http://krishipravahika.vitalbiotech.org/

कृषि प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका

e-ISSN: 2583 – 0430

कृषि-प्रवाहिका: ई-समाचार पत्रिका, (2026) वर्ष 6, अंक 7, 47-49

Article ID:622

बीज से समृद्धि तक: पादप आनुवंशिकी की नई दिशा

डॉ. माधुरी सिंह[1], डॉ. सुजीत[2]

[1]अतिथि संकाय, आनुवंशिकी एवं पादप प्रजनन विभाग, उद्यानिकी महाविद्यालय एवंअनुसंधान केन्द्र, रामानुजगंज, छत्तीसगढ़-497220

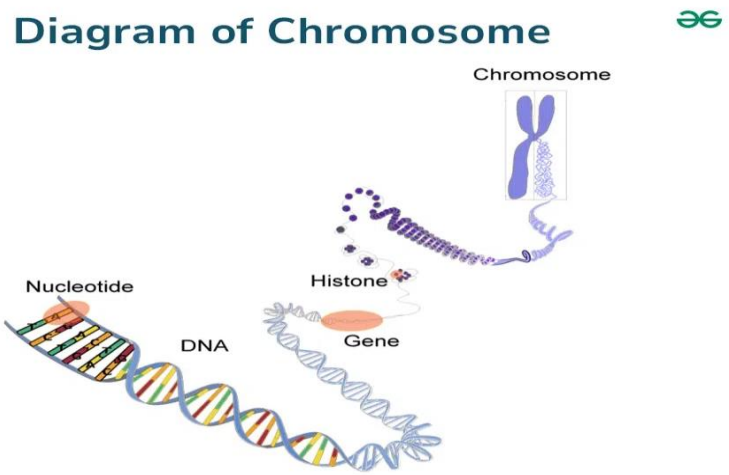
[2]अतिथि संकाय, आनुवंशिकी एवं पादप प्रजनन विभाग, उद्यानिकी महाविद्यालय एवं अनुसंधान केन्द्र, चिरमिरी, छत्तीसगढ़-497442

***अनुरूपी लेखक**

डॉ. माधुरी सिंह*

भारत जैसे कृषि-प्रधान देश में लगभग 55% जनसंख्या प्रत्यक्ष अथवा अप्रत्यक्ष रूप से खेती पर निर्भर है (FAO, 2023). जनसंख्या वृद्धि, घटते कृषि योग्य क्षेत्र, बदलती जलवायु और नई-नई कीट-रोग समस्याओं ने पारंपरिक कृषि पद्धतियों के सामने गंभीर चुनौतियाँ खड़ी की हैं। संयुक्त राष्ट्र के अनुमान के अनुसार वर्ष 2050 तक विश्व की खाद्य माँग वर्तमान से लगभग 60% अधिक होगी (UN DESA, 2022). इस माँग को टिकाऊ ढंग से पूरा करने के लिए हमें ऐसी फसल किस्मों की आवश्यकता है जो अधिक उपज दें, कम पानी में उगें, कीटों-रोगों से लड़ सकें और पोषण से भरपूर हों। यहीं पर पादप आनुवंशिकी की भूमिका निर्णायक हो जाती है।

Mendel (1866) द्वारा मटर के पौधों पर किए गए प्रयोगों से आरम्भ हुई आनुवंशिकी की यात्रा आज जीनोमिक्स, ट्रांसक्रिप्टोमिक्स एवं जीन-संपादन के युग तक पहुँच चुकी है। Watson और Crick (1953) द्वारा DNA की द्विकुण्डलित संरचना की खोज के बाद इस विज्ञान ने असीम गति पकड़ी। इस लेख में हम उन प्रमुख आधुनिक तकनीकों की चर्चा करेंगे जो "बीज से समृद्धि तक" की यात्रा को गति दे रही हैं।



चित्र 1: गुणसूत्र (Chromosome) की संरचना — न्यूक्लियोटाइड, DNA, हिस्टोन एवं जीन का पदानुक्रम (GeeksforGeeks, 2024).

पादप आनुवंशिकी: आधारभूत समझ

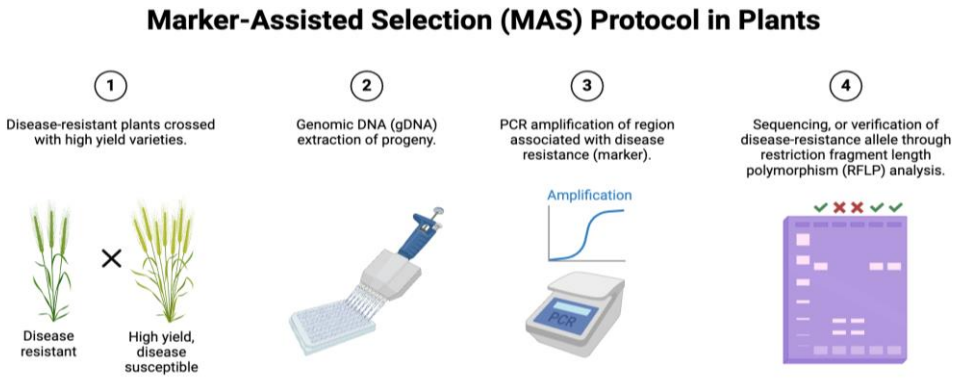
प्रत्येक पौधे की कोशिका में गुणसूत्रों (Chromosomes) के भीतर DNA अणु उपस्थित होते हैं, जिनमें जीन (Genes) सूचना के रूप में संचित रहते हैं। ये जीन पौधे के गुणों — जैसे ऊँचाई, पत्तियों का आकार, फूलों का रंग, उपज क्षमता एवं रोग प्रतिरोधकता — का निर्धारण करते हैं (Griffiths et al., 2020). पादप आनुवंशिकी इसी वंशागति

(Heredity) एवं विविधता (Variation) का वैज्ञानिक अध्ययन है। जब हम वांछित गुणों वाले जीनों की पहचान कर उन्हें एक किस्म से दूसरी में स्थानांतरित करते हैं, तो यह प्रक्रिया पादप प्रजनन (Plant Breeding) कहलाती है।

पारंपरिक प्रजनन से आणविक प्रजनन तक

20वीं शताब्दी के मध्य तक फसल सुधार मुख्यतः चयन (Selection) एवं संकरण (Hybridization) पर आधारित था। हरित क्रांति (Green Revolution) के दौरान Borlaug (1970) द्वारा विकसित अर्ध-बौनी गेहूँ किस्मों ने भारत की खाद्य सुरक्षा की नींव रखी। परन्तु पारंपरिक प्रजनन में एक नई किस्म विकसित करने में 10–12 वर्ष लग जाते थे और गुणों का चयन "फेनोटाइप" (दिखावटी लक्षण) पर आधारित होने से समय और श्रम दोनों अधिक लगते थे।

आणविक मार्करों (Molecular Markers) की खोज ने इस परिदृश्य को बदल दिया। मार्कर-सहायक चयन या Marker-Assisted Selection (MAS) में DNA स्तर पर वांछित जीन की उपस्थिति की जाँच बीज या पौध अवस्था में ही कर ली जाती है, जिससे प्रजनन चक्र 40–50% तक छोटा हो जाता है (Hasan et al., 2021). भारत में IARI द्वारा विकसित बासमती चावल की किस्म "Pusa Basmati 1121" तथा जीवाणु झुलसा रोग-प्रतिरोधी "Improved Samba Mahsuri" इसके प्रत्यक्ष उदाहरण हैं।

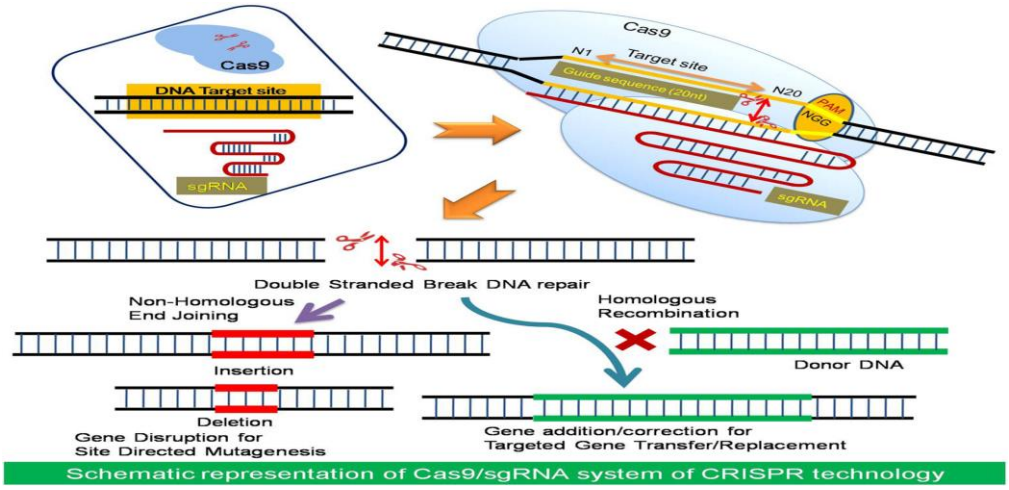


चित्र 2: मार्कर-सहायक चयन (MAS) की चार-चरणीय कार्य-प्रणाली:
संकरण → gDNA निष्कर्षण → PCR प्रवर्धन → RFLP द्वारा सत्यापन (BioRender, 2024).

CRISPR-Cas9: जीन-संपादन की क्रांति

पिछले दशक की सबसे बड़ी वैज्ञानिक उपलब्धियों में CRISPR-Cas9 तकनीक शामिल है, जिसके लिए Doudna और Charpentier को वर्ष 2020 का रसायन विज्ञान का नोबेल पुरस्कार प्रदान किया गया (Nobel Prize, 2020). यह तकनीक एक "आणविक कैंची" की भाँति कार्य करती है — गाइड RNA (sgRNA) की सहायता से Cas9 एन्ज़ाइम DNA के ठीक उसी स्थान पर कटान करता है जहाँ परिवर्तन वांछित हो। इसके बाद कोशिका की मरम्मत तंत्र (NHEJ अथवा HDR) द्वारा जीन को बदला, हटाया अथवा जोड़ा जा सकता है (Bortesi & Fischer, 2015).

कृषि में इसके अनुप्रयोग तेजी से बढ़ रहे हैं: सूखा-सहिष्णु चावल, ब्राउनिंग-रहित मशरूम, ग्लूटेन-मुक्त गेहूँ, और अधिक उपज देने वाला टमाटर CRISPR के प्रत्यक्ष उदाहरण हैं (Zaidi et al., 2020). जापान ने वर्ष 2021 में CRISPR-संपादित उच्च-GABA टमाटर को व्यावसायिक बिक्री की अनुमति दी — यह विश्व का पहला जीन-संपादित खाद्य उत्पाद है (Waltz, 2022). भारत में ICAR ने वर्ष 2022 में SDN-1 एवं SDN-2 प्रकार के जीनोम-एडिटेड पौधों को GMO नियमों से छूट देकर अनुसंधान को गति दी है।



चित्र 3: Cas9/sgRNA तंत्र द्वारा DNA में लक्षित कटान एवं मरम्मत (NHEJ/HR) की सचित्र रूपरेखा (Jaganathan et al., 2018 — Frontiers in Plant Science).

जीनोमिक चयन एवं स्पीड ब्रीडिंग

अगली पीढ़ी की अनुक्रमण तकनीक (NGS) के आगमन से पूरे जीनोम को कुछ दिनों में पढ़ना सम्भव हो गया है। जीनोमिक चयन (Genomic Selection) में हजारों SNP मार्करों के आधार पर उन पौधों का चुनाव किया जाता है जिनमें वांछित गुणों की अनुमानित क्षमता (Genomic Estimated Breeding Value) सर्वाधिक हो (Meuwissen et al., 2001). इसके साथ ही "स्पीड ब्रीडिंग" (Speed Breeding) — नियंत्रित प्रकाश और तापमान द्वारा प्रति वर्ष 4–6 पीढ़ियाँ लेने की विधि — पारंपरिक ब्रीडिंग की गति को कई गुना बढ़ा रही है (Watson et al., 2018).

भविष्य की दिशा एवं सामाजिक निहितार्थ

जलवायु परिवर्तन के इस युग में हमें ऐसी किस्मों की आवश्यकता है जो सूखा, लवणता, ऊष्मा तथा नए रोगजनकों का सामना कर सकें। पादप आनुवंशिकी इन चुनौतियों का सटीक समाधान प्रस्तुत करती है। बायोफोर्टिफिकेशन (Biofortification) के माध्यम से आयरन एवं जिंक-समृद्ध बाजरा एवं गेहूँ की किस्में विकसित हो चुकी हैं (HarvestPlus, 2023), जो कुपोषण से लड़ने में सहायक हैं। साथ ही, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) एवं फेनोटाइपिंग रोबोटिक्स के समावेश से "जीनोम-टू-फील्ड" (Genome-to-Field) कार्यक्रम गति पकड़ रहे हैं।

हालाँकि, इन नवाचारों को अपनाते समय जैव-सुरक्षा, नैतिकता एवं किसानों के "बीज पर अधिकार" जैसे प्रश्नों का समुचित समाधान भी आवश्यक है। सार्वजनिक जागरूकता, पारदर्शी नियमन तथा किसान-वैज्ञानिक साझेदारी ही सुनिश्चित करेगी कि तकनीकी लाभ खेत तक पहुँचें।

निष्कर्ष

बीज एक अकेला दाना नहीं, बल्कि सम्पूर्ण कृषि व्यवस्था का आनुवंशिक अभिलेखागार है। पादप आनुवंशिकी की नई दिशाएँ — MAS, जीनोमिक चयन, CRISPR तथा स्पीड ब्रीडिंग — इस अभिलेखागार को समृद्ध कर रही हैं और "बीज से समृद्धि तक" की यात्रा को छोटा एवं सुनिश्चित बना रही हैं। यदि इन तकनीकों को नैतिक, समावेशी एवं टिकाऊ ढंग से अपनाया जाए, तो भारत का किसान 21वीं सदी की खाद्य सुरक्षा का ध्वजवाहक बन सकता है। यही सच्ची "जीन क्रांति" (Gene Revolution) होगी — जहाँ प्रत्येक बीज में एक हरित एवं समृद्ध भविष्य का वादा छिपा हो।