



एग्री आर्टिकल्स

(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)

वर्ष: 06, अंक: 02 (मार्च-अप्रैल, 2026)

www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध

© एग्री आर्टिकल्स, आई. एस. एस. एन.: 2582-9882

ट्रांसप्लास्टिडोमिक तकनीक: सुरक्षित एवं उन्नत फसल सुधार की नई दिशा

कुमारी रेखा¹, प्रीति सुन्दरम¹, मोहम्मद इमरान¹, सतीश कुमार² एवं *एस.एम. रहमान¹

¹सहायक प्रोफेसर-सह-कनिष्ठ वैज्ञानिक, बिहार कृषि विश्वविद्यालय, सबौर, भागलपुर, बिहार

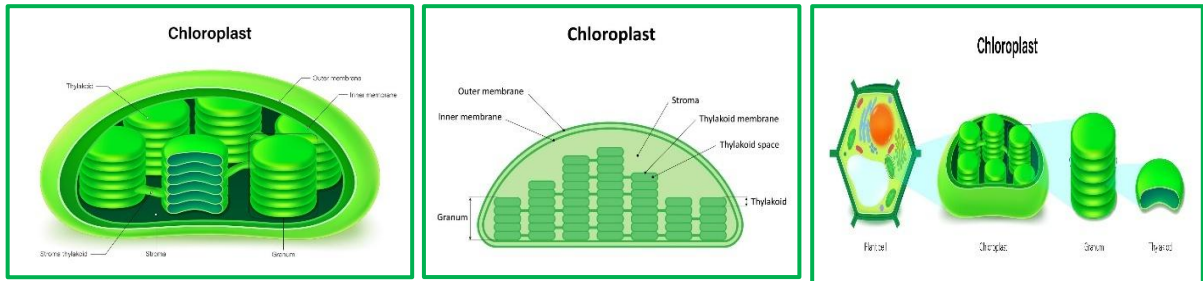
²सह-प्रोफेसर सह वरिष्ठ वैज्ञानिक, बिहार कृषि विश्वविद्यालय, सबौर, भागलपुर, बिहार

*संवादी लेखक का ईमेल पता: rehmanbau@gmail.com

आधुनिक कृषि आज वैश्विक स्तर पर खाद्य एवं पोषण सुरक्षा से जुड़ी अनेक परस्पर संबंधित चुनौतियों का सामना कर रही है। कृषि योग्य भूमि और मीठे पानी के संसाधनों की उपलब्धता लगातार घट रही है, जबकि दूसरी ओर जनसंख्या तेजी से बढ़ रही है। इसके साथ ही जलवायु परिवर्तन के कारण सूखा, लवणता, अत्यधिक तापमान तथा नए कीट-रोगों का प्रकोप बढ़ रहा है, जिससे फसल उत्पादन पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है (FAO, 2021)। परंपरागत पौध प्रजनन (Plant Breeding) तकनीकों के माध्यम से नई किस्मों का विकास संभव है, लेकिन इसमें काफी समय लगता है। इसमें कई पीढ़ियों तक चयन, मूल्यांकन और खेत परीक्षण की आवश्यकता होती है (Acquaah, 2012)। इसलिए आधुनिक कृषि में जैव प्रौद्योगिकी आधारित तकनीकों का महत्व तेजी से बढ़ रहा है। उन्नत आनुवंशिक इंजीनियरिंग तकनीकों के माध्यम से पौधों में लक्षित गुण जैसे कीट-प्रतिरोध, रोग-सहिष्णुता, सूखा सहनशीलता तथा पोषण गुणवत्ता में सुधार किया जा सकता है। इससे जलवायु-अनुकूल और उच्च उत्पादकता वाली फसल किस्मों के विकास में तेजी आती है (Bock, 2015)। इसलिए भविष्य की खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने तथा टिकाऊ कृषि विकास को बढ़ावा देने के लिए ट्रांसप्लास्टिडोमिक इंजीनियरिंग जैसी नवीन फसल प्रौद्योगिकियों को अपनाना अत्यंत आवश्यक है, जो फसल सुधार के लिए एक सुरक्षित और प्रभावी विकल्प के रूप में उभर रही है।

1. ट्रांसप्लास्टिडोमिक तकनीक क्या है?

पौधों की कोशिकाओं में क्लोरोप्लास्ट नामक सूक्ष्म संरचनाएँ होती हैं, जो प्रकाश संश्लेषण द्वारा पौधों के लिए भोजन और ऊर्जा का निर्माण करती हैं। क्लोरोप्लास्ट का अपना अलग डीएनए होता है जिसे प्लास्टिड जीनोम कहा जाता है, जो नाभिकीय जीनोम से भिन्न होता है। यही विशेषता उन्हें आनुवंशिक इंजीनियरिंग के लिए एक अनूठा लक्ष्य बनाती है। सामान्य आनुवंशिक परिवर्तन तकनीकों में विदेशी जीनों को पौधे के नाभिकीय डीएनए में डालने प्रविष्ट कराया जाता है, लेकिन ट्रांसप्लास्टिडोमिक तकनीक में विदेशी जीन सीधे क्लोरोप्लास्ट के डीएनए में प्रविष्ट कराए जाते हैं (Maliga, 2004)। इस प्रकार विकसित पौधों को ट्रांसप्लास्टिडोमिक पौधे कहा जाता है। प्लास्टिड जीनोम परिवर्तन का एक प्रमुख लाभ यह है कि प्रत्येक कोशिका में क्लोरोप्लास्ट के जीनोम की अनेक प्रतियाँ होती हैं। इसके कारण प्रविष्ट किए गए जीनों की अभिव्यक्ति उच्च स्तर पर होती है और प्रोटीन का उत्पादन नाभिकीय परिवर्तन की तुलना में अधिक होता है (Bock, 2015)। सरल शब्दों में कहा जाए तो पौधों की कोशिका का नाभिक मुख्य नियंत्रण केंद्र होता है, जबकि क्लोरोप्लास्ट ऊर्जा उत्पादन की इकाई के रूप में कार्य करता है। इसलिए क्लोरोप्लास्ट के आनुवंशिक तंत्र में सुधार करके पौधों के प्रदर्शन को बेहतर बनाया जा सकता है। इस तकनीक का मुख्य लाभ यह है, कि एक पौधों की कोशिका में अनेक क्लोरोप्लास्ट होते हैं और प्रत्येक क्लोरोप्लास्ट में जीनोम की कई प्रतियाँ होती हैं। इसलिए इसमें डाले गए जीन अधिक मात्रा में प्रोटीन का उत्पादन कर सकते हैं।



चित्र 1: पौध कोशिका और क्लोरोप्लास्ट की संरचना

2. क्लोरोप्लास्ट आनुवंशिक इंजीनियरिंग के लिए विशेष क्यों हैं?

क्लोरोप्लास्ट अपनी विशिष्ट संरचना और कार्यात्मक विशेषताओं के कारण आनुवंशिक परिवर्तन के लिए अत्यंत उपयुक्त लक्ष्य माने जाते हैं। नाभिकीय जीनोम के विपरीत, क्लोरोप्लास्ट का अपना स्वतंत्र डीएनए होता है, जो प्रत्येक क्लोरोप्लास्ट में कई प्रतियों में मौजूद रहता है। एक पौधे के कोशिका में सैकड़ों से हजारों क्लोरोप्लास्ट जीनोम प्रतियाँ हो सकती हैं (Maliga, 2004)। जीनोम प्रतियों की अधिक संख्या के कारण ट्रांसजीन की अभिव्यक्ति में वृद्धि होती है और बड़ी मात्रा में प्रोटीन उत्पादन संभव हो जाता है (Bock, 2015)।

इसके अतिरिक्त, प्लास्टिड जीनोम में ट्रांसजीन का समावेशन सामान्यतः होमोलॉगस रिकॉम्बिनेशन के माध्यम से विशिष्ट स्थान पर होता है। इससे जीन की अभिव्यक्ति स्थिर और पूर्वानुमेय रहती है। इसके विपरीत नाभिकीय जीन परिवर्तन में जीन का समावेशन अनियमित स्थानों पर हो सकता है, जिससे जीन साइलेंसिंग जैसी समस्याएँ उत्पन्न हो सकती हैं (Daniell et al., 2002)। इस प्रकार क्लोरोप्लास्ट इंजीनियरिंग मजबूत और स्थिर जीन अभिव्यक्ति प्राप्त करने के लिए एक प्रभावी मंच प्रदान करती है।

3. ट्रांसप्लास्टिडोमिक फसलों के प्रमुख लाभ

(i) **उपयोगी प्रोटीन का अधिक उत्पादन:** क्लोरोप्लास्ट जीनोम की कई प्रतियों के कारण प्रविष्ट जीनों की अभिव्यक्ति बहुत उच्च स्तर पर होती है (Bock, 2015; Maliga, 2004)। इस तकनीक के माध्यम से कृषि, औद्योगिक और औषधीय महत्व के अनेक प्रोटीनों का उत्पादन किया जा सकता है। उदाहरण के लिए क्लोरोप्लास्ट इंजीनियरिंग द्वारा विकसित पौधों में Bt (*Bacillus thuringiensis*) प्रोटीन का उत्पादन कराया गया है, जो कीटों के विरुद्ध प्रभावी सुरक्षा प्रदान करता है (Daniell et al., 2002)। इसके अतिरिक्त औद्योगिक एंजाइम, वैक्सीन एंटीजन और चिकित्सीय प्रोटीन भी पौधों में उत्पादित किए जा सकते हैं (Daniell et al., 2009)।

(ii) **मातृ वंशानुगतता के कारण अधिक जैव-सुरक्षा:** अधिकांश पुष्पीय पौधों में क्लोरोप्लास्ट का वंशानुगत संचरण मुख्यतः मातृ पक्ष से होता है। अर्थात् क्लोरोप्लास्ट सामान्यतः पराग (pollen) के माध्यम से नहीं फैलते (Maliga, 2004)। इस कारण क्लोरोप्लास्ट जीनोम में प्रविष्ट ट्रांसजीन का पराग के माध्यम से अन्य फसलों या जंगली प्रजातियों में फैलने की संभावना बहुत कम हो जाती है (Daniell et al., 2002)। इससे पर्यावरणीय जोखिम कम होता है।

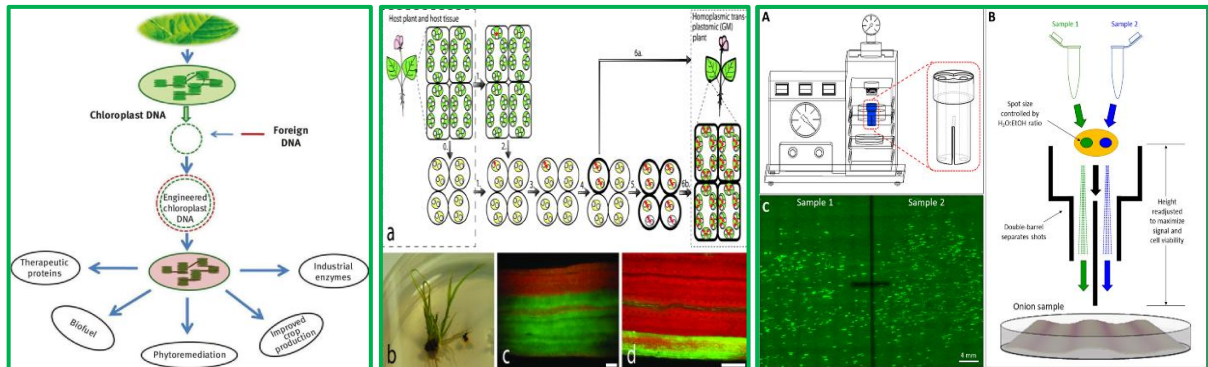
(iii) **एक साथ कई जीनों का समावेशन:** क्लोरोप्लास्ट जीनोम में एक ही परिवर्तन प्रक्रिया में कई जीनों को एक साथ प्रविष्ट कराया जा सकता है। इसे **मल्टी-जीन इंजीनियरिंग** कहा जाता है (Bock, 2015)। यह विशेषता पोषण संवर्धन (biofortification) जैसी जटिल प्रक्रियाओं के लिए अत्यंत उपयोगी है। उदाहरण के लिए विटामिन संश्लेषण से संबंधित कई जीनों को एक साथ प्रविष्ट कर पोषक तत्वों से भरपूर फसल विकसित की जा सकती है (Daniell et al., 2009)।

(iv) **कीट और रोगों के प्रति अधिक प्रतिरोध:** ट्रांसप्लास्टिडोमिक फसलों में कीटों, फफूंद, बैक्टीरिया तथा वायरस के विरुद्ध प्रतिरोध विकसित करने की क्षमता होती है। क्लोरोप्लास्ट में Bt प्रोटीन की उच्च अभिव्यक्ति से प्रभावी कीट नियंत्रण संभव हुआ है (Daniell et al., 2002)।

(v) **जलवायु तनावों के प्रति सहनशीलता:** क्लोरोप्लास्ट इंजीनियरिंग के माध्यम से सूखा, लवणता तथा अत्यधिक तापमान जैसे अजैविक तनावों के प्रति सहनशीलता बढ़ाई जा सकती है। यह विशेष रूप से जलवायु परिवर्तन के वर्तमान दौर में अत्यंत महत्वपूर्ण है (FAO, 2021)।

(vi) **स्थिर जीन अभिव्यक्ति:** क्लोरोप्लास्ट में जीन का समावेशन एक निश्चित स्थान पर होता है, जिससे जीन की अभिव्यक्ति स्थिर रहती है (Maliga, 2004; Bock, 2015)। इससे कई पीढ़ियों तक समान स्तर की अभिव्यक्ति बनी रहती है।

(vii) **प्रकाश संश्लेषण और उत्पादन में सुधार:** क्योंकि क्लोरोप्लास्ट प्रकाश संश्लेषण का मुख्य केंद्र है, इसलिए इसके जीनोम में सुधार करके पौधों की प्रकाश संश्लेषण क्षमता बढ़ाई जा सकती है, जिससे फसल की उत्पादकता में वृद्धि संभव है।



चित्र 2 : ट्रांसप्लास्टिडोमिक तकनीक की प्रक्रिया

4. सीमाएँ और वर्तमान चुनौतियाँ

हालाँकि ट्रांसप्लास्टिडोमिक तकनीक में अत्यधिक संभावनाएँ हैं, फिर भी इसके व्यापक उपयोग में कुछ तकनीकी बाधाएँ मौजूद हैं।

- अभी तक यह तकनीक मुख्यतः कुछ मॉडल पौधों जैसे तंबाकू (*Nicotiana tabacum*) में ही सफलतापूर्वक विकसित की गई है (Maliga, 2004; Bock, 2015)।
- चावल और गेहूँ जैसी प्रमुख खाद्यान्न फसलों में क्लोरोप्लास्ट परिवर्तन अभी भी कठिन है।

इसके प्रमुख कारण हैं:

- प्रभावी परिवर्तन विधियों की कमी
- प्रजाति-विशिष्ट जैविक बाधाएँ
- परिवर्तित ऊतकों से उर्वर पौधों का पुनर्जनन कठिन होना (Daniell et al., 2002)

इसलिए भविष्य में प्लास्टिड परिवर्तन तकनीकों, ऊतक संवर्धन विधियों तथा फसल-विशिष्ट अनुकूलन पर और अधिक शोध की आवश्यकता है।

5. भविष्य की संभावनाएँ

ट्रांसप्लास्टिडोमिक तकनीक भविष्य में कृषि और स्वास्थ्य क्षेत्र में कई महत्वपूर्ण योगदान दे सकती है, जैसे:

- विटामिन और सूक्ष्म पोषक तत्वों से समृद्ध फसलों के विकास के माध्यम से पोषण सुरक्षा में सुधार किया जा सकता है।
- सूखा, लवणता और उच्च तापमान जैसी परिस्थितियों के प्रति सहनशील फसलें विकसित की जा सकती हैं।
- क्लोरोप्लास्ट की उच्च जीन अभिव्यक्ति क्षमता का उपयोग करके कम लागत में औषधीय प्रोटीन, औद्योगिक एंजाइम, वैक्सीन एंटीजन का उत्पादन किया जा सकता है (Daniell et al., 2009)।

निष्कर्ष

ट्रांसप्लास्टिडोमिक इंजीनियरिंग आधुनिक जैव-प्रौद्योगिकी की एक उन्नत और सुरक्षित तकनीक है, जो फसल सुधार के लिए नए अवसर प्रदान करती है। इसके माध्यम से उच्च उत्पादकता, बेहतर पोषण गुणवत्ता, कीट-रोग प्रतिरोध तथा जलवायु सहनशीलता वाली फसलें विकसित की जा सकती हैं। हालाँकि अभी कुछ तकनीकी चुनौतियाँ मौजूद हैं, लेकिन निरंतर अनुसंधान और तकनीकी विकास के माध्यम से यह तकनीक भविष्य में टिकाऊ कृषि और खाद्य सुरक्षा के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण सिद्ध हो सकती है।