http://krishipravahika.vitalbiotech.org/

कृषि प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका

e-ISSN: 2583 – 0430

कृषि-प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका, (2025) वर्ष 5, अंक 12, 116-120

Article ID:543

मार्कर सहायतित प्रजनन: आधुनिक कृषि में आनुवंशिकी की एक नई दिशा

अंकित दांगी[1*], काजल शर्मा[2], कुमार सानु[3] ,संजीव शर्मा[4] एवं आर. एस. सिकरवार[5]

[1,2]एम. एससी. शोध छात्र, आनुवंशिकी एवं पादप प्रजनन विभाग, रा. वि. सिं. कृ. वि. वि, ग्वालियर, मध्य प्रदेश , भारत

[3,4]पीएच. डी. शोध छात्र, आनुवंशिकी एवं पादप प्रजनन विभाग, रा. वि. सिं. कृ. वि. वि,, ग्वालियर, मध्य प्रदेश, भारत

[5]वैज्ञानिक, आनुवंशिकी एवं पादप प्रजनन विभाग, रा. वि. सिं. कृ. वि. वि, ग्वालियर, मध्य प्रदेश, भारत

[*]अनुरूपी लेखक

अंकित दांगी[*]

परिचय

कृषि हमारे जीवन का एक अभिन्न हिस्सा है। भारत जैसे देश में खेती केवल भोजन उत्पादन का साधन नहीं, बल्कि संस्कृति, परंपरा और अर्थव्यवस्था की धुरी है। बदलते मौसम, नई बीमारियाँ, कीटों का प्रकोप और बढ़ती जनसंख्या के बीच किसान की सबसे बड़ी चिंता यही है कि खेत की मिट्टी से अधिक और बेहतर उपज कैसे ली जाए। पारंपरिक कृषि पद्धतियों से यह संभव तो है, पर उतना प्रभावी नहीं जितना आज के बदलते पर्यावरण की मांग है।

इसी चुनौती ने वैज्ञानिकों को नई दिशा में सोचने को प्रेरित किया। जब आनुवंशिकी (Genetics) और जैव प्रौद्योगिकी (Biotechnology) का संगम हुआ, तब जन्म हुई एक ऐसी तकनीक की जिसने कृषि विज्ञान की तस्वीर ही बदल दी — मार्कर सहायतित प्रजनन (Marker Assisted Breeding – MAB)। यह तकनीक पौधों के भीतर छिपे जीन को पहचानने और वांछित गुणों को तेज़ी से विकसित करने में मदद करती है। इससे वैज्ञानिकों को यह जानने में आसानी होती है कि कौन-से पौधे रोगों के प्रति प्रतिरोधक हैं, कौन सूखा या बाढ़ सह सकते हैं, और कौन अधिक उत्पादन देने में सक्षम हैं।

पारंपरिक प्रजनन की सीमाएँ

कृषि प्रजनन का इतिहास हजारों वर्षों पुराना है। पहले किसान अपनी फसलों में अच्छे पौधों को पहचानकर उनसे बीज लेते थे, ताकि अगली फसल बेहतर हो। इस विधि से धीरे-धीरे नई किस्में विकसित हुईं। लेकिन इस पारंपरिक प्रक्रिया की कुछ सीमाएँ हैं, जिनके कारण कृषि विकास की गति धीमी रही है। इस तरीके से एक नई किस्म विकसित करने में आठ से बारह वर्ष तक का समय लग जाता है। दूसरा, पर्यावरणीय परिस्थितियाँ फसल के गुणों को प्रभावित करती हैं। उदाहरण के लिए, कोई पौधा किसी साल अधिक उपज देता है, लेकिन अगले साल जलवायु बदलने पर कमजोर साबित होता है। तीसरी बड़ी समस्या यह है कि पारंपरिक पद्धति से हम केवल बाहरी गुणों को देख सकते हैं, अंदर छिपे जीन या आनुवंशिक विशेषताओं को नहीं। अर्थात वैज्ञानिक को केवल अनुमान के आधार पर चयन करना पड़ता है, जबकि असल गुण किसी और पौधे में हो सकते हैं। यही कारण है कि वैज्ञानिकों ने जीन के स्तर पर काम करना शुरू किया — और वहीं से शुरू हुआ मार्कर सहायतित प्रजनन का दौर।

मार्कर सहायतित प्रजनन क्या है?

सरल शब्दों में कहा जाए तो मार्कर सहायतित प्रजनन एक ऐसी तकनीक है जो पौधों के डीएनए में मौजूद पहचान चिन्हों (DNA markers) के आधार पर चयन करने में मदद करती है। हर जीवित प्राणी के जीन में कुछ विशेष अनुक्रम होते हैं जो किसी गुण — जैसे रोग प्रतिरोधकता या सूखा सहनशीलता — से जुड़े रहते हैं। इन्हीं अनुक्रमों को "मार्कर" कहा जाता है। जब किसी फसल के भीतर कोई उपयोगी गुण पाया जाता है, जैसे कि कीट या रोग से

बचाव की क्षमता, तो वैज्ञानिक उस गुण से जुड़े मार्कर की पहचान करते हैं। इसके बाद उसी मार्कर की मदद से वे अन्य पौधों में उस जीन की उपस्थिति की जांच करते हैं। इससे वे यह तय कर पाते हैं कि कौन-से पौधे उस वांछित गुण को वहन कर रहे हैं, और उन्हें अगली पीढ़ी के संकरण के लिए चुना जाता है। यह पूरी प्रक्रिया फसल की बाहरी आकृति पर निर्भर नहीं करती, बल्कि उसके आनुवंशिक कोड पर आधारित होती है। इसलिए यह पारंपरिक पद्धति की तुलना में तेज़ और अधिक सटीक होती है।

प्रक्रिया कैसे काम करती है

मार्कर सहायतित प्रजनन की प्रक्रिया वैज्ञानिक दृष्टि से जटिल दिखती है, लेकिन इसे सरल शब्दों में कुछ चरणों में समझा जा सकता है:

1. गुण और जीन की पहचान: सबसे पहले यह पता लगाया जाता है कि कौन-से जीन किसी उपयोगी गुण से जुड़े हैं — जैसे रोग-प्रतिरोध, उच्च उत्पादन, या सूखा-सहनशीलता।

2. मार्कर का चयन: उस जीन से जुड़े डीएनए अनुक्रम को मार्कर के रूप में चिन्हित किया जाता है। यह मार्कर उस जीन का संकेतक बन जाता है।

3. प्रयोगशाला परीक्षण: विभिन्न पौधों से डीएनए नमूने लेकर देखा जाता है कि किस पौधे में वह मार्कर मौजूद है।

4. संकरण और चयन: मार्कर युक्त पौधों का परस्पर संकरण किया जाता है ताकि वांछित गुण अगली पीढ़ी में पहुँच सके।

5. नई किस्म का विकास: लगातार परीक्षण और चयन के बाद ऐसी नई किस्म तैयार होती है जिसमें वांछित गुण स्थायी रूप से आ जाते हैं।

कृषि में इसकी प्रमुख सफलताएं

आज भारत समेत कई देशों में इस तकनीक से कई फसलों की उन्नत किस्में तैयार की गई हैं।

1. चावल: भारत में IIRR द्वारा विकसित Swarna-Sub1 किस्म इसका उदाहरण है। इसमें "Sub1" जीन को जोड़ा गया है, जो पौधे को बाढ़ के दौरान जीवित रहने की क्षमता देता है। यह जीन मार्कर सहायतित तकनीक से पारंपरिक चावल में स्थानांतरित किया गया।

इंप्रूव्ड सांबा महसूरी (ISM): बैक्टीरियल ब्लाइट प्रतिरोध एवं 15- 30 % अधिक उपज हेतु जीन Xa21, xa13, xa5 को SSR मार्कर के माध्यम से सामान्य सांबा महसूरी किस्म में बैकग्राउंड सेलेक्शन से IIRR, कटक और CSIR-CCMB, हैदराबाद के

संयुक्त प्रयास से विकसित की गई है ,जो कम ग्लाइसेमिक इंडेक्स (GI = 50.9)होने से टाइप 2 मधुमेह रोगियों के लिए एक बेहतर विकल्प है।

2. गेहूँ: "रतुआ" नामक रोग से सुरक्षा के लिए Lr, Sr, और Yr जीन से जुड़े मार्कर का उपयोग किया गया। इसके परिणामस्वरूप कई रोग-प्रतिरोधक किस्में विकसित हुईं, जो उत्तर भारत में काफी सफल रही हैं।

3. मक्का: पोषण गुणवत्ता और सूखा-सहनशीलता बढ़ाने के लिए मार्कर आधारित चयन किया गया है। इससे "Quality Protein Maize" वाली Vivek QPM 9 जैसी किस्में बनीं जो अधिक पोषण देती हैं।

4. दलहन : चना और अरहर जैसी फसलों में "Fusarium wilt" रोग के प्रतिरोधी जीन की पहचान करके नई किस्में पूसा 372 (इंप्रूव्ड) एवं पूसा अरहर 16(हाइब्रिड) तैयार की गईं। इससे किसानों को अधिक स्थायी उत्पादन मिला।

5. कपास: फाइबर की गुणवत्ता सुधारने और कीटों के प्रति प्रतिरोधकता बढ़ाने के लिए मार्कर आधारित तकनीक का इस्तेमाल किया जा रहा है।

6. बाजरा: ICRISAT, हैदराबाद द्वारा डाउनी मिल्ड्यु प्रतिरोधी किस्म ICTP 8203 मार्कर सहायतित चयन द्वारा विकसित की गई है ।

7. तिलहन: मूंगफली में रस्ट और सरसों में अल्टरनेरिया ब्लाइट प्रतिरोधी किस्में क्रमशः GPBD 4 एवं पूसा मस्टर्ड 25 मार्कर असिस्टेड चयन से विकसित हुईं हैं।

भारत में अनुसंधान और पहल

भारत ने मार्कर सहायतित प्रजनन के क्षेत्र में उल्लेखनीय प्रगति की है।

मुख्य संस्थान जो इस दिशा में कार्यरत हैं:

- भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (ICAR)
- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान (IARI), नई दिल्ली
- राष्ट्रीय जैव प्रौद्योगिकी संस्थान (NABI), मोहाली
- अंतर्राष्ट्रीय अर्ध-शुष्क उष्णकटिबंधीय फसल अनुसंधान संस्थान (ICRISAT), हैदराबाद

इन संस्थानों के प्रयास से भारत में Pusa Basmati 1509, Swarna-Sub1, और HD 2967 जैसी सफल किस्में विकसित की गई हैं। इनका सीधा लाभ किसानों को उत्पादन बढ़ोतरी और रोग-प्रतिरोध के रूप में मिला है।

मार्करों के प्रकार

मार्कर कई प्रकार के होते हैं, जो तकनीकी दृष्टि से भिन्न हैं:

1. RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism)

खोजकर्ता: बॉटस्टीन, 1980

यह शुरुआती मार्कर तकनीक थी जिसमें डीएनए को रिस्ट्रिक्शन एंडोन्यूक्लिएस एंजाइम से काटकर विभिन्न पौधों के बीच अंतर देखा जाता है।

उदाहरण: धान की इंप्रूव्ड सांबा महसूरी किस्म में Xa21 जीन (बैक्टीरियल ब्लाइट प्रतिरोध) को RFLP मार्कर द्वारा जोड़ा गया।

2. RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA)

खोजकर्ता: विलियम्स, 1990

यह तकनीक डीएनए के यादृच्छिक हिस्सों को PCR द्वारा बढ़ाती है, जिससे पौधों के बीच आनुवंशिक अंतर को आसानी से पहचाना जा सकता है।

उदाहरण:चना में उखटा प्रतिरोधी लाइनों की पहचान RAPD मार्कर द्वारा की गई।

3. AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism)

खोजकर्ता: वॉस, 1995

यह तकनीक RFLP और RAPD दोनों की विशेषताओं को जोड़ती है। यह अत्यंत सटीक होती है और पौधों के जीनोम की "फिंगरप्रिंट" तैयार करती है।

उदाहरण:धान में सूखा-सहनशील जीनोटाइप की पहचान AFLP द्वारा की गई।

4. SNP (Single Nucleotide Polymorphism)

प्रवर्तक वैज्ञानिक: एरिक लैंडर, 1996

SNP मार्कर आधुनिक आणविक प्रजनन की रीढ़ हैं। इनमें डीएनए अनुक्रम के केवल एक बेस (A, T, G, C) में अंतर होता है, जो अत्यधिक स्थायी होता है।

उदाहरण:DRR Dhan 60 किस्म में Pi2 जीन (ब्लास्ट प्रतिरोध) का चयन SNP मार्कर से किया गया।

5. SSR (Simple Sequence Repeat / Microsatellite)

खोजकर्ता: लिट एवं लूटी तथा वेबर एवं मे, 1989

डीएनए में पाए जाने वाले छोटे-छोटे दोहरावदार अनुक्रम (1–6 बेस पेयर) SSR कहलाते हैं। यह तकनीक उच्च सटीकता और पुनरुत्पादकता के लिए जानी जाती है।

उदाहरण:पूसा बासमती 1121 की गुणवत्ता सुधार में SSR मार्करों का सफल उपयोग किया गया।

6. EST (Expressed Sequence Tags)

विकासकर्ता: ऐडम्स, 1991

यह मार्कर केवल सक्रिय (expressed) जीनों पर कार्य करता है। इससे पौधे में चल रही जीन गतिविधि को समझना आसान होता है।

उदाहरण:मूंगफली में सूखा-सहनशीलता से जुड़े जीनों की पहचान EST मार्करों द्वारा की गई।

7. ISSR (Inter Simple Sequence Repeat)

विकासकर्ता: ज़ीत्केविक्ज़, 1994

यह SSR आधारित तकनीक है जो दो माइक्रोसैटेलाइट क्षेत्रों के बीच के डीएनए खंड को बढ़ाकर विविधता पहचानती है।

उदाहरण:कपास (एमसीयू-5) की फिंगरप्रिंटिंग ISSR मार्कर से की गई।

8. SCAR (Sequence Characterized Amplified Region)

विकासकर्ता: परन और मिशेलमोर, 1993

यह RAPD से विकसित सटीक और पुनरुत्पादक मार्कर है। इसमें ज्ञात अनुक्रम वाले प्राइमर प्रयोग किए जाते हैं, जिससे परिणाम अधिक विश्वसनीय होते हैं।

उदाहरण: पूसा बासमती 1 (इंप्रूव्ड) में Xa13 और Xa21 जीन SCAR मार्कर द्वारा टैग किए गए (ICAR–IARI)।

मुख्य लाभ

1. समय की बचत: पारंपरिक पद्धति में जहाँ वर्षों लगते हैं, वहीं इस तकनीक से कुछ ही समय में नई किस्म तैयार हो जाती है।

2. सटीकता: चयन पूरी तरह डीएनए स्तर पर होता है, जिससे त्रुटियों की संभावना नगण्य रहती है।

3. अधिक उत्पादकता: नई किस्में रोग-प्रतिरोधक और जलवायु-अनुकूल होती हैं, जिससे उपज में वृद्धि होती है।

4. पर्यावरणीय संतुलन: कीटनाशक और रासायनिक दवाओं पर निर्भरता घटती है।

5. किसानों की आमदनी में सुधार: बेहतर फसल गुणवत्ता और स्थायी उत्पादन के कारण किसान को आर्थिक लाभ मिलता है।

कुछ चुनौतियाँ

जहाँ यह तकनीक अत्यंत उपयोगी है, वहीं इसके सामने कुछ व्यावहारिक चुनौतियाँ भी हैं:

- महंगे उपकरण और प्रयोगशालाएँ: DNA परीक्षण के लिए उन्नत लैब की आवश्यकता होती है।
- प्रशिक्षित मानव संसाधन की कमी: ग्रामीण क्षेत्रों में विशेषज्ञों की उपलब्धता सीमित है।
- तकनीकी जानकारी का अभाव: किसानों तक इस तकनीक का लाभ अभी पर्याप्त रूप से नहीं पहुँच पाया है।
- सरकारी नीति और निवेश: अनुसंधान को गति देने के लिए और अधिक वित्तीय सहयोग आवश्यक है।

भविष्य की संभावनाएँ

मार्कर सहायतित प्रजनन का भविष्य अत्यंत उज्ज्वल है। जैसे-जैसे जीनोमिक चयन (Genomic Selection), कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) और डेटा विश्लेषण का उपयोग कृषि अनुसंधान में बढ़ेगा, वैसे-वैसे यह तकनीक और सटीक बनेगी।अब दिशा परिशुद्ध कृषि (Precision Farming) की ओर है — अर्थात खेत से लेकर प्रयोगशाला तक, हर निर्णय वैज्ञानिक आँकड़ों पर आधारित होगा। भविष्य में किसान अपने मोबाइल पर यह जान सकेगा कि कौन-सी किस्म उसकी मिट्टी, जलवायु और बाजार के हिसाब से सबसे उपयुक्त है। परिशुद्ध कृषि के साथ मार्कर-सहायतित प्रजनन का समन्वय फसल सुधार को अधिक सटीक, तीव्र और टिकाऊ दिशा प्रदान करेगा। भारत में यदि

इस दिशा में निवेश और प्रशिक्षण को बढ़ावा दिया गया, तो आने वाले दशक में हम पूरी तरह से आनुवंशिक रूप से सशक्त फसलों का देश बन सकते हैं।

किसान की दृष्टि से महत्व

किसान के लिए इस तकनीक का सबसे बड़ा लाभ है विश्वसनीयता। जब उसे यह भरोसा हो कि बीज में रोग-प्रतिरोधक जीन मौजूद है, तो वह कम जोखिम में बेहतर उत्पादन ले सकता है। इससे खेती अधिक टिकाऊ बनती है, लागत घटती है और लाभ बढ़ता है। एक उदाहरण मध्यप्रदेश के किसान शिवराम सिंह का है, जिन्होंने "Swarna-Sub1" किस्म अपनाई। पहले बाढ़ आने पर पूरी फसल नष्ट हो जाती थी, लेकिन नई किस्म ने पानी में भी उपज दी। उनके अनुसार, "अब खेती में भरोसा लौटा है; फसल डूबती नहीं, बल्कि तैरती है।"

निष्कर्ष

मार्कर सहायतित प्रजनन आधुनिक कृषि विज्ञान का वह अध्याय है जिसने खेती को प्रयोगशाला से जोड़ा है। यह केवल वैज्ञानिक उपलब्धि नहीं, बल्कि किसानों की उम्मीदों का नया आधार है। इस तकनीक ने यह साबित कर दिया है कि विज्ञान और परंपरा जब साथ चलते हैं, तो परिणाम केवल प्रयोगशाला तक सीमित नहीं रहते — वे खेत की लहराती बालियों में झलकते हैं। आने वाले वर्षों में जब हर पौधे की आनुवंशिक पहचान हमारे पास होगी, तब खेती न केवल अधिक उत्पादक, बल्कि पर्यावरण के अनुकूल और टिकाऊ भी बनेगी। इस प्रकार, मार्कर सहायतित प्रजनन भारत के कृषि भविष्य को नई दिशा देने वाली एक नव क्रांति है।

"मार्कर सहायतित प्रजनन केवल तकनीक नहीं, वह पुल है जो उम्मीदों को प्रयोगशाला से खेत तक पहुँचाता है।"