

जैव-सुदृढीकरण: भारत में वर्तमान परिदृश्य एवं भावी संभावनाएं

मनेश चन्द्र डागला¹, भारत भूषण¹, बहादुर सिंह जाट¹, सुमित कुमार अग्रवाल¹, पूजा गोयल, प्रदीप कुमार¹, अभिजीत कुमार दास¹, श्यामबीर सिंह¹, चेत राम², सुरेश कुमार³ एवं हनुमान सहाय जाट¹

¹भाकृअनुप-भारतीय मक्का अनुसंधान संस्थान, लुधियाना, पंजाब

²भाकृअनुप-केन्द्रीय शुष्क बागवानी संस्थान, बीकानेर, राजस्थान

³श्री कर्ण नरेन्द्र कृषि विश्वविद्यालय, अलवर, राजस्थान

ईमेल*: manu9322gen@gmail.com

परिचय

विश्व में लगभग दो अरब लोग कुपोषित हैं, विशेष रूप से गरीब लोग विविध आहार का खर्च वहन नहीं कर सकते जो पर्याप्त सूक्ष्म पोषक तत्वों की आपूर्ति कर सके। इसलिए, अधिक सूक्ष्म पोषक तत्वों की आपूर्ति के लिए मुख्य फसलों को जैव-सुदृढीकृत करना एक बेहतर विकल्प है। जैव सुदृढीकरण (biofortification) में मुख्य खाद्य अनाजों में सूक्ष्म पोषक तत्वों को बढ़ाने के लिए फसलों में अनुवांशिक स्तर पर सुधार किया जाता है। जैव-सुदृढीकरण तथा सुदृढीकरण (fortification) में विशेष अंतर हैं, उदाहरण के तौर पर सुदृढीकरण में अनाज या किसी और प्रकार की फसल उत्पाद में फोलिक एसिड जैसे विशिष्ट पोषक तत्वों को प्रसंस्करण के दौरान सम्मिलित करना है, जबकि जैव-सुदृढीकरण में खाद्य उत्पादों में विशिष्ट सूक्ष्म पोषक तत्वों की सांद्रता को बढ़ाने के लिए फसल में आनुवंशिक स्तर पर बदलाव किया जाता है। जैव-सुदृढीकरण बड़े पैमाने पर पारंपरिक फसल प्रजनन और चयन के साथ किया जाता है, हालांकि जैव-सुदृढीकरण जीनोम में प्रत्यक्ष हेरफेर से भी किया गया है, उदाहरण के लिए, सुनहरा चावल।

कुपोषण सम्बंधित चुनौतियाँ

वर्ष 2050 तक वैश्विक जनसंख्या नौ अरब तक पहुंचने की उम्मीद है, जो पोषण और गुणवत्तापूर्ण आहार के लिए चिंता का कारण हैं। सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी कई शारीरिक प्रभावों से जुड़ी है, जिसमें बच्चों में शारीरिक और मानसिक विकास में रुकावट, एनीमिया और मातृ मृत्यु दर, जिसके परिणामस्वरूप

संज्ञानात्मक कार्यों में कमी, अंधापन जैसे कई विकार शामिल हैं। विकासशील अर्थव्यवस्थाओं में आर्थिक अस्थिरता, अपर्याप्त आहार सेवन और दोषपूर्ण खाद्य वितरण प्रणाली के कारण खाद्य पोषण सुरक्षा की समस्या गंभीर हो गयी है। विशेष रूप से विटामिन ए की कमी को एक दीर्घकालिक सार्वजनिक स्वास्थ्य मुद्दा माना गया है। दक्षिण एशियाई देशों में पोषण संकट बेहद चिंताजनक है। अपर्याप्त खाद्य आपूर्ति, कम घरेलू आय, खराब स्वास्थ्य देखभाल, कमजोर बुनियादी ढांचा, अनुचित बाल देखभाल और खाद्य असुरक्षा को दक्षिण एशिया में बढ़ते कुपोषण के प्रमुख संकेतक के रूप में पहचाना गया है। हाल की आर्थिक बदलाव और गरीबी उन्मूलन की नीतियों के बावजूद, कुपोषण संकट व्यापक बना हुआ है।

कुपोषण की समस्या इतनी प्रचलित है कि 88% एशियाई और अफ्रीकी देशों को एक साथ दो या तीन प्रकार के कुपोषण से पीड़ित है। दक्षिण एशिया में क्रमशः 33.3% और 15.3% मध्यम या गंभीर रूप से अविकसित और कमजोर बच्चे (<5 वर्ष) हैं, और कुल अधिक वजन वाले 3.1% बच्चे हैं। सबसे कमजोर जनसंख्या समूह युवा स्कूली बच्चे हैं, जो आमतौर पर विटामिन ए की कमी से पीड़ित हैं। दक्षिण एशियाई देशों में बाल कुपोषण की स्थिति सबसे अधिक है, जो आबादी के एक बड़े हिस्से को प्रभावित करता है। जिंक (Zn) और लौह (Fe) पोषण संबंधी समस्या समाधान के लिए बहुत कम सुधारात्मक उपाय लागू किए गए हैं और इसी वजह से इनकी कमी सबसे आम दिखाई पड़ती है।





राष्ट्रीय परिदृश्य

भारत में प्रति व्यक्ति खाद्य उत्पादन में उल्लेखनीय वृद्धि के बावजूद, भूख और कुपोषण अधिक है। नीति आयोग के हालिया एसडीजी सूचकांक से पता चलता है कि अधिकांश SDG-2 में संकेतकों के अनुसार देश लक्ष्य से काफी पीछे है। उदाहरण के लिए, 15-49 वर्ष की आयु की 50.4% गर्भवती महिलाएं और 10-19 वर्ष की आयु के 28.4% किशोर एनीमिया से पीड़ित हैं, जो दोनों अपने संबंधित लक्ष्य स्तर से दोगुने हैं। बच्चों के लिए संकेतक और भी चिंताजनक हैं। रिपोर्ट से पता चलता है कि 5 वर्ष से कम उम्र के 33.4% और 34.7% बच्चे क्रमशः कम वजन वाले और अविकसित हैं, जबकि उनके लक्ष्य मान 1.9% और 6% हैं। यहां तक कि कृषि उत्पादन से संबंधित संकेतक भी दर्शाते हैं कि देश लक्ष्य से काफी पीछे है। देश में चावल और गेहूं का प्रति हेक्टेयर उत्पादन लगभग 3 टन है, जबकि लक्ष्य 5.3 टन है। एकमात्र अच्छी बात यह है कि राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा अधिनियम (NFSA, 2013), के तहत खाद्य सुरक्षा लाभार्थियों का प्रतिशत 99.5% है, जो 100% के लक्ष्य से थोड़ा ही कम है। इससे स्पष्ट रूप से पता चलता है कि भारत के 2030 तक शून्य भूख के SDG-2.1 लक्ष्य को प्राप्त करना चुनौतीपूर्ण होगा। वही नीति आयोग की रिपोर्ट यह भी दर्शाती है कि इन सभी संकेतकों पर राज्यों और केंद्र शासित प्रदेशों में महत्वपूर्ण भिन्नता है, जो इस बात पर प्रकाश डालती है कि देश भर में सभी नागरिकों को संतुलित और पर्याप्त पोषण प्रदान करने के लिए लक्षित दृष्टिकोण अपनाकर खाद्य सुरक्षा प्राप्त करने की आवश्यकता है।

खाद्य सुरक्षा का उद्देश्य यह सुनिश्चित करना है कि “सभी लोगों को, हर समय, पर्याप्त, सुरक्षित और पौष्टिक भोजन मिले जो सामाजिक और आर्थिक रुकावट मुक्त हो और जो सक्रिय और स्वस्थ जीवन के लिए उनकी खाद्य प्राथमिकताओं और आहार संबंधी आवश्यकताओं को पूरा करता हो”। संयुक्त राष्ट्र के खाद्य और कृषि संगठन के अनुसार, खाद्य सुरक्षा के

चार स्तंभ हैं, अर्थात् उपलब्धता, पहुंच, उपयोग और स्थिरता।

विटामिन या खनिजों की कमी के परिणामस्वरूप सूक्ष्म पोषक तत्वों का कुपोषण होता है, जिसे अक्सर छिपी हुई भूख कहा जाता है क्योंकि इसके लक्षण प्रोटीन-ऊर्जा कुपोषण की तरह स्पष्ट नहीं होते हैं। भारत के व्यापक राष्ट्रीय पोषण सर्वेक्षण (CNNS) ने 2016-18 के दौरान लगभग एक लाख बच्चों पर एनीमिया, जिंक (Zn) और विटामिन की कमी पाई गई।

भारत सरकार द्वारा सूक्ष्म पोषक तत्व कुपोषण को संबोधित करने के लिए कई कार्यक्रम लागू किये हैं, जैसे राष्ट्रीय पोषण मिशन/अभियान, विटामिन ए, लौह और फोलिक एसिड की प्रो-फिलेक्टिक अनुपूरण, और गेहूं के आटे, नमक और दूध का महत्वपूर्ण सूक्ष्म पोषक तत्वों के साथ सुदृढीकरण। कृषि उत्पादन में वृद्धि, आर्थिक अवसर और राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा अधिनियम ने खाद्य सुरक्षा में योगदान दिया है फिर भी पोषण सुरक्षा, विशेष रूप से सूक्ष्म पोषक तत्व कुपोषण की समस्या को हल करने के लिए अधिक कृषि हस्तक्षेप की आवश्यकता है। यद्यपि सूक्ष्म पोषक तत्वों से भरपूर गैर-स्टेपल जैसे सब्जियां, दालें, फल और पशु उत्पादों का उत्पादन भी बढ़ा है, लेकिन कम क्रय शक्ति वाले लोगों के लिए मुख्य अनाज की तुलना में गैर-स्टेपल के लिए उनकी सामर्थ्य कम है।

इस प्रकार, चावल, गेहूं आदि जैसे आम तौर पर उपभोग किए जाने वाले अनाजों में सूक्ष्म पोषक तत्व घनत्व को समृद्ध करने के लिए जैव-सुदृढीकरण एक उपयुक्त कृषि हस्तक्षेप हो सकता है। जैव-सुदृढीकरण कृषि विज्ञान, प्रजनन और जैव प्रोद्योगिकी के माध्यम से उन्नत पोषक तत्वों के साथ प्रमुख खाद्य फसलों की आनुवंशिक सुधार को संदर्भित करता है।

भारत में कोविड-19 महामारी की लॉकडाउन अवधि के दौरान अनाज फसल एक प्रमुख खाद्य स्रोत बन गया। इसका कारण कम आय वर्ग में इसे खरीदने की उनकी सामर्थ्य, जल्दी खराब होने वाले खाद्य पदार्थों के विपरीत उपलब्धता और लोक वितरण

प्रणाली (PDS) के माध्यम से वितरण भी है। इस प्रकार मुख्य अनाजों में किसी भी सूक्ष्म पोषक तत्वों के कुपोषण को दूर करने पर पोषण स्थिति में सुधार और आम आदमी के स्वास्थ्य पर सीधा प्रभाव पड़ेगा।

भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (भाकृअनुप), नई दिल्ली खाद्यान्न उत्पादन के लिए अनुसंधान पर जोर देकर देश के लिए खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित करने में प्रमुख भूमिका निभा रहा है। खाद्यान्नों में बेहतर पोषण की आवश्यकता को महसूस करते हुए, परिषद ने जैव-सुदृढ़ीकृत फसलों के विकास और लोकप्रियकरण पर कई विशेष कार्यक्रम शुरू किए और भारत में 4 मि. हे. से अधिक भूमि पर जैव-सुदृढ़ीकृत फसलों की खेती होने का अनुमान है।

फसलों में जैव-सुदृढ़ीकृत पोषक तत्वों का मानव स्वास्थ्य में महत्व

आयरन (Fe): मानव शरीर को ऑक्सीजन परिवहन के लिए लौह तत्व की आवश्यकता होती है। लगभग सभी कोशिकीय कार्यों और कोशिका अस्तित्व के लिए ऑक्सीजन की आवश्यकता होती है। शरीर में सभी कोशिकाओं को ऑक्सीजन पहुँचाने में हीमोग्लोबिन के आयरन का प्रमुख योगदान है और यह रक्त स्तर भी बनाए रखता है।

ज़िंक (Zn): यह शरीर की रक्षात्मक प्रणाली को ठीक से काम करने के लिए इसकी आवश्यकता होती है। यह कोशिका विभाजन, कोशिका वृद्धि, घाव भरने और कार्बोहाइड्रेट के पचने में भूमिका निभाता है।

विटामिन ए : यह नेत्र-दृष्टि को बनाए रखता है, तथा प्रतिरक्षा प्रणाली और अंगों के सामान्य कार्य को सुनिश्चित करना और गर्भ में शिशुओं के उचित विकास में सहायक होता है।

विटामिन सी: इसे एस्कॉर्बिक एसिड भी कहा जाता है। त्वचा, हड्डी, दांत जैसे विभिन्न ऊतकों की मरम्मत के लिए आवश्यक है। विटामिन सी का उपयोग जठरांत्र संबंधी मार्ग से लौह तत्व के अवशोषण को बढ़ाने के लिए भी किया जाता है। वयस्क महिलाओं में विटामिन सी के लिए अनुशंसित आहार 60 मिलीग्राम प्रति दिन है, जबकि वयस्क पुरुषों में यह 90 मिलीग्राम/ दिन है।

इसकी कमी से स्कर्वी होता है जिसमें दांतों में खून, चोट और खराब घावों जैसे लक्षण होते हैं। यह हड्डियों के जोड़ों और मांसपेशियों में दर्द के साथ भी जुड़ा हुआ है।

प्रोटीन: यह विकास और ऊतक की मरम्मत के लिए आवश्यक अमीनो एसिड प्रदान करता है। उचित वृद्धि और विकास की आवश्यकता को पूरा करने के लिए मनुष्य को 0.66 ग्राम प्रोटीन/किग्रा शरीर के वजन/दिन की आवश्यकता होती है। प्रोटीन में कमी से मानसिक अविकास, अव्यवस्थित शारीरिक कामकाज और यहां तक कि मृत्यु दर भी बढ़ जाती है।

लाइसिन: यह कई न्यूरोट्रांसमीटर और चयापचय नियामकों के लिए अग्रदूत के रूप में काम करने के अलावा प्रोटीन संश्लेषण में एक बिल्डिंग ब्लॉक है। वयस्कों के लिए दैनिक लाइसिन की आवश्यकता 30 मिलीग्राम/किग्रा शरीर के वजन/दिन है, जबकि 3-10 वर्ष की आयु के बच्चों के लिए यह 35 मिलीग्राम/किग्रा शरीर का वजन/दिन है। इसकी कमी से थकान, चक्कर आना, मतली, एनीमिया, देरी से विकास, भूख और प्रजनन ऊतक की हानि होती है।

ट्रिप्टोफैन: यह प्रोटीन का एक बिल्डिंग ब्लॉक भी है, और कई न्यूरोट्रांसमीटर और चयापचय मार्गों के नियामकों के लिए अग्रदूत के रूप में कार्य करता है। ट्रिप्टोफैन की आवश्यकता वयस्कों में 4 मिलीग्राम/किग्रा शरीर के वजन/ दिन और बच्चों में 4.8 मिलीग्राम / किग्रा शरीर के वजन/दिन (3-10 वर्ष) पर होती है। इसकी कमी से अवसाद, चिंता और अधीरता होती है। बच्चों में वजन कम होना और धीमी गति से बढ़ना ट्रिप्टोफैन की कमी के प्रमुख लक्षण हैं।

मानव स्वास्थ्य पर प्रभाव

कुछ साक्ष्यों से पता चला है कि आहार में जैव-सुदृढ़ीकृत खाद्य पदार्थों से जुड़े सूक्ष्म पोषक तत्वों की सांद्रता में वृद्धि हुई है, हालांकि परिणामी स्वास्थ्य लाभों के पुख्ता सबूतों की कमी है। जैव-सुदृढ़ीकरण के बड़े पैमाने पर कार्यान्वयन के लिए इस तरह के साक्ष्य नई फसल प्रजाति को पंजीकृत करने की एक शर्त होनी चाहिए। यहाँ हम यह भी जोड़ना चाहेंगे कि इस तरह





तालिका-1: जैव-सुदृढीकृत किस्में, लक्षित पोषक तत्व और उनका प्राप्त स्तर

किस्म	फसल	वर्ष	लक्षित पोषक तत्व और उनका प्राप्त स्तर
सीआर धान 315	धान	2020	जिंक 24.9 पीपीएम
सीआर धान 411	धान	2021	प्रोटीन 10.1%
डीआरआर धान 63	धान	2021	जिंक 24.2 पीपीएम
डीडीडब्ल्यू 47 (ड्यूरम)	गेहूँ	2020	लौह 40.1 पीपीएम
पीपीडब्ल्यू 771	गेहूँ	2020	जिंक 41.4 पीपीएम
एचआई 8802 (ड्यूरम)	गेहूँ	2020	प्रोटीन 13.0%
एचआई 8805 (ड्यूरम)	गेहूँ	2020	लौह 40.4 पीपीएम, तथा प्रोटीन 12.8%
एचडी 3249	गेहूँ	2020	लौह 42.5 पीपीएम
एमएसीएस 4058 (ड्यूरम)	गेहूँ	2020	लौह 39.5 पीपीएम, जिंक 37.8 पीपीएम, प्रोटीन 14.7%
एचडी 3298	गेहूँ	2020	लौह 43.1 पीपीएम, तथा प्रोटीन 12.1%
एचआई 1633	गेहूँ	2020	लौह 41.6 पीपीएम, जिंक 41.1 पीपीएम, प्रोटीन 12.4%
डीबीडब्ल्यू 303	गेहूँ	2020	प्रोटीन 12.1%
डीडीडब्ल्यू 48 (ड्यूरम)	गेहूँ	2020	प्रोटीन 12.1%
डीबीडब्ल्यू 332	गेहूँ	2021	जिंक 40.6 पीपीएम, प्रोटीन 12.2%
डीबीडब्ल्यू 327	गेहूँ	2021	जिंक 40.6 पीपीएम
एचआई 1636	गेहूँ	2021	जिंक 40.4 पीपीएम
एचआई 8823 (ड्यूरम)	गेहूँ	2021	जिंक 40.1 पीपीएम, प्रोटीन 12.1%
एचयूडब्ल्यू 838	गेहूँ	2021	जिंक 40.8 पीपीएम
एमपी(जेडब्ल्यू) 1358	गेहूँ	2021	लौह 40.6 पीपीएम, तथा प्रोटीन 12.1%
पूसा विवेक हाइब्रिड-27 इम्प्रूव्ड	मक्का	2020	प्रो-विटामिन ए 5.49 पीपीएम
पूसा एचक्यूपीएम-5 इम्प्रूव्ड	मक्का	2020	लाइसीन 4.25%, ट्रिप्टोफेन 0.94%, प्रो-विटामिन ए 6.77 पीपीएम
पूसा एचक्यूपीएम-7 इम्प्रूव्ड	मक्का	2020	लाइसीन 4.19%, ट्रिप्टोफेन 0.93%, प्रो-विटामिन ए 7.10 पीपीएम
एलक्यूएमएच-1	मक्का	2020	लाइसीन 3.03%, ट्रिप्टोफेन 0.73%
एलक्यूएमएच-2	मक्का	2020	लाइसीन 3.04%, ट्रिप्टोफेन 0.66%
एलक्यूएमएच-3	मक्का	2020	लाइसीन 3.48%, ट्रिप्टोफेन 0.77%

मालवीय स्वर्ण मक्का-1	मक्का	2021	लाइसीन 3.89%, ट्रिप्टोफेन 0.97%
पूसा एचक्यूपीएम-1 इम्प्रूव्ड	मक्का	2021	लाइसीन 4.59%, ट्रिप्टोफेन 0.85%, प्रो-विटामिन ए 7.02 पीपीएम
पूसा बायोफोर्टीफाईड मेज़ हाइब्रिड-1	मक्का	2021	लाइसीन 3.37%, ट्रिप्टोफेन 0.72%, प्रो-विटामिन ए 6.6 पीपीएम
आरएचबी 233 (हाइब्रिड)	बाजरा	2019	लौह 83 पीपीएम, तथा जिंक 46 पीपीएम
आरएचबी 234 (हाइब्रिड)	बाजरा	2019	लौह 84 पीपीएम, तथा जिंक 41 पीपीएम
एचएचबी 311 (हाइब्रिड)	बाजरा	2020	लौह 83 पीपीएम
एचएचबी 67 इम्प्रूव्ड 2 (हाइब्रिड)	बाजरा	2021	लौह 54.8 पीपीएम, जिंक 39.6 पीपीएम, प्रोटीन 15.5%

की तुलनाओं में मुख्य खाद्य के जैव-सुदृढीकरण के विकल्प के रूप में अधिक विविध आहार भी शामिल होने चाहिए और किसान की आजीविका पर प्रभाव भी शामिल होना चाहिए।

गैर- जैव-सुदृढीकृत फसलों की तुलना में जैव-सुदृढीकृत फसलें पोषण की दृष्टि से सघन होती हैं, जिसमें समान सूक्ष्म पोषक तत्वों की जैवउपलब्धता और खाना पकाने, प्रसंस्करण और भंडारण के बाद बनाए रखने की धारणा होती है, इसलिए जैव-सुदृढीकृत मुख्य खाद्य फसलों की खपत से कुल सूक्ष्म पोषक तत्वों के सेवन में सुधार होता है। वर्तमान में, दुनिया भर में 20 मिलियन से अधिक लोगों ने अपने आहार में जैव-सुदृढीकृत खाद्य फसलों को शामिल किया है। जैव-सुदृढीकृत किस्मों की उपलब्धता और खपत ने मानव स्वास्थ्य और कल्याण पर सकारात्मक प्रभाव दिखाया है। हालाँकि, मनुष्यों पर जैव-सुदृढीकृत फसलों के प्रभाव का आकलन करना कठिन है, क्योंकि नियंत्रित परिस्थितियों में उनके प्रभावों को मापना मुश्किल है, लेकिन कई अध्ययन हैं जो मानव स्वास्थ्य पर उनके प्रभाव का अध्ययन करने का प्रयास कर रहे हैं। चावल जैसी लौह-समृद्ध जैव-सुदृढीकृत फसलों की खपत ने फिलीपींस में संभावित गर्भवती महिलाओं में लौह उपलब्धता को बढ़ा दिया है। लौह- जैव-सुदृढीकृत बाजरा ने लौह की कमी को दूर करते हुए भारतीय स्कूली बच्चों में लौह स्तर को बढ़ाया है, और लौह-

जैव-सुदृढीकृत बीन्स ने रवांडा की महिलाओं में लौह की प्रचुरता में सुधार किया है। प्रो-विटामिन ए जैव-सुदृढीकृत शकरकंद के सेवन के प्रभाव का विश्लेषण करने के लिए कुछ अध्ययन किए गए, जिसने मोज़ाम्बिक, दक्षिण अफ्रीका और युगांडा में विटामिन ए की कमी को दूर किया, जबकि बांग्लादेश में, एक आधार प्रयोग में प्रो-विटामिन ए की मात्रा में वृद्धि देखी गई लेकिन विटामिन ए की स्थिति में कोई वृद्धि नहीं हुई। प्रो-विटामिन ए-समृद्ध पीले कसावा के सेवन से केन्याई स्कूली बच्चों में विटामिन ए की स्थिति और प्रो-विटामिन ए की सांद्रता में वृद्धि हुई। जाम्बिया में बच्चों को प्रो-विटामिन- ए युक्त मक्का खिलाने के प्रभाव को देखने के लिए किये गये एक अन्य अध्ययन में पाया गया कि सीरम जैथोफिल और रेटिनॉल में उल्लेखनीय सुधार हुआ। क्यूपीएम के सकारात्मक प्रभावों को विश्व स्तर पर प्रदर्शित किया गया है, क्योंकि क्यूपीएम मक्का आहार के सेवन से सामान्य मक्के के सेवन की तुलना में बच्चों में बीमारी के दिनों में कमी आई है। एक नियंत्रण समूह की तुलना में क्यूपीएम के सेवन से छोटे बच्चों में वजन और ऊंचाई में क्रमशः 12% और 9% की वृद्धि हुई। 100 ग्राम क्यूपीएम बच्चों में लाइसिन की आवश्यकता को पूरा करने के लिए पर्याप्त था। इसलिए, सभी अध्ययन इस बात के पर्याप्त सबूत देते हैं कि जैव-सुदृढीकृत फसलों के सेवन से मानव स्वास्थ्य की स्थिति में





सुधार होता है, और इस प्रकार इन फसलों की किस्मों का विकास और प्रचार कुपोषण को खत्म करके सतत विकास लक्ष्य हासिल करने में सहायक होगा। इसके अलावा, प्रत्येक जैव-सुदृढीकृत फसल किस्म विकसित होने के साथ, मनुष्यों में सूक्ष्म पोषक तत्व की स्थिति में वृद्धि पर इसके सकारात्मक प्रभाव के साक्ष्य जमा करने के लिए विभिन्न जनसंख्या समूहों में इस तरह के और अधिक परीक्षण करने की आवश्यकता है।

भावी संभावनाएं

कुपोषण को कम करने के लिए, फसलों की पोषण स्थिति को समृद्ध करने के लिए जैव-सुदृढीकरण सबसे टिकाऊ और लागत प्रभावी पद्धति है, जिससे दुनिया भर में कुपोषित लोगों के स्वास्थ्य में सुधार होगा। पादप प्रजनन, ट्रांसजेनिक और खनिज उर्वरक अनुप्रयोगों के माध्यम से सूक्ष्म पोषक तत्व कुपोषण को संबोधित करने की काफी संभावनाएं हैं। हालांकि, यह एक बहुत ही चुनौतीपूर्ण प्रयास है, इसलिए इसे प्राप्त करने के लिए कृषि विज्ञानी, पादप प्रजनक, जैव प्रौद्योगिकीविद, आनुवंशिक इंजीनियर और पोषण विशेषज्ञ जैसे विभिन्न विषय विशेषज्ञों के परस्पर सहयोग अपरिहार्य है। पारंपरिक प्रजनन के बावजूद, ट्रांसजेनिक को जैव-सुदृढीकृत फसलों पर अधिक महत्व दिया जाता है, जिसके बाद नियामक प्रक्रियाओं और उपभोक्ता स्वीकृति जैसी बाधाओं का सामना करना पड़ता है। यह पाया गया कि ट्रांसजेनिक जैव-सुदृढीकृत चावल की केवल 2.4% किस्में ही जारी की गई हैं, जिससे पता चलता है कि इन फसलों को अभी भी कठोर नियामक बाधाओं का सामना करना पड़ता है। जैव-सुदृढीकृत किस्मों के उत्पादन और आपूर्ति के लिए औपचारिक और अनौपचारिक कृषि प्रणालियों को मजबूत करने के लिए विकसित किस्मों को बीज श्रृंखला में शामिल किया जाना चाहिए। इससे लोगों के एक बड़े समूह के लिए भूख सूचकांक और पोषण सुरक्षा उपलब्धि में कमी आएगी। कुपोषण के सभी रूपों को खत्म करने के लिए पारंपरिक तरीके के बजाय एक ही सूक्ष्म पोषक तत्व के साथ कई जैव-सुदृढीकृत फसलों या किस्मों को शामिल किया जाना

चाहिये। बहु-जैव-सुदृढीकृत एक फसल में एक साथ कई सूक्ष्म पोषक तत्वों को शामिल करने का एक कुशल तरीका प्रतीत होता है। इसके विपरीत, बहु-जैव-सुदृढीकृत किस्में संभावित रूप से अनुसंधान और नियामक लागत में पर्याप्त बचत के माध्यम से उच्च संयुक्त कवरेज और लागत में कटौती प्राप्त कर सकती हैं। कई देश सूक्ष्म पोषक तत्वों की कमी को दूर करने और परिणामस्वरूप मानव स्वास्थ्य को बढ़ाने के लिए एक तकनीक के रूप में फसलों के जैव-सुदृढीकरण को लागू कर रहे हैं। इस प्रकार, जैव-सुदृढीकरण कार्यक्रम को मजबूत करने के लिए, भविष्य के अनुसंधान को (1) फ्लोएम-पोषित ऊतकों में खनिज परिवहन को बढ़ावा देने के लिए कृषि संबंधी और आनुवंशिक रणनीतियों को एकीकृत करने पर ध्यान केंद्रित किया जाना चाहिए। (2) खाद्य पदार्थों में सूक्ष्म पोषक तत्वों की सांद्रता बढ़ाने के लिए पौधों की कोशिकाओं में खनिज होमियोस्टैसिस को प्रभावित करने वाले तंत्र की पहचान करना चाहिए। (3) ऐसी संचार और विपणन रणनीतियाँ स्थापित करने की आवश्यकता है जो जैव-सुदृढीकृत मुख्य खाद्यों के उत्पादन और उपयोग के मामले में नैतिक मूल्यों पर विचार करें। इसे स्वीकार्य बनाने और लोगों को सूक्ष्म पोषक तत्वों से भरपूर भोजन के लिए भुगतान करने के लिए राजी करने के लिए एक ही रणनीति सभी देशों में मददगार नहीं हो सकती है। परिणामस्वरूप, लक्षित देशों को उन रणनीतियों का उपयोग करने के लिए निर्देशित किया जाना चाहिए जो उनके लोगों के लिए फायदेमंद हों। इसलिए, उपभोक्ताओं द्वारा जैव-सुदृढीकृत किस्मों की स्वीकृति को बढ़ावा देने के लिए नीति और दिशानिर्देश तैयार करने के लिए सार्वजनिक क्षेत्र द्वारा गहन प्रयास किए जाने की आवश्यकता है। सभी चुनौतियों के बीच, जैव-सुदृढीकरण में अभी भी दुनिया भर के अरबों लोगों के लिए स्वस्थ भोजन विकल्पों की सुविधा प्रदान करने, भूख और कुपोषण मुक्त दुनिया के लिए स्थायी तकनीकों या पद्धतियों के नियमित हस्तक्षेप के माध्यम से कुपोषण की समस्याओं को हल करने की बड़ी क्षमता है।