

बदलती जलवायु एवं अजैविक तनावों के अनुकूल खेती

अनुज कुमार, मंगल सिंह, माम्रुथा एच.एम., रिंकी, वनिता पाण्डेय, अश्वनी कुमार आर्य, हर्ष देव चौधरी और **अरुण शर्मा**

हाल के वर्षों में जलवायु परिवर्तन, अजैविक तनावों (जैसे-सूखा, बाढ़, लवणता) और भूमि का क्षरण जैसी चुनौतियों ने कृषि क्षेत्र की स्थिरता और उत्पादकता को गंभीर रूप से प्रभावित किया है। जलवायु परिवर्तन का आशय पृथ्वी के जलवायु तंत्र में होने वाले दीर्घकालिक परिवर्तनों से है, जो विशेष रूप से तापमान, वर्षा, आर्द्रता और मौसमी चक्रों की असामान्यता के रूप में परिलक्षित होते हैं। उदाहरणस्वरूप, वैश्विक औसत तापमान में अब तक 1.1 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हो चुकी है। ऐसा अनुमान है कि वर्ष 2050 तक यह तापमान 2.0-2.5 डिग्री सेल्सियस वृद्धि तक पहुंच सकता है। गत एक सदी के दौरान, वायुमंडल में ग्रीनहाउस गैसों (विशेषकर सीओ$_2$, सीएच$_4$ और एन$_2$ओ) की मात्रा में 50 प्रतिशत से अधिक की वृद्धि देखी गई है। वर्तमान में वायुमंडलीय सीओ$_2$ की सांद्रता 420 पीपीएम तक पहुंच चुकी है, जो पूर्व-औद्योगिक स्तर (280 पीपीएम) की तुलना में अत्यधिक है।

अजैविक तनाव ऐसे गैर-जीवित पर्यावरणीय कारकों को संदर्भित करता है, जो पौधों की सामान्य जैविक क्रियाओं जैसे अंकुरण, वृद्धि, प्रकाश संश्लेषण, पुष्पण और फलन को बाधित करते हैं। तापीय तनाव, जल संकट या सूखा, लवणीयता, अत्यधिक वर्षा, बाढ़ एवं वायुमंडलीय प्रदूषण (ओजोन, सल्फर डाइऑक्साइड, नाइट्रोजन ऑक्साइड्स) जैसे कारक पौधों के विकास में बाधा के कारण बनते हैं।

भाकृअनुप-भारतीय गेहूं एवं जौ अनुसंधान संस्थान, करनाल

वैश्विक स्तर पर अजैविक तनावों के कारण 30-50 प्रतिशत तक फसल क्षति होने का अनुमान है। भारत में प्रतिवर्ष लगभग 80 मिलियन हैक्टर कृषि भूमि सूखे से प्रभावित है। इन विविध प्रकार के तनावों के परिणामस्वरूप पौधों की रोग प्रतिरोधक क्षमता प्रभावित होती है। जलवायु परिवर्तन के विभिन्न कारकों जैसे-तापमान में वृद्धि, सूखा, वर्षा आदि पर सभी का ध्यान गया है। क्षारीय एवं लवणीय मृदा के क्षेत्र विस्तार ने एक नई चुनौती को जन्म दिया है।

क्षारीय एवं लवणीय मृदा की बढ़ती मात्रा एक गंभीर पर्यावरणीय और कृषि समस्या है, जो मृदा की गुणवत्ता, कृषि उत्पादन और पारिस्थितिकी तंत्र को प्रभावित करती है। इसके साथ ही यह आज कृषि और पर्यावरण के लिए एक गंभीर चुनौती बन चुकी है। इन मृदा में लवणों और सोडियम की अत्यधिक मात्रा पाई जाती है। इससे मृदा की संरचना, जलधारण क्षमता और उर्वराशक्ति प्रभावित होती है।

अत्यधिक सिंचाई, अनुचित जल निकासी, रासायनिक उर्वरकों का अधिक प्रयोग और जलवायु परिवर्तन इसके प्रमुख कारण हैं। जब खेतों में बार-बार सिंचाई की जाती है और जल

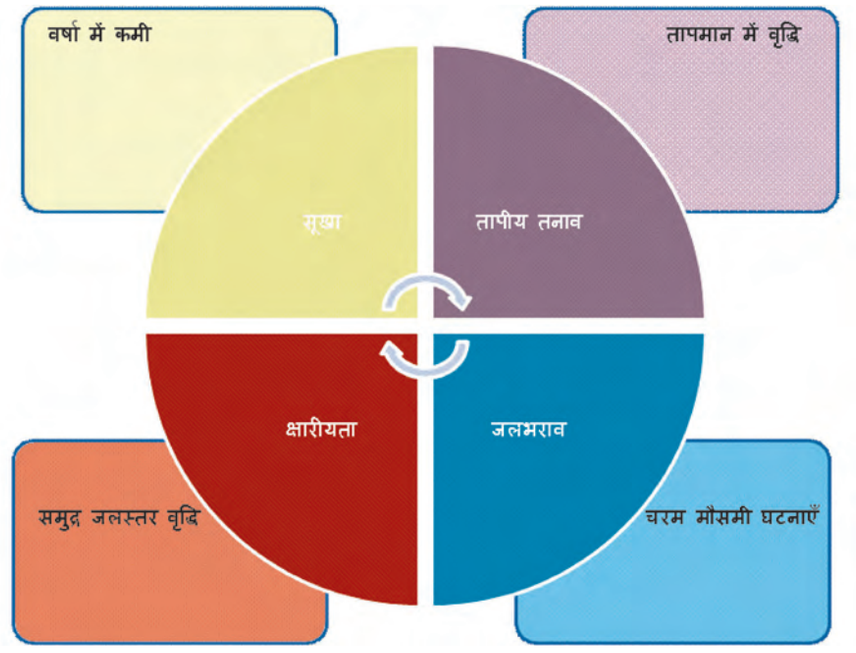
का निकास ठीक से नहीं हो पाता, तो जल वाष्प बनकर उड़ जाता है एवं लवण सतह पर जमा हो जाते हैं। इससे मृदा कठोर, बंजर और क्षारीय हो जाती है। इससे फसलों की जड़ें सही ढंग से पोषक तत्व नहीं ले पाती और उत्पादकता में भारी कमी आती है। लंबे समय तक यह स्थिति रहने पर भूमि कृषि कार्य के लिए अनुपयोगी हो जाती है।

इस समस्या के समाधान के लिए जैविक खाद का प्रयोग, जल निकासी सुधार, जिप्सम जैसे सुधारक पदार्थों का उपयोग और लवणता सहनशील फसलों की खेती जैसे उपाय आवश्यक हैं। यदि समय रहते प्रभावी कदम नहीं उठाए गए, तो यह समस्या कृषि अर्थव्यवस्था और खाद्य सुरक्षा पर गंभीर असर डाल सकती है।

गेहूं पर प्रभाव

भारत में वर्तमानं गेहूं की औसत उत्पादकता लगभग 3.6 टन प्रति हैक्टर है। जलवायु परिवर्तन के प्रभावों के कारण यह उत्पादकता गंभीर रूप से ग्रस्त हो रही है। आईपीसीसी (वर्ष 2021) की रिपोर्ट के अनुसार, वैश्विक औसत तापमान में 1.1 डिग्री सेल्सियस और भारत में 0.7 डिग्री सेल्सियस की वृद्धि हो चुकी है। यह तापमान वृद्धि विशेष रूप से उत्तर भारत के गेहूं उत्पादक क्षेत्रों को प्रभावित कर रही है, जहां 10-15 प्रतिशत तक उत्पादकता में कमी दर्ज की गई है।

एक शोध के अनुसार, प्रत्येक 1 डिग्री सेल्सियस तापमान वृद्धि पर गेहूं की उपज में 6 से 10 प्रतिशत तक कमी आ सकती है।



जलवायु परिवर्तन और अजैविक तनाव का संबंध

एक अनुमान के अनुसार, यदि तापमान में 2.5 से 4.9 डिग्री सेल्सियस तक वृद्धि होती है, तो गेहूं की पैदावार में 41 से 52 प्रतिशत तक जबकि धान की पैदावार में 32 से 40 प्रतिशत की कमी संभव है। विशेष रूप से गंगा के मैदानी क्षेत्रों में, वर्ष 2030 तक गेहूं की उपज में 25-30 प्रतिशत की कमी होने की आशंका है।

ताप तनाव के कारण गेहूं की उपज न केवल कम होती है, बल्कि गुणवत्ता भी प्रभावित होती है। उच्च तापमान के कारण दानों का आकार छोटा और प्रोटीन की मात्रा घट जाती है। इसके साथ ही, जब तापमान 32 डिग्री सेल्सियस से अधिक हो जाता है, तो गेहूं के पौधों में पत्तियों का क्षेत्र सूखने लगता है और क्लोरोफिल की मात्रा में भी कमी देखी जाती है। इन सभी प्रभावों के परिणामस्वरूप, खेती की लागत में भी वृद्धि होती है। इससे किसानों पर आर्थिक बोझ और अधिक बढ़ता है।

आर्थिक प्रभाव

नुकसान का मूल्यांकन

इंडियन काउंसिल फॉर रिसर्च ऑन इंटरनेशनल इकोनॉमिक रिलेशंस (आईसीआर आईईआर) की एक रिपोर्ट के मुताबिक, वर्ष 2022 में केवल उष्मीय तनाव के कारण भारत को गेहूं उत्पादन में करीब 15,000 करोड़ रुपये का नुकसान हुआ।

कृषि बीमा पर असर

प्रधानमंत्री फसल बीमा योजना (पीएम एफवाईबी) के अंतर्गत, जलवायु से जुड़ी घटनाओं की वजह से दावों में तेजी देखी गई है। वर्ष 2021-22 में हीटवेव के कारण बीमा क्लेम में 28 प्रतिशत की वृद्धि हुई। इससे सरकार पर वित्तीय बोझ बढ़ा है।

निर्यात पर प्रभाव

भारत, गेहूं का महत्वपूर्ण निर्यातक है। वर्ष 2023 में उत्पादन घटने के कारण निर्यात में 18 प्रतिशत की कमी दर्ज की गई। यह विदेशी मुद्रा आय को प्रभावित करता है और भारत के अंतर्राष्ट्रीय व्यापार संतुलन को बिगाड़ता है।

ग्रामीण अर्थव्यवस्था पर दबाव

भारत में करीब 12 करोड़ लोग प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से गेहूं उत्पादन से जुड़े हैं। उत्पादन में कमी का असर श्रमिक, ट्रांसपोर्ट,

नीतिगत पहल एवं वैज्ञानिक प्रयास

भारत में जलवायु परिवर्तन एवं अजैविक तनावों से निपटने के लिए नीतिगत पहल और वैज्ञानिक प्रयास बहुस्तरीय ढंग से किए जा रहे हैं। सरकार द्वारा शुरू किया गया 'राष्ट्रीय अनुकूलन मिशन', सतत कृषि और पर्यावरणीय स्थिरता को बढ़ावा देने की दिशा में एक अहम कदम है। भाकृअनुप ने वैज्ञानिक अनुसंधान के तहत सूखा और लवणता प्रतिरोधी बीजों का विकास किया है। इससे संवेदनशील क्षेत्रों जैसे-पंजाब, उत्तर प्रदेश और मध्य भारत में फसल उत्पादकता को बनाए रखने में मदद मिल रही है। अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर, एफएओ और यूएनएफसीसी जैसी संस्थाएं वैश्विक अनुकूलन परियोजनाओं के माध्यम से तकनीकी और नीतिगत सहयोग दे रही हैं। भारत में किसानों को जल संरक्षण, सिंचाई और वर्षा जल संचयन जैसी तकनीकों का प्रशिक्षण देकर उन्हें आत्मनिर्भर और जलवायु अनुकूल बनाया जा रहा है। इसी दिशा में राष्ट्रीय जलवायु प्रतिरोधक कृषि परियोजना (एनआईसीआरए), जिसे भाकृअनुप द्वारा संचालित किया जा रहा है, प्रमुख भूमिका निभा रहा है। इसमें तनाव-प्रतिरोधी बीजों का वितरण, जल संचयन संरचनाओं की स्थापना और किसानों को प्रशिक्षित करने जैसे कार्य किए जा रहे हैं। इसके साथ ही, कीट और खरपतवार नियंत्रण के लिए समेकित कीट प्रबंधन (आईपीएम) और समेकित खरपतवार प्रबंधन (आईडब्ल्यूएम) जैसी तकनीकों को अपनाकर कृषि प्रणाली को अधिक अनुकूल और टिकाऊ बनाया जा रहा है।

मंडी नेटवर्क और स्थानीय बाजारों तक फैलता है। इससे ग्रामीण क्षेत्रों में आर्थिक असमानता और तनाव और अधिक गहराता है।

समाधान और नीतियां

ताप सहिष्णु किस्मों का विकास और अंगीकरण

भाकृअनुप और सिमिट जैसी संस्थान ताप सहनशील गेहूं की किस्में विकसित कर रहे हैं। इन किस्मों को बड़े पैमाने पर किसानों तक पहुंचाना होगा ताकि वे जलवायु जोखिमों से सुरक्षित रह सकें। विभिन्न क्षेत्रो के लिए अनुशंसित किस्में:

उत्तर पश्चिमी मैदानी क्षेत्रों के लिए

- **सिंचित, अगेती बुआई:** डीबीडब्ल्यू 370, डीबीडब्ल्यू 371, डीबीडब्ल्यू 372, पीबीडब्ल्यू 872, डब्ल्यूएच 1270, डीबीडब्ल्यू 303, डीबीडब्ल्यू 187, डीबीडब्ल्यू 332, डीबीडब्ल्यू 327।
- **सिंचित, समय से बुआई:** पीबीडब्ल्यू 826, एचडी 3406, डीबीडब्ल्यू 222, एचडी 3226, पीबीडब्ल्यू 723, एचपीबीडब्ल्यू 01, डब्ल्यूएच 1105, एचडी 3086।
- **सीमित सिंचाई:** एचआई 1653, एचआई 1654, एचयूडब्ल्यू 838, डीबीडब्ल्यू 296, एनआईए डब्ल्यू 3170, एचडी 3237, एचडी 3043, एचआई 1620, एचआई 1620।
- **सिंचित, पछेती बुआई:** जेकेडब्ल्यू 261, पीबीडब्ल्यू 752, डीबीडब्ल्यू 173।



गेहूं उतपादन पर विभिन्न अजैविक तनावों का प्रभाव

उत्तर-पूर्वी मैदानी क्षेत्रों के लिए

- **सिंचित, समय से बुआई:** पीबीडब्ल्यू 826, डीबीडब्ल्यू 187, एनडब्ल्यू 5054, डीबीडब्ल्यू 39, डीबीडब्ल्यू 222, एच डी 2967, एच डी 3411, एच डी 3086।
- **सिंचित, पछेती बुआई:** डीबीडब्ल्यू 316, पीबीडब्ल्यू 833, डीबीडब्ल्यू 107, एच डी 2985, एचडी 3118, एचआई 1621, एचडी 3271।
- **सीमित सिंचाई:** एचडी 3293, डीबीडब्ल्यू 252, एचआई 1612।
- **वर्षा आधारित, समय से बुआई:** के 1317, एचडी 3171।

मध्य क्षेत्रों के लिए

- **सिंचित, समय से बुआई:** डीबीडब्ल्यू 303, डीबीडब्ल्यू 187, एचआई 1650, एमए सीएस 6768, जीडब्ल्यू 513, एच आई 1636, एचआई 1544, जीडब्ल्यू 366।
- **सिंचित, पछेती बुआई:** एचडी 3407, एचआई 1634, सीजी 1029, राज 4238 26, एमपी 3336, एमपी 1203।
- **सीमित सिंचाई:** सीजी 1036, एचआई 1655, डीबीडब्ल्यू 110, एमपी 3288।

प्रायद्वीपीय क्षेत्रों के लिए

- **सिंचित, समय से बुआई:** डीबीडब्ल्यू 168, एमएएसएस 6478, यूएएस 304, एमएसीएस 6222।
- **सिंचित, पछेती बुआई:** एचआई 1633, एचडी 3090, एकेएडब्ल्यू 4627, एचडी 2932।
- **सीमित सिंचाई:** एमपी 1358, एनआईएडब्ल्यू 3170, एचआई 1605।
- **वर्षा आधारित:** यूएएस 375, यूएएस 347।

उत्तरी पर्वतीय क्षेत्रों के लिए

- **वर्षा आधारित, अगेती बुआई:** एचएस 542, एचपीडब्ल्यू 251।
- **वर्षा आधारित, सीमित सिंचाई, समय से बुआई:** वीएल 2041, एचएस 562, एचपीडब्ल्यू 349, वीएल 907, एचएस 507।
- **सीमित सिंचाई, पछेती बुआई:** एचएस 490, वीएल 892।

लवणीय एवं क्षारीय मृदा के लिए गेहूं एवं जौ की विकसित किस्में

लवणीय एवं क्षारीय मृदा में खेती करना चुनौतीपूर्ण होता है। इनमें लवणों की अधिकता या पी-एच मान का उच्च स्तर फसलों की वृद्धि को प्रभावित करता है। भारत में कई संस्थानों ने ऐसी परिस्थितियों के लिए विशेष किस्में विकसित की हैं।

गेहूं की किस्में: केआरएल 1-4, केआरएल 210, केआरएल 19, राज 3077, केआरएल 213, केआरएल 283।

अजैविक तनावों का प्रभाव

- दिन का तापमान 35 डिग्री सेल्सियस से अधिक होने पर गेहूं का विकास प्रभावित होता है। बाली में दाना भरने की प्रक्रिया के दौरान भी नकारात्मक प्रभाव पड़ता है।
- वर्षा की अनियमितता और भूमिगत जल का अत्यधिक दोहन सिंचाई की उपलब्धता को सीमित करते हैं। इससे सूखा पड़ने की स्थिति में पौधों की कोशिकीय गतिविधि धीमी पड़ जाती है।
- अत्यधिक वर्षा होने से खेतों में जलभराव की समस्या उत्पन्न हो जाती है। इससे फसलों की जड़ें सड़ने लगती हैं और पोषक तत्वों का अवशोषण बाधित हो जाता है।
- अनियमित सिंचाई और जल निकास की अव्यवस्था के कारण मृदा में लवणता बढ़ती है। इससे पौधों की वृद्धि पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।
- वायुमंडल में उत्पन्न होने वाली ओजोन, नाइट्रोजन डाइऑक्साइड एवं सल्फर डाइऑक्साइड जैसी गैसें पौधों की कोशिकाओं पर प्रतिकूल प्रभाव डालती हैं।
- प्रकाश की अपर्याप्तता के कारण पौधों की वानस्पतिक वृद्धि प्रभावित होती है, फलस्वरूप उपज में कमी आती है।



गेहूं की तनाव सहिष्णु किस्म

जौ किस्मे: के 125, आर 2552, बीएच 924, आरडी 2508, आईसीबी 100126।

पौधों में सहनशीलता विकसित करना

जैव प्रौद्योगिकी एवं क्रिस्पर कैस-9 आधारित जीन संपादन

आधुनिक जैव प्रौद्योगिकी की मदद से ऐसे तनाव सहनशील जीनों की पहचान और समावेशन किया जा रहा है, जो पौधों को तापीय, जल-घटक या लवणीय परिस्थितियों में भी जीवित रहने और उत्पादक रहने में मदद करते हैं। उदाहरण के लिए, TaHSP (हीट शॉक प्रोटीन, जीन पौधों को उच्च तापमान से बचाता है। इन जीनों को लक्षित फसलों में स्थानांतरित कर उनकी सहनशक्ति में वृद्धि की जाती है।

प्राकृतिक चयन और पारंपरिक प्रजनन

पारंपरिक तरीके से प्राकृतिक चयन द्वारा उन पौधों का चयन किया जाता है, जो कठिन परिस्थितियों में जीवित रहते हैं। ऐसे पौधों का पुन: प्रजनन कर सहनशील किस्में तैयार की जाती हैं। यह जैविक दृष्टि से सुरक्षित एवं दीर्घकालिक समाधान होता है।

सूक्ष्म जैविकीय समाधान

कुछ लाभकारी जीवाणु और कवक, जैसे-एजोस्पिरिलम, बैसिलस और ट्राइकोडर्मा, पौधों की जड़ों के साथ सहजीविता में रहते हुए पोषक तत्वों का अवशोषण बढ़ाते हैं। हार्मोन उत्पन्न करते हैं और तनाव-सहिष्णुता में वृद्धि करते हैं। इससे पौधे जल-संरक्षण, लवणता और तापीय ताप के प्रति अधिक सहनशील बनते हैं।

ब्रासिनोस्टेरॉइड (बीआरएस) का प्रयोग

ब्रासिनोस्टेरॉइड एक प्रकार के पादप हार्मोन होते हैं, जो ताप सहिष्णुता बढ़ाने में विशेष भूमिका निभाते हैं। बीआरएस के प्रयोग से पत्तियों में क्लोरोफिल की मात्रा बनी रहती है और प्रोटीन संरचनाओं को उच्च तापमान में स्थायित्व मिलता है, जिससे पौधा लंबे समय तक सक्रिय रहता है।

जैव उत्तेजकों (बायोस्टिमुलेंट्स) का उपयोग

समुद्री शैवाल अर्क, ह्यूमिक एसिड और अमीनो अम्ल जैसे जैव उत्तेजक (बायोस्टिमुलेंट) पौधों की तनाव प्रतिक्रिया को नियंत्रित करते हैं। ये पदार्थ ऑक्सीकरण-रोधी एंजाइमों को सक्रिय कर कोशिकीय क्षति को कम करते हैं। जैव उत्तेजकों के प्रयोग से सूखा एवं लवणीय सहनशीलता में उल्लेखनीय वृद्धि देखी गई है।

स्मार्ट सिंचाई और जल प्रबंधन

टपक और फव्वारा सिंचाई तकनीकें न केवल जल संसाधनों की बचत करती हैं, बल्कि जड़ क्षेत्रो में आवश्यक नमी स्तर बनाए रखने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। राज्य सरकारों को इन प्रणालियों पर अनुदान और तकनीकी समर्थन पर अधिक ध्यान देने की आवश्यकता है।

पारिस्थितिकी पर प्रभाव

जलवायु परिवर्तन और अजैविक तनावों का पारिस्थितिकी पर गहरा और बहुआयामी प्रभाव पड़ रहा है। इससे पूरे पारिस्थितिक तंत्र की स्थिरता संकट में है। सबसे प्रमुख प्रभाव जैव विविधता में कमी के रूप में देखा जा रहा है, जहां अनेक पौधों, पशुओं और सूक्ष्म जीवों की प्रजातियां या तो लुप्त हो रही हैं या अपने पारंपरिक आवासों से विस्थापित हो रही हैं। इसके साथ ही, प्राकृतिक आवासों का विनाश जैसे जंगलों की कटाई, आर्द्र मृदा का सूखना और चरागाहों का सिमटना-पारिस्थितिकी को और कमजोर बना रहा है। इससे पारिस्थितिक सेवाएं, जैसे परागण, जल शुद्धिकरण और पोषक चक्र बाधित हो रहे हैं। तापमान और नमी में असंतुलन के कारण कीटों और रोगवाहक जीवों की संख्या में वृद्धि हो रही है, जिससे फसलें और मानव स्वास्थ्य दोनों प्रभावित हो रहे हैं। इन सभी परिवर्तनों का समग्र परिणाम यह है कि पारिस्थितिक संतुलन बिगड़ गया है, जिससे खाद्य शृंखला, जैव-भौतिक प्रक्रियाएं और जलवायु नियमन पर नकारात्मक प्रभाव पड़ रहा है। यदि यह प्रवृत्ति जारी रही, तो यह न केवल पारिस्थितिक प्रणालियों को अपूरणीय क्षति पहुंचा सकती है, बल्कि मानव अस्तित्व को भी संकट में डाल सकती है।



गेहूं की उन्नत किस्म डीडब्ल्यू-327

पूर्वानुमान आधारित निर्णय प्रणाली

उपग्रह चित्रण, मौसम डेटा और मोबाइल एप्लीकेशन के माध्यम से किसानों को समय के अनुसार चेतावनी और परामर्श प्रदान किया जाता है। 'किसान सुविधा' जैसे डिजिटल प्लेटफॉर्म को उन्नत और सुलभ बनाया जाना चाहिए। विभिन्न डिजिटल प्लेटफार्मों से मिलने वाली सूचना के आधार पर मौसम पूर्वानुमान को देखते हुए कृषि क्रियाकलापों को क्रियान्वित एवं बदलाव किया जा सकता है।

कृषि बीमा की पहुंच और पारदर्शिता

बीमा योजनाओं को किसानों की जरूरतों के हिसाब से तैयार किया जाना चाहिए। मोबाइल के माध्यम से दावा दाखिल करना और उसकी स्थिति जानना आसान बनाना आवश्यक है।

जलवायु परिवर्तन एक गम्भीर वैश्विक समस्या है। इसका फसल उत्पादन एवं मानव स्वास्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। प्राकृतिक आपदाओं जैसे-सूखा, बाढ़, समुद्री तूफान, अलनीनो की बारम्बारता में बढ़ोत्तरी होती जा रही है।

आज बढ़ती मानवीय गतिविधियों एवं आवश्यकताओं की पूर्ति, प्राकृतिक-संसाधनों का अंधाधुंध प्रयोग को इन समस्याओं की मूल माना जा रहा है। इनका उपयोग समुचित एवं सन्तुलित मात्रा में किया जाना आवश्यक है।

किसी स्थान की जलवायु स्थिरता वहां की कृषि, आमदनी, रोजगार, जल-जीवन, समाज एवं संस्कृति को प्रोत्साहित करते हुए स्थायित्व प्रदान करती है। इसलिए सभी को एक जिम्मेदार नागरिक के रूप में पर्यावरणीय परितंत्र को स्वच्छ एवं स्थायी बनाए रखने में अपनी भूमिका निभाने के साथ-साथ पर्यावरणीय जागरुकता को जन-जन तक पहुंचाने की आवश्यकता है।