

जीन एडिटिंग: मक्का सुधार हेतु भविष्य

ममता गुप्ता¹, कृष्ण कुमार² एवं आला सिंह¹

¹भाकृअनुप—भारतीय मक्का अनुसंधान संस्थान, लुधियाना (पंजाब)

²भाकृअनुप—भारतीय मक्का अनुसंधान संस्थान, दिल्ली इकाई (नई दिल्ली)

संवादी लेखक का ई-मेल: mamta.gupta@icar.gov.in

परिचय

मक्का, जिसे मकई के रूप में भी जाना जाता है, दुनिया भर में सबसे महत्वपूर्ण फसलों में से एक है। यह एक बहुमुखी अनाज फसल है जिसका उपयोग खाद्य और चारा उत्पादन से लेकर जैव ईंधन बनाने और औद्योगिक उपयोगों में होता है। जैसे-जैसे वैश्विक आबादी बढ़ती जा रही है, मक्का की मांग भी बढ़ती जा रही है, जिससे इसकी उपज, उत्पादन, पोषण मूल्य और विभिन्न चुनौतियों के प्रति सहनशीलता (स्ट्रेस टॉलरेंस) बढ़ाना महत्वपूर्ण हो गया है। यद्यपि पारंपरिक प्रजनन विधियों ने मक्का सुधार में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है, लेकिन उनकी प्रभावशीलता अक्सर लंबे प्रजनन चक्र और मक्का के पौधों की जटिल आनुवंशिक संरचना जैसी सीमाओं से बाधित होती हैं। हालांकि, हाल के वर्षों में, जीन एडिटिंग तकनीक के आगमन/खोज ने इन बाधाओं को दूर करने के लिए वैज्ञानिकों को एक शक्तिशाली तकनीक प्रदान की है। जीन एडिटिंग तकनीक वांछित गुणों को बढ़ाने के लिए मक्का जीनोम में लक्षित संशोधनों को सक्षम करने के लिए एक सटीक/स्पष्ट और कुशल विकल्प प्रस्तुत करता है। यह सफलता प्रौद्योगिकी वैज्ञानिकों के लिए नए दरवाजे खोल रही है और मक्का सुधार में क्रांति का मार्ग प्रशस्त कर रही है। यह लेख जीन एडिटिंग तकनीकों की अपार क्षमताओं के साथ-साथ मक्का उत्पादन के भविष्य पर उनके संभावित प्रभाव पर प्रकाश डालता है।

जीन एडिटिंग :

जीन एडिटिंग एक ऐसी विधि है जो वैज्ञानिकों को किसी जीव के डीएनए में सटीक संशोधन करने की अनुमति देती है। सबसे व्यापक रूप से इस्तेमाल की जाने वाली जीन एडिटिंग तकनीकों में से एक CRISPR-Cas9/क्रिस्पर-कैस9 (क्लस्टर्ड रेगुलरली इंटरस्पेस्ड शॉर्ट पालिंड्रोमिक रिपीट) तकनीक है जिसकी वैज्ञानिकों द्वारा वर्ष 2012 में खोज की गई थी। यह तकनीक जीवाणु प्रतिरक्षा प्रणाली (Bacterial immune System) का एक

महत्वपूर्ण हिस्सा है। CRISPR-Cas9/क्रिस्पर-कैस9 आणविक कैंची के रूप में कार्य करता है जो किसी जीव के जीनोम के भीतर विशिष्ट जीन को लक्षित कर सकता है। इस तकनीक के माध्यम से संपूर्ण आनुवंशिक कोड में से लक्षित हिस्सों (विशिष्ट हिस्सों) या विशेष स्थान पर DNA की एडिटिंग की जा सकती है। यह प्रक्रिया आरएनए के एक छोटे टुकड़े को डिजाइन करने से शुरू होती है जिसे गाइड आरएनए कहा जाता है, जो लक्ष्य/वांछित जीन अनुक्रम का पूरक है। गाइड आरएनए कैस9 एंजाइम से जुड़ता है, और एक कॉम्प्लेक्स/सम्मिश्र बनाता है जो लक्षित जीन को पहचान और बांध सकता है। एक बार जब कैस9-गाइड आरएनए कॉम्प्लेक्स लक्ष्य जीन से जुड़ जाता है, तो कैस9 एंजाइम डीएनए को एक विशिष्ट स्थान पर काट देता है। यह एक डबल-स्ट्रैंडेड डीएनए ब्रेक बनाता है, जो सेल/कोशिका की प्राकृतिक डीएनए मरम्मत तंत्र को ट्रिगर/सक्रिय करता है। डबल स्ट्रैंडेड ब्रेक की मरम्मत त्रुटि प्रवण (error-prone) नॉन होमोलॉगस एंड जॉइनिंग (एनएचईजे) या त्रुटि रहित (error-free) होमोलॉजी डायरेक्टेड रिपेयर (एचडीआर) तंत्र द्वारा की जा सकती है। एनएचईजे मरम्मत प्रक्रिया जीन के लक्षित क्षेत्र/भाग में निवेशन (insertions) या विलोपन (deletions) (इंडल्स/Indels) उत्पन्न करता है। जबकि एचडीआर मरम्मत प्रक्रिया में शोधकर्ता वांछित संशोधन युक्त एक डीएनए टेम्पलेट समाविष्ट करते हैं, जिसका उपयोग कोशिका द्वारा क्षतिग्रस्त डीएनए स्ट्रैंड की मरम्मत करने के लिए किया जाता है। इस मरम्मत प्रक्रिया से लक्ष्य जीन में सटीक परिवर्तन हो सकते हैं, जैसे जीन सम्मिलन, विलोपन या प्रतिस्थापन। क्रिस्पर-कैस9 जैसी जीन एडिटिंग विधियाँ सटीक और दक्षता का एक उल्लेखनीय स्तर प्रदान करती हैं, जिससे वैज्ञानिक विशिष्ट जीनों को अभूतपूर्व सटीकता के साथ संशोधित कर सकते हैं (चित्र 1)। इस तकनीक के अनुप्रयोग ने आनुवंशिक अभियांत्रिकी के क्षेत्र में एक क्रांतिकारी बदलाव आया है।



मक्का सुधार में जीन एडिटिंग के लाभ: उपज में वृद्धि:

जीन एडिटिंग की प्रक्रिया के माध्यम से, वैज्ञानिकों के पास मक्का में उपज-संबंधी लक्षणों से संबंधित विशिष्ट जीन को सटीक रूप से संशोधित कर सकते हैं। पादप अवरचना से सम्बंधित जीन को लक्षित करके, शोधकर्ता बेहतर संसाधन आवंटन की सुविधा और अंततः अनाज उत्पादन को बढ़ावा देने के लिए शाखाओं के पैटर्न/स्वरूप और इंटरनोड लंबाई को अनुकूलित कर सकते हैं। इसके अलावा, कार्बन निर्धारण और उपयोग के लिए उत्तरदायी जीन को संशोधित करके जीन एडिटिंग तकनीकों को प्रकाश संश्लेषण दक्षता बढ़ाने के लिए नियोजित किया जा सकता है। ऐसा करके मक्का के पौधों को अधिक प्रभावी ढंग से सूर्य के प्रकाश का दोहन करने में सक्षम बना सकते हैं, जिसके परिणामस्वरूप उत्पादकता और पैदावार में वृद्धि होगी।

रोग और कीट प्रतिरोधकता:

मक्का की फसल विभिन्न प्रकार के कीटों और बीमारियों के लिए अतिसंवेदनशील है, जिनके संक्रमण से फसल की पैदावार में काफी कमी आ सकती है। जीन एडिटिंग शोधकर्ताओं को पौधों की रक्षा प्रतिक्रियाओं में शामिल जीन को लक्षित करके प्राकृतिक प्रतिरोध तंत्र को पेश, समाविष्ट या बढ़ाने की अनुमति देता है जो कीटों और बीमारियों के विरुद्ध दीर्घकालिक सुरक्षा प्रदान कर सकता है। यह दृष्टिकोण रासायनिक कीटनाशकों पर निर्भरता को कम करने के साथ ही फसल के नुकसान को कम करता है, और अधिक टिकाऊ कृषि पद्धतियों को बढ़ावा देता है।

अजैविक तनाव सहिष्णुता:

जलवायु परिवर्तन के कारण मक्का उत्पादन को महत्वपूर्ण चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है, बढ़ते तापमान, सूखा और मिट्टी की लवणता के कारण फसल की पैदावार पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है। जीन एडिटिंग द्वारा मक्का की ऐसी किस्मों को विकसित करने में मदद मिल सकती है जो इन प्रतिकूल परिस्थितियों के प्रति अधिक प्रतिरोधी हैं। तनाव प्रतिक्रियाओं और अनुकूलन में शामिल जीन को संशोधित करके, वैज्ञानिक गर्मी, सूखा और अन्य प्रतिकूल परिस्थितियों जैसे पर्यावरणीय तनावों के प्रति बेहतर अनुकूलन के साथ मक्का के पौधों को तैयार कर सकते हैं जिससे अधिक स्थिर पैदावार सुनिश्चित की जा सकती है। इस

प्रकार बदलती जलवायु की स्थिति में टिकाऊ कृषि को बढ़ावा दिया जा सकता है।

पोषण और गुणवत्ता में सुधार :

मक्का लाखों लोगों का खासकर विकासशील देशों में का मुख्य भोजन है। हालांकि, इसमें आवश्यक पोषक तत्वों की कमी के कारण कुपोषण और संबंधित स्वास्थ्य समस्याएं होती हैं। मक्का में पोषण संबंधी कमियों को दूर करने के लिए जीन एडिटिंग एक आशाजनक समाधान प्रदान करता है। जीन एडिटिंग तकनीक, वैज्ञानिकों को मक्का में पोषक तत्वों के संश्लेषण या अवशोषण के लिए जिम्मेदार जीन में हेरफेर/एडिटिंग करके मक्का को विटामिन, खनिज और एमीनो एसिड जैसे महत्वपूर्ण पोषक तत्वों से समृद्ध करने का बेहतर विकल्प देता है।

यह तकनीक विटामिन, खनिजों और अन्य आवश्यक पोषक तत्वों के बढ़े हुए स्तर के साथ मक्का की किस्मों के विकास को सक्षम बनाती है, जिससे उन लोगों के स्वास्थ्य और कल्याण में सुधार होगा जो आहार के लिए मुख्य रूप से मक्का पर निर्भर हैं। मक्का की उपभोक्ता स्वीकृति और बाजार मूल्य इसके स्वाद, बनावट और समग्र गुणवत्ता विशेषताओं से काफी प्रभावित होते हैं। जीन एडिटिंग के माध्यम से, स्टार्च संश्लेषण, तेल सामग्री, प्रोटीन संरचना और अन्य प्रासंगिक कारकों से जुड़े जीन को संशोधित करके इन लक्षणों को अनुकूलित करना संभव हो जाता है, जिससे मक्का की वांछित विशेषताओं में वृद्धि होती है। यह विशिष्ट अनुप्रयोगों, जैसे कि पशु चारा या औद्योगिक उपयोगों के अनुरूप मक्का की किस्मों को विकसित करने के लिए अवसर प्रदान करता है। अब तक, कुछ जीनोम-एडिटिंग मक्का की घटनाएँ/किस्में व्यावसायीकरण के करीब पहुँच गई हैं। इन किस्मों को संयुक्त राज्य अमेरिका जैसे कुछ क्षेत्रों में कठोर आनुवंशिक रूप से संशोधित (जीएम) नियमों से भी छूट दी गई है क्योंकि जीनोम एडिटिंग के माध्यम से विकसित परिणामी पौधों को गैर-ट्रांसजेनिक माना जाता है (तालिका 1)।



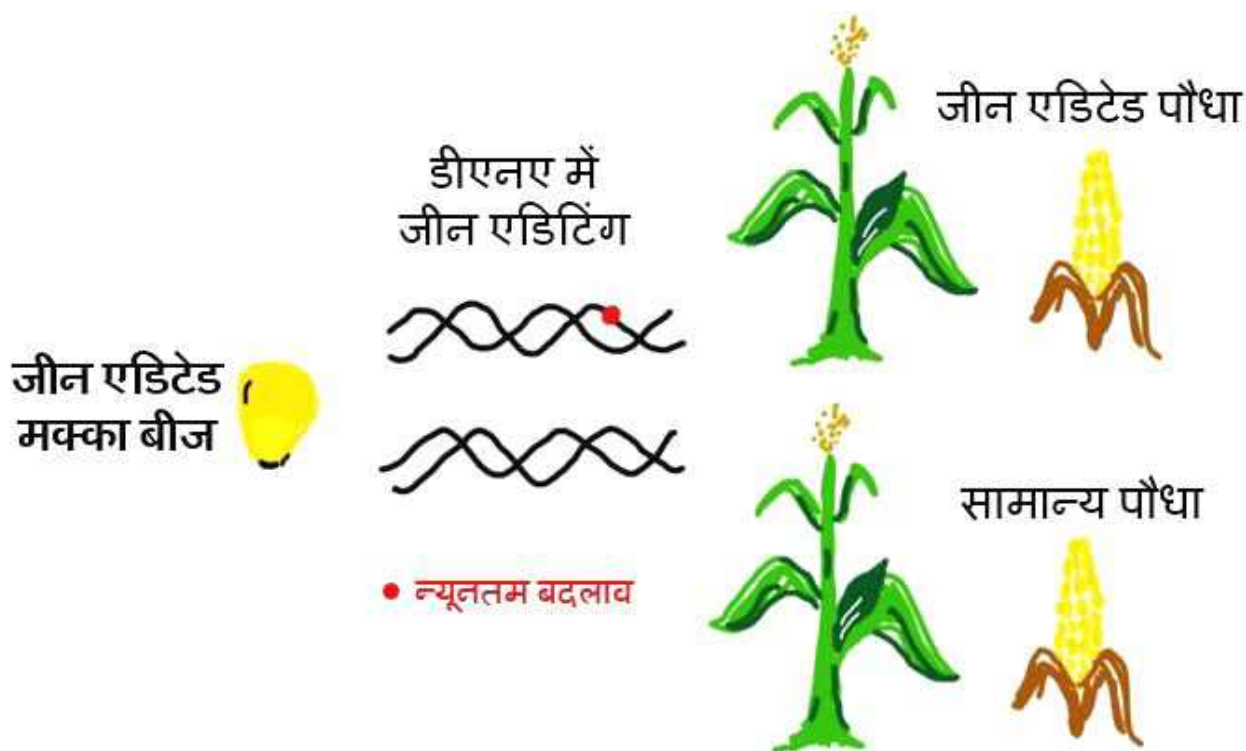
तालिका 1: मक्का में क्रिस्पर-कैस 9 तकनीक द्वारा जीन- एडिटिंग घटनाओं/किस्मों की सूची, जिनको निकट भविष्य में व्यावसायिक खेती के लिए अनुमति व्यावसायीकरण मिलने वाली है।

क्र. सं.	लक्ष्य जीन का नाम	परिवर्तन	जीन का कार्य	विकसित गुण	वर्ष	देश	विकासक नाम	संदर्भ
1.	<i>Wx1 (मोमी जीन)</i>	नॉकआउट	<i>यह जीन ग्रेन्युल-बाउंड स्टार्च सिंथेज़ (GBBS) को एनकोड करता है एंडोस्पर्म में एमाइलोज उत्पादन के लिए जिम्मेदार है।</i>	उच्च एमाइलो पेक्टिन	2016	यूएसए	इयूपॉन्ट पायनियर	वाल्ट्ज (2016); यूएसडीए एफिस
2.	<i>एनएलबी 18</i>	एचडीआर के माध्यम से संवेदनशील एलील को प्रतिरोधी एलील के साथ बदलना	<i>रोगजनक पहचान और सेलुलर सिग्नलिंग में शामिल</i>	नॉर्दर्न लीफ ब्लाइट (एनएलबी) प्रतिरोधी मक्का	2018	यूएसए	इयूपॉन्ट पायनियर	हर्नी एट अल (2015); यूएसडीए एफिस
3.	<i>बद्ध EAR3 (FEA32) जीन</i>	एचडीआर के माध्यम से जीनोम-संपादित म्यूटेंट	एनकोडसन एलआरआर (ल्यूसिने-रिच-रिपीट) रिसेप्टर को टैसल और भुट्टा आईएम (पुष्पक्रम मेरिस्टेम) के आकार को विनियमित करने के लिए एसएएम (शूट एपिकल मेरिस्टेम) में व्यक्त किया गया है।	अनाज की उपज में वृद्धि	2020	यूएसए	कोर्टेवा एग्रीसाइंस	तागुची-शियोबारा एट अल। (2001); डुंग एट अल (2020); यूएसडीए एफिस



4.	<i>zmm28</i> जीन प्रमोटर	एचडीआर के माध्यम से लक्षित सम्मिलन	एमएडीएस-बॉक्स प्रतिलेखन कारक जिसकी पौधे की वृद्धि और विकास में भूमिका होती है	अधिक उपज क्षमता	2020	यूएसए	कोर्टेवा एग्रीसाइंस	वू एट अल (2019); यूएसडीए एफिस
5.	दस्तावेज़ में उल्लेख नहीं है	एचडीआर के माध्यम से लक्षित सम्मिलन	उल्लेख नहीं है	सूखा सहनशीलता और उपज स्थिरता में सुधार	2020	यूएसए	कोर्टेवा एग्रीसाइंस	यूएसडीए एफिस

स्रोत: यूएसडीए एफिस | (<https://www.aphis.usda.gov/aphis/home/>)



चित्र 1 : यह चित्र दर्शाता है की जीन एडिटिंग से मक्का के डीएनए में न्यूनतम बदलाव होता है, जिसके कारण जीन एडिटेड मक्का तथा साधारण मक्का के गुणों में लक्षित विशेषता (targeted trait) के अलावा कोई अंतर नहीं होता ।



निष्कर्ष:

जीन एडिटिंग मक्का के गुणों को बढ़ाने के लिए एक परिवर्तनकारी तकनीक का प्रतिनिधित्व करता है, जो अभूतपूर्व गति से वांछनीय विशेषताओं को संशोधित करने में अद्वितीय सटीकता और दक्षता प्रदान करता है। जीन एडिटिंग में उपज, रोग प्रतिरोधक क्षमता, तनाव सहनशीलता, पोषण मूल्य और समग्र गुणवत्ता को बढ़ाकर मक्का की बढ़ती वैश्विक मांग को संबोधित

करने की अपार संभावनाएं हैं। फिर भी, इस तकनीक के जिम्मेदार और सुरक्षित अनुप्रयोग को सुनिश्चित करने के लिए एक मजबूत नियामक ढांचे के साथ-साथ जीन संपादन के फायदों और नैतिक विचारों के बीच संतुलन बनाना महत्वपूर्ण है। निरंतर प्रगति और जिम्मेदार कार्यान्वयन के साथ, जीन एडिटिंग मक्का प्रजनन में क्रांति ला सकता है और दुनिया भर में स्थायी कृषि, खाद्य सुरक्षा और बेहतर आजीविका में योगदान कर सकता है।

आप जिस तरह बोलते हैं, बातचीत करते हैं, उसी तरह लिखा भी कीजिए। भाषा बनावटी नहीं होनी चाहिए।

- महावीर प्रसाद द्विवेदी

