



एग्री आर्टिकल्स

(कृषि लेखों के लिए ई-पत्रिका)

वर्ष: 06, अंक: 05 (सितम्बर-अक्टूबर, 2026)

www.agriarticles.com पर ऑनलाइन उपलब्ध

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

भारत में कृषि बायोइन्फॉर्मेटिक्स का बढ़ता महत्व

*अनुपमा रॉय^{1,2}, प्रमिला भुक्ल¹, सारिका जायसवाल¹ एवं मीर आसिफ़ इक़बाल¹

¹कृषि जैव-सूचना विज्ञान प्रभाग, आईसीएआर-भारतीय कृषि सांख्यिकी अनुसंधान संस्थान,
नई दिल्ली-110012, भारत

²श्रेजुएट स्कूल, आईसीएआर-भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012, भारत

*संवादी लेखक का ईमेल पता: roy.anupama11@gmail.com

भारत जैसे कृषि प्रधान देश में बढ़ती जनसंख्या, जलवायु परिवर्तन और सीमित संसाधनों ने पारंपरिक खेती को नई चुनौतियों के सामने खड़ा कर दिया है। इन चुनौतियों का समाधान खोजने में बायोइन्फॉर्मेटिक्स एक नई वैज्ञानिक क्रांति के रूप में उभरा है। यह तकनीक जीवविज्ञान और कंप्यूटर विज्ञान का समन्वय है, जिसके माध्यम से फसलों के जीनोमिक डेटा का विश्लेषण कर बेहतर किस्में, रोग-प्रतिरोधी और सूखा-सहनशील फसलें विकसित की जा रही हैं। भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, विश्वविद्यालय और सरकारी योजनाएँ बायोइन्फॉर्मेटिक्स को कृषि सुधार के लिए प्रमुख उपकरण के रूप में अपना रहे हैं। इसके माध्यम से डेटा-आधारित निर्णय, स्मार्ट खेती, और डिजिटल कृषि जैसे नए आयाम विकसित हुए हैं। बायोइन्फॉर्मेटिक्स के उपयोग से किसानों को बेहतर बीज, रोगों की समय पर पहचान, उत्पादन में वृद्धि, और टिकाऊ खेती के अवसर प्राप्त हो रहे हैं। साथ ही, यह क्षेत्र युवाओं के लिए नए करियर अवसर और भारत के लिए वैश्विक कृषि नेतृत्व की दिशा में संभावनाएँ प्रस्तुत करता है। इस प्रकार, बायोइन्फॉर्मेटिक्स केवल एक तकनीक नहीं, बल्कि भारतीय कृषि को वैज्ञानिक, आर्थिक और पर्यावरणीय रूप से सशक्त बनाने की दिशा में एक परिवर्तनकारी शक्ति बन चुका है।

शब्दकुंजी: कृषि बायोइन्फॉर्मेटिक्स, फसल सुधार, जीनोमिक्स, डिजिटल कृषि, स्मार्ट खेती, रोग-प्रतिरोधी फसलें, टिकाऊ कृषि, जैव-प्रौद्योगिकी।

प्रस्तावना

भारत एक कृषि प्रधान देश है, जहाँ कृषि न केवल लोगों की आजीविका का प्रमुख साधन है, बल्कि यह देश की अर्थव्यवस्था की रीढ़ भी है। भारत की लगभग 58% आबादी प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से कृषि पर निर्भर है, और कृषि का योगदान राष्ट्रीय सकल घरेलू उत्पाद (GDP) में लगभग 18% है (FAO, 2021)। तेजी से बढ़ती जनसंख्या के कारण भारत के सामने खाद्य सुरक्षा एक गंभीर चुनौती बन गई है। संयुक्त राष्ट्र खाद्य एवं कृषि संगठन के अनुसार, वर्ष 2050 तक भारत की जनसंख्या लगभग 1.6 अरब तक पहुँच जाएगी, जिससे खाद्य उत्पादन की मांग में 70% तक वृद्धि होगी (Tilman *et al.*, 2011)। ऐसे में पारंपरिक खेती, जो अधिकतर वर्षा और प्राकृतिक संसाधनों पर निर्भर है, अब इस बढ़ती मांग को पूरा करने में सक्षम नहीं रह गई है। पारंपरिक खेती सदियों से भारतीय समाज की संस्कृति का हिस्सा रही है, परंतु यह बदलते जलवायु पैटर्न, मिट्टी के क्षरण और कीटजनित रोगों के प्रभाव से प्रभावित होती रही है (Pingali, 2012)। दूसरी ओर, आधुनिक वैज्ञानिक खेती जैसे प्रिंसीपल एग्रीकल्चर, जीनोमिक्स, रिमोट सेंसिंग और बायोइन्फॉर्मेटिक्स आधारित निर्णय प्रणाली — ने कृषि को अधिक सटीक, टिकाऊ और उत्पादक बनाने में मदद की है (Tan *et al.*, 2022)। इन वैज्ञानिक नवाचारों का उद्देश्य केवल उत्पादन बढ़ाना नहीं है, बल्कि फसलों

की गुणवत्ता, पोषण और जलवायु सहनशीलता को भी सुधारना है। इस दिशा में बायोइन्फॉर्मेटिक्स एक नई क्रांति लेकर आया है, जो कंप्यूटर विज्ञान और जीवविज्ञान के संयोजन से कृषि के लिए उपयोगी जीन और डेटा की पहचान में मदद करता है। यह भारत जैसे कृषि प्रधान देश को खाद्य सुरक्षा और स्थायी कृषि की दिशा में आगे बढ़ने की नई संभावना प्रदान करता है (FAO, 2021; Tilman *et al.*, 2011)।

बायोइन्फॉर्मेटिक्स क्या है?

बायोइन्फॉर्मेटिक्स दो शब्दों से मिलकर बना है, बायोलॉजी (जीवविज्ञान) और इन्फॉर्मेटिक्स (सूचना विज्ञान)। इसका अर्थ है: “कंप्यूटर और गणनात्मक तकनीकों की मदद से जैविक जानकारी को समझना, संग्रह करना और विश्लेषण करना।” सरल शब्दों में कहें तो, यह वह विज्ञान है जो जीवित प्राणियों के अंदर मौजूद आनुवंशिक कोड (DNA, RNA, प्रोटीन) को कंप्यूटर की सहायता से पढ़ता और समझता है। हर जीव के अंदर डीएनए (DNA) नामक एक अणु होता है, जिसमें जीवन की सभी आवश्यक सूचनाएँ जैसे रूप, रंग, रोग प्रतिरोधक क्षमता और उपज क्षमता लिखी होती हैं। इन सूचनाओं को पढ़ने और समझने के लिए वैज्ञानिक बायोइन्फॉर्मेटिक्स टूल्स का उपयोग करते हैं। ये उपकरण बड़े जैविक डेटा सेट का विश्लेषण कर यह बताते हैं कि कौन-सा जीन किस गुण के लिए ज़िम्मेदार है (Tan *et al.*, 2022)। कृषि में बायोइन्फॉर्मेटिक्स का उपयोग तब शुरू हुआ जब वैज्ञानिकों ने पौधों के जीनोम अनुक्रमण को कंप्यूटर के माध्यम से पढ़ना शुरू किया। उदाहरण के लिए, धान, गेहूं और मक्का जैसी फसलों के जीनोम की पहचान ने यह समझने में मदद की कि कौन से जीन सूखा, रोग या लवणीय मिट्टी जैसी परिस्थितियों में फसल को बचाने में मदद करते हैं (Priyatham *et al.*, 2025)। इसके बाद, बायोइन्फॉर्मेटिक्स का दायरा बढ़ता गया और आज यह जीन एडिटिंग, फसल सुधार, और रोग पूर्वानुमान जैसे क्षेत्रों में एक केंद्रीय भूमिका निभा रहा है। यह तकनीक कृषि को पारंपरिक प्रयोगशाला अनुसंधान से आगे ले जाकर डेटा-आधारित वैज्ञानिक खेती (Data-Driven Scientific Farming) की दिशा में अग्रसर कर रही है।

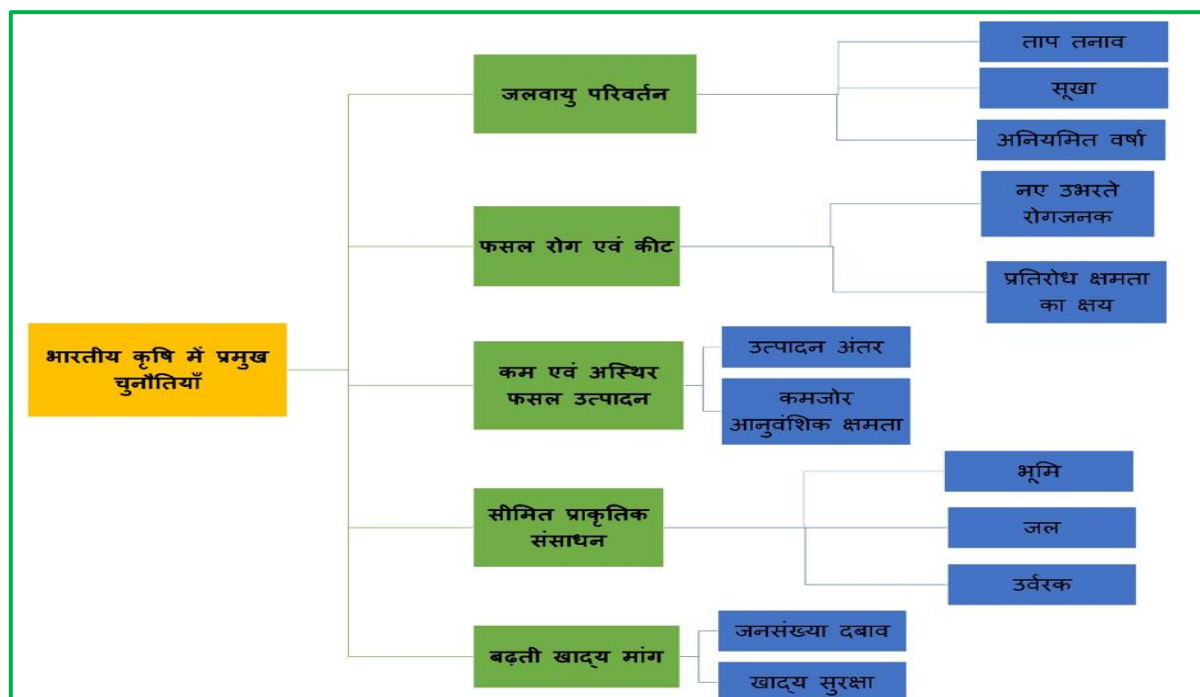
कृषि में बायोइन्फॉर्मेटिक्स की आवश्यकता

आधुनिक युग में कृषि कई गंभीर चुनौतियों का सामना कर रही है। जलवायु परिवर्तन, नए रोगों और कीटों का बढ़ता प्रकोप, खाद्य उत्पादन की बढ़ती मांग, और सीमित भूमि तथा संसाधनों की उपलब्धता, इन सबने पारंपरिक खेती के तरीकों को अप्रभावी बना दिया है। ऐसे समय में बायोइन्फॉर्मेटिक्स कृषि के लिए एक आवश्यक वैज्ञानिक उपकरण के रूप में उभरा है, जो इन समस्याओं के समाधान के लिए ठोस और सटीक दिशा प्रदान करता है। जलवायु परिवर्तन के कारण तापमान, वर्षा और मिट्टी की गुणवत्ता में लगातार बदलाव आ रहे हैं, जिससे फसल की उत्पादकता पर गहरा असर पड़ता है। इस समस्या से निपटने के लिए वैज्ञानिक बायोइन्फॉर्मेटिक्स की सहायता से ऐसे जीनों की पहचान कर रहे हैं जो फसलों को सूखा, गर्मी और लवणीय मिट्टी जैसी परिस्थितियों में सहनशील बनाते हैं (Priyatham *et al.*, 2025)। इस तरह, जलवायु-सहनशील फसल किस्मों का विकास अब पारंपरिक प्रजनन विधियों की तुलना में अधिक तेजी और सटीकता से संभव हो रहा है। इसी प्रकार, रोगों और कीटों की बढ़ती समस्या भी किसानों के लिए बड़ी चुनौती है। बदलते वातावरण के कारण रोगजनकों और कीटों की नई प्रजातियाँ उभर रही हैं, जिनका पारंपरिक कीटनाशक या उर्वरक से नियंत्रण कठिन हो जाता है। बायोइन्फॉर्मेटिक्स-आधारित तकनीकें वैज्ञानिकों को रोग-प्रतिरोधी जीन की पहचान करने और उन्हें फसलों में शामिल करने में मदद करती हैं, जिससे पौधों की प्रतिरक्षा प्रणाली मजबूत होती है (Hu *et al.*, 2018)। इस प्रक्रिया से रोगों के प्रकोप को पहले ही पहचाना और नियंत्रित किया जा सकता है। तेजी से बढ़ती जनसंख्या के कारण अधिक उत्पादन और बेहतर गुणवत्ता वाले खाद्यान्न की मांग भी लगातार बढ़ रही है। पारंपरिक खेती में उपज सीमित होती है, जबकि बायोइन्फॉर्मेटिक्स के प्रयोग से जीनोमिक डेटा के आधार पर अधिक उपज देने वाली, पौष्टिक और रोग-प्रतिरोधी फसलें विकसित की जा रही हैं (Xu *et al.*, 2017)। इसके अतिरिक्त, भारत जैसे देश में भूमि और संसाधनों की सीमितता कृषि विकास की सबसे बड़ी बाधा है। यहाँ बायोइन्फॉर्मेटिक्स-आधारित मॉडल यह निर्धारित करने में मदद करते हैं कि किस क्षेत्र में कौन-सी फसल सबसे उपयुक्त होगी, जिससे जल, उर्वरक और भूमि संसाधनों का अधिकतम और टिकाऊ उपयोग सुनिश्चित किया जा सके

(Tan *et al.*, 2022)। इस प्रकार, बायोइन्फॉर्मेटिक्स न केवल कृषि को वैज्ञानिक दृष्टि से सशक्त बना रहा है, बल्कि यह भारत की खाद्य सुरक्षा, आर्थिक स्थिरता और पर्यावरणीय संतुलन बनाए रखने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है।

फसल सुधार में बायोइन्फॉर्मेटिक्स की भूमिका

फसल सुधार का उद्देश्य ऐसी फसलें विकसित करना है जो अधिक उत्पादन देने वाली, रोग-प्रतिरोधी, जलवायु-सहनशील और पोषक गुणों से भरपूर हों। पारंपरिक प्रजनन विधियाँ लंबे समय तक फसलों के चयन और संकरण पर आधारित रही हैं, जो कई वर्षों का समय लेती हैं और अक्सर सटीक परिणाम नहीं दे पातीं। वहीं, बायोइन्फॉर्मेटिक्स ने इस प्रक्रिया को न केवल तेज़ किया है बल्कि अधिक सटीक और वैज्ञानिक भी बना दिया है। बायोइन्फॉर्मेटिक्स की मदद से वैज्ञानिक अब फसलों के जीनोम अनुक्रम को समझकर उन जीनों की पहचान करते हैं जो उच्च उत्पादन, रोग प्रतिरोध या सूखा सहनशीलता जैसे गुणों के लिए जिम्मेदार होते हैं (Priyatham *et al.*, 2025)। एक बार इन जीनों की पहचान हो जाने के बाद, उन्हें प्रजनन कार्यक्रमों में उपयोग किया जाता है ताकि बेहतर और उन्नत किस्में विकसित की जा सकें। इस प्रक्रिया को मार्कर-असिस्टेड सिलेक्शन कहा जाता है, जो पारंपरिक विधियों की तुलना में कहीं अधिक तेज़ और विश्वसनीय है (Xu *et al.*, 2017)। रोग-प्रतिरोधी और सूखा-सहनशील फसलें विकसित करने में बायोइन्फॉर्मेटिक्स की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण है। इस तकनीक की मदद से वैज्ञानिक ऐसे जीनों की पहचान कर रहे हैं जो फसलों को प्रतिकूल पर्यावरणीय परिस्थितियों और विभिन्न रोगों के प्रति अधिक सहनशील बनाते हैं। प्राप्त जानकारीयों को जीनोमिक डाटाबेस में सुरक्षित रखा जाता है, ताकि भविष्य के अनुसंधान और उन्नत फसल विकास में उनका प्रभावी उपयोग किया जा सके (Hu *et al.*, 2018)। इसके साथ ही, बायोइन्फॉर्मेटिक्स का उपयोग फलों, अनाज और सब्जियों की गुणवत्ता सुधार में भी हो रहा है। वैज्ञानिक जीनोमिक डेटा का विश्लेषण कर यह पता लगाते हैं कि कौन-से जीन स्वाद, पोषण या शेल्फ लाइफ को प्रभावित करते हैं, और उन जीनों को प्रजनन प्रक्रिया में सम्मिलित कर नई और बेहतर किस्में तैयार करते हैं (Jha *et al.*, 2022)। सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि बायोइन्फॉर्मेटिक्स आधारित प्रजनन प्रक्रिया पारंपरिक विधियों की तुलना में कम समय में सही चयन सुनिश्चित करती है। पहले जहाँ किसी फसल की नई किस्म विकसित करने में 10-12 वर्ष लग जाते थे, वहीं अब जीनोमिक चयन और कंप्यूटेशनल मॉडलिंग के प्रयोग से यह अवधि 4-6 वर्ष तक सिमट गई है। इससे कृषि अनुसंधान में उत्पादकता, सटीकता और दक्षता, तीनों में उल्लेखनीय वृद्धि हुई है (Priyatham *et al.*, 2025; Xu *et al.*, 2017)।



चित्र संख्या 1: भारतीय कृषि में प्रमुख चुनौतियों का संक्षिप्त चित्रात्मक निरूपण।

भारतीय कृषि अनुसंधान में बायोइन्फॉर्मेटिक्स

भारत में कृषि अनुसंधान का स्वरूप पिछले दो दशकों में उल्लेखनीय रूप से बदला है। परंपरागत प्रयोगशाला-आधारित अनुसंधान से आगे बढ़ते हुए अब देश ने जैव-प्रौद्योगिकी और डिजिटल कृषि के क्षेत्र में अभूतपूर्व प्रगति की है। इस परिवर्तन में बायोइन्फॉर्मेटिक्स की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण रही है, जिसने भारतीय कृषि अनुसंधान को डेटा-आधारित, सटीक और आधुनिक दिशा प्रदान की है। भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग (DST), जैव प्रौद्योगिकी विभाग (DBT) और भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (ICAR) ने कृषि बायोइन्फॉर्मेटिक्स को बढ़ावा देने के लिए अनेक पहलें शुरू की हैं। ICAR- नेशनल एग्रीकल्चरल बायोइन्फॉर्मेटिक्स ग्रिड (NABG) और BTISnet (Biotechnology Information System Network) जैसी परियोजनाएँ देशभर में जैविक डेटा के संग्रह, विश्लेषण और साझा करने के लिए महत्वपूर्ण प्लेटफॉर्म प्रदान कर रही हैं (Kumar, 2018)। इन पहलों का उद्देश्य कृषि विज्ञान में बिग डेटा, मशीन लर्निंग और क्लाउड कंप्यूटिंग के माध्यम से अनुसंधान को डिजिटल बनाना है। भारतीय विश्वविद्यालयों और अनुसंधान संस्थानों ने भी बायोइन्फॉर्मेटिक्स को कृषि शिक्षा और अनुसंधान का अभिन्न अंग बना लिया है। देश के लगभग सभी प्रमुख कृषि विश्वविद्यालयों में अब जीनोमिक्स, प्रोटीओमिक्स और बायोइन्फॉर्मेटिक्स केंद्र स्थापित किए जा चुके हैं, जहाँ फसलों के जीनोम अनुक्रमण, जीन पहचान, और डेटा विश्लेषण पर शोध किया जा रहा है (Priyatham *et al.*, 2025)। कृषि अनुसंधान में डेटा और डिजिटल संसाधनों का महत्व लगातार बढ़ता जा रहा है। अब वैज्ञानिक न केवल जीनों का अध्ययन करते हैं बल्कि वे बड़े पैमाने पर उपलब्ध जैविक डेटा को विश्लेषित करके फसल सुधार, रोग निदान और पोषण वृद्धि जैसी प्रक्रियाओं को भी बेहतर बना रहे हैं। नेक्स्ट जेनरेशन सीक्वेंसिंग और मेटाजेनोमिक्स जैसी तकनीकों के माध्यम से विशाल डेटा सेट्स का उपयोग कर कृषि पारिस्थितिकी और मिट्टी स्वास्थ्य पर नई अंतर्दृष्टियाँ प्राप्त की जा रही हैं (Sharma *et al.*, 2021)। भारतीय वैज्ञानिकों ने इस क्षेत्र में विश्व स्तर पर अपनी उपस्थिति दर्ज कराई है। धान, गेहूँ, चना, और कपास जैसी प्रमुख फसलों के जीनोमिक डाटाबेस तैयार किए गए हैं, जिनसे जलवायु-सहनशील और रोग-प्रतिरोधी फसलों के विकास में सहायता मिली है। इन उपलब्धियों ने भारत को कृषि बायोइन्फॉर्मेटिक्स के क्षेत्र में अग्रणी देशों की श्रेणी में ला खड़ा किया है (Hu *et al.*, 2018)। इस प्रकार, भारतीय कृषि अनुसंधान में बायोइन्फॉर्मेटिक्स न केवल वैज्ञानिक नवाचारों का आधार बन चुका है बल्कि यह भारत को स्मार्ट कृषि और खाद्य सुरक्षा की दिशा में आगे बढ़ाने की प्रमुख शक्ति के रूप में उभरा है।

किसानों को होने वाले लाभ

कृषि में बायोइन्फॉर्मेटिक्स का सबसे बड़ा लाभ यह है कि इसके परिणाम सीधे तौर पर किसानों तक पहुँचते हैं। यह तकनीक किसानों को बेहतर बीज, सटीक जानकारी और टिकाऊ खेती के समाधान प्रदान करती है, जिससे उत्पादन बढ़ता है और लागत घटती है। सबसे पहले, बायोइन्फॉर्मेटिक्स की मदद से वैज्ञानिक बेहतर बीज और उन्नत किस्में विकसित कर पा रहे हैं। जीनोमिक विश्लेषण और मार्कर-असिस्टेड ब्रीडिंग के माध्यम से वैज्ञानिक ऐसे बीज तैयार करते हैं जो स्थानीय जलवायु परिस्थितियों के अनुकूल हों और रोगों या कीटों के प्रति अधिक सहनशीलता रखते हों। उदाहरण के लिए, भारत में विकसित चना और गेहूँ की नई जीनोमिक किस्मों ने किसानों को अधिक उत्पादन और स्थिरता प्रदान की है (Priyatham *et al.*, 2025)। इन उन्नत किस्मों से बीज की गुणवत्ता में भी सुधार हुआ है, जिससे फसल की उपज और लाभ दोनों में वृद्धि हुई है। दूसरा, बायोइन्फॉर्मेटिक्स आधारित रोग पहचान प्रणाली किसानों को समय पर रोग नियंत्रण में मदद करती है। जब फसल के जीनोमिक डेटा का विश्लेषण किया जाता है, तो उससे यह अनुमान लगाया जा सकता है कि कौन-से रोग या कीट विशेष फसल को प्रभावित कर सकते हैं। इस पूर्वानुमान के आधार पर किसान फसल सुरक्षा के लिए उचित कदम पहले ही उठा सकते हैं, जिससे नुकसान कम होता है (Hu *et al.*, 2018)। तीसरा, बायोइन्फॉर्मेटिक्स से प्राप्त डेटा का उपयोग उत्पादन बढ़ाने और लागत घटाने दोनों में किया जा सकता है। डेटा-संचालित खेती किसानों को यह निर्णय लेने में सक्षम बनाती है कि किस क्षेत्र में कौन-सी फसल, किस मौसम में, और किन पोषक तत्वों के साथ लगाई जानी चाहिए। इससे न केवल उत्पादन बढ़ता है बल्कि उर्वरक, पानी और कीटनाशक के अनावश्यक उपयोग में भी कमी आती है (Xu *et al.*, 2017)। अंत में, बायोइन्फॉर्मेटिक्स टिकाऊ खेती को बढ़ावा देता है। आधुनिक डिजिटल प्लेटफॉर्म और जीनोमिक्स टूल्स किसानों को ऐसे संसाधनों के उपयोग की दिशा में प्रेरित करते हैं जो पर्यावरणीय संतुलन बनाए रखें। उदाहरण के लिए, मिट्टी की

माइक्रोबियल विविधता का अध्ययन और जलवायु अनुकूल जीनों की पहचान किसानों को प्राकृतिक परिस्थितियों के अनुसार खेती करने में मदद करती है, जिससे पर्यावरणीय क्षति कम होती है और दीर्घकालिक टिकाऊ उत्पादन सुनिश्चित होता है (Kumar, 2018)। इस प्रकार, बायोइन्फॉर्मेटिक्स किसानों को न केवल वैज्ञानिक दृष्टि से सशक्त बना रहा है, बल्कि यह उनकी आजीविका, उत्पादन क्षमता और पर्यावरणीय जागरूकता — तीनों में सुधार लाने की दिशा में एक सशक्त कदम सिद्ध हो रहा है।



चित्र संख्या 2: कृषि जैव-सूचना विज्ञान के प्रमुख अनुप्रयोगों का सारगर्भित प्रस्तुतीकरण।

भविष्य की संभावनाएँ

भारत में कृषि का भविष्य अब स्मार्ट खेती और डिजिटल कृषि की दिशा में तेजी से बढ़ रहा है। जैसे-जैसे देश डेटा-संचालित निर्णय प्रणालियों और तकनीकी नवाचारों को अपनाता जा रहा है, वैसे-वैसे बायोइन्फॉर्मेटिक्स इस क्रांति का आधार बन रहा है। यह न केवल फसलों के जीनोमिक विश्लेषण तक सीमित है, बल्कि खेत स्तर पर सटीक निगरानी, जलवायु मॉडलिंग, और स्मार्ट निर्णय समर्थन प्रणालियों तक अपनी पहुँच बना चुका है। स्मार्ट खेती के तहत सेंसर, ड्रोन, उपग्रह चित्रण और इंटरनेट ऑफ थिंग्स तकनीकों को बायोइन्फॉर्मेटिक्स डेटा के साथ जोड़ा जा रहा है, जिससे फसल की वास्तविक समय में निगरानी, मिट्टी की स्थिति का विश्लेषण और पोषक तत्व प्रबंधन संभव हो रहा है। इन डेटा-संचालित तरीकों से उत्पादन की दक्षता बढ़ रही है और संसाधनों का सर्वोत्तम उपयोग सुनिश्चित हो रहा है (Kalaugher *et al.*, 2017)। इसके अतिरिक्त, आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस (AI) और बायोइन्फॉर्मेटिक्स के संयोजन से कृषि अनुसंधान की दिशा पूरी तरह बदल रही है। मशीन लर्निंग और डीप लर्निंग एल्गोरिद्म अब जीनोमिक डेटा का विश्लेषण कर यह अनुमान लगाने में सक्षम हैं कि कौन-सी फसल किस परिस्थिति में बेहतर प्रदर्शन करेगी। उदाहरण के लिए, AI मॉडल अब जीनोमिक अनुक्रमों से फसल के रोग प्रतिरोध और उत्पादकता की भविष्यवाणी करने लगे हैं, जिससे अनुसंधान और फसल विकास दोनों प्रक्रियाएँ अत्यधिक तेज़ और सटीक हो गई हैं (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018)।

युवाओं और छात्रों के लिए नए करियर अवसर भी तेजी से खुल रहे हैं। कृषि विज्ञान, डेटा साइंस और बायोइन्फॉर्मेटिक्स के संयोजन ने एक नया क्षेत्र तैयार किया है, एग्री-बायोइन्फॉर्मेटिक्स। इस क्षेत्र में डेटा विश्लेषण विशेषज्ञ, जीनोमिक्स रिसर्चर, AI मॉडल डेवलपर और डिजिटल एग्रीकल्चर कंसल्टेंट जैसी भूमिकाओं की मांग बढ़ रही है (Tan *et al.*, 2022)। भारत के विश्वविद्यालयों में अब बायोइन्फॉर्मेटिक्स और एग्रीटेक में विशेष कोर्स और स्टार्टअप इनक्यूबेशन कार्यक्रम शुरू किए जा रहे हैं, जिससे युवाओं को नई संभावनाएँ मिल रही हैं। अंततः, बायोइन्फॉर्मेटिक्स भारत को कृषि अनुसंधान में वैश्विक नेतृत्व की दिशा में आगे बढ़ा रहा है। भारत के पास विशाल जैव विविधता, मजबूत अनुसंधान नेटवर्क और डिजिटल अवसंरचना है, जो इसे आने वाले वर्षों में वैश्विक कृषि नवाचार केंद्र बनाने की क्षमता देता है (Priyatham *et al.*, 2025)। इस प्रकार, बायोइन्फॉर्मेटिक्स केवल एक तकनीक नहीं, बल्कि भारत की कृषि को वैज्ञानिक, आर्थिक और वैश्विक रूप से सशक्त बनाने की दिशा में एक परिवर्तनकारी शक्ति बन चुकी है।

निष्कर्ष

आज के दौर में जब दुनिया खाद्य संकट, जलवायु परिवर्तन और संसाधनों की कमी जैसी चुनौतियों का सामना कर रही है, तब बायोइन्फॉर्मेटिक्स केवल एक वैज्ञानिक उपकरण नहीं, बल्कि एक अनिवार्यता बन चुका है। यह तकनीक कृषि को पारंपरिक सीमाओं से आगे ले जाकर डेटा-संचालित, सटीक और टिकाऊ दिशा प्रदान करती है। बायोइन्फॉर्मेटिक्स ने यह साबित कर दिया है कि विज्ञान और कृषि का संगम ही भविष्य का वास्तविक समाधान है। जीनोमिक्स, कृत्रिम बुद्धिमत्ता और डिजिटल तकनीकों के साथ मिलकर यह भारतीय कृषि को न केवल आत्मनिर्भर बल्कि वैश्विक प्रतिस्पर्धा में अग्रणी बना रहा है। आने वाले वर्षों में यह तकनीक फसल सुधार, खाद्य सुरक्षा और पर्यावरण संरक्षण तीनों को एक साथ आगे बढ़ाने में प्रमुख भूमिका निभाएगी। इस परिवर्तन के केंद्र में किसान, वैज्ञानिक और समाज तीनों की साझेदारी है। किसान आधुनिक तकनीक से सशक्त हो रहा है, वैज्ञानिक नए खोजों से भविष्य की दिशा तय कर रहे हैं, और समाज सुरक्षित एवं पौष्टिक भोजन की ओर बढ़ रहा है। अंततः, बायोइन्फॉर्मेटिक्स हमें यह संदेश देता है कि जब विज्ञान और प्रकृति का संतुलन साथ चलता है, तो न केवल खेतों में हरियाली बढ़ती है बल्कि पूरे राष्ट्र की प्रगति भी सुनिश्चित होती है।

संदर्भ

1. FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>
2. Hu, H., Scheben, A., & Edwards, D. (2018). Advances in Integrating Genomics and Bioinformatics in the Plant Breeding Pipeline. *Agriculture*, 8(6), 75. <https://doi.org/10.3390/agriculture8060075>
3. Jha, R., Yadav, H. K., Raiya, R., Singh, R. K., Jha, U. C., Sathee, L., Singh, P., Thudi, M., Singh, A., Chaturvedi, S. K., & Tripathi, S. (2022). Integrated breeding approaches to enhance the nutritional quality of food legumes. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.984700>
4. Kalaugher, E., Beukes, P., Bornman, J. F., Clark, A., & Campbell, D. I. (2017). Modelling farm-level adaptation of temperate, pasture-based dairy farms to climate change. *Agricultural Systems*, 153, 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.008>
5. Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70–90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
6. Kumar, D. (2018). Development of Agricultural Bioinformatics in India: Issues and Challenges. In *Asian Biotechnology and Development Review* (Vol. 20, Issue 3).
7. Pingali, P. L. (2012). Green Revolution: Impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12302–12308. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912953109>
8. Priyatham, K., Chakraborty, S., Paul, M., Harshavardhan, S. S., Singh, J., Nidhi, Dkhar, T., Suvarna, C., Kole, A., & Das, S. (2025). Genomics-assisted Plant Breeding for Sustainable Agriculture, Environmental Harmony, and Global Food Security: A Comprehensive Review. *PLANT CELL BIOTECHNOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY*, 26(1–2), 73–86. <https://doi.org/10.56557/pcbmb/2025/v26i1-29102>

9. Sharma, R., Kumar, A., & Ramakrishnan, R. S. (2021). Role of Computational Biology in Sustainable Development of Agriculture. In *Bioinformatics for agriculture: High-throughput approaches* (pp. 53–69). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4791-5_3
10. Tan, Y. C., Kumar, A. U., Wong, Y. P., & Ling, A. P. K. (2022). Bioinformatics approaches and applications in plant biotechnology. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 20(1), 106. <https://doi.org/10.1186/s43141-022-00394-5>
11. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(50), 20260–20264. <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
12. Xu, Y., Li, P., Zou, C., Lu, Y., Xie, C., Zhang, X., Prasanna, B. M., & Olsen, M. S. (2017). Enhancing genetic gain in the era of molecular breeding. *Journal of Experimental Botany*, 68(11), 2641–2666. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx135>