकनीकों के प्रति विश्वास बढ़ता है। इसी प्रकार, बीज किट वितरण कार्यक्रमों के माध्यम से किसानों को समय पर उच्च गुणवत्ता वाले प्रमाणित बीज उपलब्ध कराए जाते हैं, ताकि वे नई उन्नत किस्मों को अपनाकर अपनी कृषि उत्पादकता और आय में वृद्धि कर सकें (चित्र-4)।



स्टेराइल इंसेक्ट तकनीक (SIT) - कीट नियंत्रण की पर्यावरण-अनुकूल विधि

SIT विकिरण आधारित कीट नियंत्रण का पर्यावरण-सम्मत तरीका है। इसमें नर कीटों को विकिरण द्वारा बाँझ बना दिया जाता है। जब इन नर कीटों को प्राकृतिक वातावरण में छोड़ा जाता है, तो ये मादा कीटों के साथ संयोग तो करते हैं परंतु अंडे निष्फल रह जाते हैं। परिणामस्वरूप, समय के साथ कीटों की संख्या घटने लगती है।

विशेषताएँ

- कीटों की आबादी में कमी (बिना रसायनिक कीटनाशकों के)
- पर्यावरण और मानव स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव नहीं
- विशिष्ट कीटों पर लक्षित तकनीक

भारत में, इसका प्रयोग मुख्यतः लाल पाम वीविल, आलू कंद कीट, धान तना छेदक, कपास बॉलवर्म, लाल कपास कीट तथा डायमंड बैक मॉथ पर किया गया है। यह तकनीक भविष्य में बड़े पैमाने पर कीटनाशकों की निर्भरता घटा सकती है (चित्र-5)।

रेडियो ट्रेसर तकनीक - पोषक तत्वों का विज्ञान

रेडियो ट्रेसर, फॉस्फोरस, नाइट्रोजन, सल्फर, पोटैशियम आदि के रेडियोआइसोटोप (P-32, N-15, S-35, K-42) होते हैं जिनका प्रयोग पौधों, मिट्टी और जल के बीच होने वाले पोषक तत्वों के प्रवाह का अध्ययन करने के लिए किया

जाता है। रेडियोआइसोटोप ट्रेसर्स को खाद या पानी में मिलाया जाता है और फिर पौधों में पोषक तत्वों का स्थानांतरण, उर्वरक की कुशलता, जड़ विकास, पानी की आवा-जाही, समन्वित पोषक तत्व का अध्ययन किया जाता है (चित्र-5)।

लाभ

- **उर्वरक कुशलता** - रेडियो ट्रेसर से खाद का पौधों में प्रवेश और वातावरण में नुकसान को ट्रेस किया जाता है।
- **जड़ प्रणाली का विश्लेषण** - रेडियो ट्रेसर डालकर यह

स्टेराइल इंसेक्ट तकनीक

कीट नियंत्रण का पर्यावरण अनुकूल तरीका



- ✓ रसायन रहित, सुरक्षित, प्रभावी व प्रजाति-विशिष्ट
- ✓ फल मक्खी, टिड्डा, पत्ता लपेटक, कपास बॉलवर्म, आलू फूट मॉथ आदि पर सफल प्रयोग

रेडियो ट्रेसर तकनीक

पोषण विज्ञान में अनुपयोग



हाइड्रोजेल तकनीक

पानी बचाओ, फसल बढ़ाओ



- अधिक पानी सोखने की क्षमता
- धीरे-धीरे पौधों को पानी उपलब्ध कराना
- सूखा तनाव में सुरक्षा
- जल सिंचाई में अधिक उपयोग
- मिट्टी की नमी बनाए रखने में सहायक

विकिरण प्रेरित उपयोगी कवक

मृदा स्वास्थ्य और फसल सुरक्षा के लिए



- जैव उर्वरक व जैव कीटनाशी
- मृदा स्वास्थ्य में सुधार
- रोगों से फसल का संरक्षण
- सतत एवं जैविक खेती के लिए सहायक
- पर्यावरण के अनुकूल व सुरक्षित

चित्र-5 विकिरण आधारित उन्नत कृषि तकनीकें फसल उत्पादन बढ़ाने, संसाधनों के बेहतर उपयोग और किसानों की समृद्धि में योगदान

अध्ययन संभव हुआ है कि पौधों की जड़ें किस दिशा और गहराई तक फैलती हैं।

- **पत्तियों और तनों में पोषक तत्वों की गति** - स्प्रे के जरिये पोषक तत्वों का सटीक वितरण
- **संक्रमण और रोगों का अध्ययन** - जड़ों को नुकसान पहुँचाने वाले कीटों या रोगों की निगरानी

अन्य कृषि-तकनीकें

- **विकिरण से विकसित हाइड्रोजेल** - अधिक पानी सोखकर धीरे-धीरे छोड़ता है, जिससे पौधों को सूखा तनाव से बचाव मिलता है। (चित्र-4)
- **विकिरण प्रेरित ट्राइकोडर्माविरेंस** - जैविक बीज उपचार हेतु प्रभावी जैवनियंत्रक (बायोकंट्रोल एजेंट) (चित्र-4)
- **गामा-किरण आधारित 'अनु-चैतन्य'** - पौधा वृद्धि प्रोत्साहक, जो उपज और ताकत बढ़ाता है।

विज्ञान और खेती का प्रेरणादायक संगम

ट्रॉम्बे फसल किस्में एवं कृषि प्रौद्योगिकियाँ आज देश के विभिन्न राज्यों में व्यावसायिक खेती के लिए व्यापक रूप से अपनाई जा रही हैं। ये उपलब्धियाँ केवल उत्पादन वृद्धि तक सीमित नहीं हैं, बल्कि पोषण गुणवत्ता, रोग प्रतिरोधकता तथा जलवायु सहनशीलता जैसे महत्वपूर्ण गुणों को भी सुदृढ़ बनाती हैं। यह उपलब्धि दर्शाती है कि परमाणु विज्ञान का शांतिपूर्ण उपयोग समाज के कल्याण और खाद्य सुरक्षा में कितना महत्वपूर्ण योगदान दे सकता है। विकिरण

आधारित अनुसंधान केवल प्रयोगात्मक विज्ञान नहीं, बल्कि किसानों की, देश की व्यावहारिक समस्याओं का समाधान भी है। विद्यार्थियों के लिए यह विषय विशेष प्रेरणा का स्रोत है, क्योंकि यह दिखाता है कि प्रयोगशाला में विकसित तकनीकें सीधे किसानों के खेतों और लोगों की थाली तक पहुँचती हैं। आने वाले समय में विकिरण-आधारित कृषि अनुसंधान भारत की टिकाऊ, पोषण-समृद्ध और जलवायु-अनुकूल खेती को नई दिशा देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा।



लेखक का परिचय



डॉ. बिक्रम किशोर दास

डॉ. बिक्रम किशोर दास वर्तमान में, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई के नाभिकीय कृषि एवं जैव-प्रौद्योगिकी प्रभाग में वैज्ञानिक अधिकारी-एच के पद पर कार्यरत हैं।



“भौतिकी से मुझे बड़ा लगाव है। मैं जानता हूँ कि मैं इसमें शानदार कार्य करूँगा।”

- भौतिकी को करियर बनाने के विषय में भाभा के अपने पिता को लिखे पत्र का अंश