जल सुरक्षा

उन्नत जल संसाधन प्रबंधन द्वारा खाद्य सुरक्षा

जल प्रौद्योगिकी केंद्र

भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान

नई दिल्ली -110012 (भारत)

जल सुरक्षा

अर्धवार्षिक पत्रिका

(जुलाई – दिसम्बर, 2024)

जल प्रौद्योगिकी केंद्र
भा. कृ. अनु. प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
नई दिल्ली -110012

संरक्षक मंडल:

1. डॉ. सीएच. श्रीनिवास राव, निदेशक, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012
2. डॉ. टी. आर. शर्मा, पूर्व-निदेशक, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012
3. डॉ. अनुपमा सिंह, संयुक्त-निदेशक (शिक्षा) एवं अधिष्ठाता, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012
4. डॉ. विश्वनाथन चिन्नुसामी, संयुक्त-निदेशक (अनुसंधान), भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012
5. डॉ. आर. एन. पड़ारिया, संयुक्त-निदेशक (प्रसार), भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012
6. डॉ. पी. एस. ब्रह्मानन्द, परियोजना निदेशक, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012

संपादक मंडल:

- **मुख्य संपादक:** डॉ. अनिल कुमार मिश्र, प्रधान वैज्ञानिक, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. – भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012 ईमेल: akm_wtc@iari.res.in
- **संपादक:**
  1. डॉ. विजय प्रजापति, वैज्ञानिक, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012 ईमेल: vkprajapati@iari.res.in
  2. डॉ. नीता द्विवेदी, प्रधान वैज्ञानिक, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012 ईमेल: neeta.dwivedi@icar.org.in
  3. डॉ. मोनालिशा प्रामाणिक, वरिष्ठ वैज्ञानिक, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012 ईमेल: monalisha.pramanik@iari.res.in
  4. डॉ. सुसमा सुधिश्री, प्रधान वैज्ञानिक, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012 ईमेल: susma.sudhishri@icar.org.in
  5. श्री सतेन्द्र कुमार, प्रशासनिक अधिकारी, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012 ईमेल: satyendra.kumar30@icar.org.in
  6. डॉ. वीरेंद्र कुमार, सहायक मुख्य तकनीकी अधिकारी, जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली-110012 ईमेल: virendra.dhama@icar.org.in
- **तकनीकी सहायक:** श्रीमती सतेन्द्र कौर, श्री संजय, श्री शशिकांत, श्री जगत कुमार

© प्रकाशकाधीन (सर्वाधिकार सुरक्षित)

प्रकाशक: जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प.-भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
नई दिल्ली -110012 (भारत)

(सर्वाधिकार प्रकाशक के अधीन; इस प्रकाशन में व्यक्त किए गए विचार लेखकों के अपने विचार हैं और प्रकाशक अथवा संपादक इस प्रकाशन में दी गई सामाग्री के अनुप्रयोग से होने वाली किसी भी प्रकार की क्षति /हानि के लिए उत्तरदायी नहीं हैं।)

जल प्रौद्योगिकी केन्द्र
भा.कृ.अ.प.–भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
नई दिल्ली–110012
WATER TECHNOLOGY CENTRE
ICAR-INDIAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE
NEW DELHI-110012

डॉ. पी. एस. ब्रह्मानंद
परियोजना निदेशक

Dr. P. S. Brahmanand
Project Director

परियोजना निदेशक की कलम से........

हमारे ग्रह के 70% हिस्से पर जल है परन्तु केवल 3% ही मीठे जल के रूप में उपलब्ध है और इसका भी दो-तिहाई हिस्सा जमे हुए ग्लेशियरों में छिपा हुआ है या हमारे उपयोग के लिए अनुपलब्ध है। इसलिए स्वच्छ जल - जिसे हम पीते हैं, नहाते हैं, अपने खेतों की सिंचाई करते हैं - अविश्वसनीय रूप से दुर्लभ है। परिणामस्वरूप, दुनिया भर में लगभग 1.1 बिलियन लोगों के पास जल तक पहुंच नहीं है, और कुल 2.7 बिलियन लोगों को वर्ष के कम से कम एक महीने के लिए जल की कमी महसूस होती है। अपर्याप्त स्वच्छ जल भी 2.4 अरब लोगों के लिए एक समस्या है - वे हैजा और टाइफाइड बुखार और अन्य जल-जनित बीमारियों के संपर्क में हैं।

भारत में जल का लगभग 80 प्रतिशत हिस्सा कृषि कार्यो में उपयोग किया जाता है। स्वच्छ जल की अनुपलब्धता भारतीय कृषि के उन्नत भविष्य के लिए एक विशेष चुनौती बन सकती है। जलवायु परिवर्तन के फलस्वरूप बढ़ते तापमान से खेती प्रभावित होती है क्योंकि वर्षा अधिक अप्रत्याशित हो जाती है और बढ़ते तापमान से मिट्टी से पानी का वाष्पीकरण तेज हो जाता है। अधिक अनियमित जलवायु से अधिक बाढ़ आने की भी आशंका है, जो फसलों और भंडारण प्रणालियों को नष्ट कर सकती है। इसके अलावा, वर्षा अपवाह तलछट को बहा ले जा सकता है जो उपचार सुविधाओं को अवरुद्ध कर सकता है और अन्य जल स्रोतों को दूषित कर सकता है। कृषि और उद्योग दोनों में जल पदचिह्नों को कम करने के लिए एक आवश्यक कदम जल-प्रदूषणकारी एजेंटों जैसे कि कीटनाशक, रसायन, भारी धातु आदि के उपयोग को यथासंभव रोकना है। घरेलू क्षेत्र में पर्यावरण के अनुकूल सफाई उत्पादों का उपयोग करके जल को प्रदूषित होने से बचाया जा सकता है।

कृषि में उच्च जल उपयोग दक्षता प्राप्त करने के लिए उपलब्ध जल संसाधनों से मेल खाते हुए उपयुक्त फसल पैटर्न तैयार करने की आवश्यकता है। ऐसी फसलों का चयन किया जाए जिसमें कम जल की आवश्यकता हो, फसल चक्र पद्धति का पालन किया जाए तथा फसल विविधीकरण को अपनाया जाए। सुनियोजित/ सटीक सिंचाई प्रणाली पर ध्यान केंद्रित करने की आवश्यकता है जो सही समय पर और सही तरीके से पौधे को इष्टतम मात्रा में जल आपूर्ति को सुनिश्चित कर सके है। हाइड्रोपोनिक्स, सूक्ष्म सिंचाई और कृषि वानिकी जैसी जल-बचत खाद्य उत्पादन विधियों को अपनाने से जल भंडार को और अधिक बढ़ाने में मदद मिल सकती है। मृदा नमी सेंसर और मौसम आधारित तकनीकें कुशलता से सिंचाई करने में उपयोगी साबित हो सकते हैं।

मेरा मानना है कि जल की समस्या के समाधान हमारी पहुंच के भीतर हैं और हमें नवोन्वेषी सोच के साथ आगे बढ़ना होगा जिससे हम अपने इस अमूल्य खजाने को संरक्षित कर सके और सभी को पर्याप्त रूप से उपलब्ध हो सके।

मैं सभी से निवेदन करता हूँ कि हम सब मिल कर जल की समस्या को सुलझाने में अपना योगदान दें।

धन्यवाद।

(पी. एस. ब्रह्मानंद)

Tel.: 011-25846790, Mob. : +91-9776207101, E-mail : pd_wtc@iari.res.in

संपादकीय

जल सुरक्षा का द्वितीय अंक आपके कर कमलों में देते हुए मुझे अतीव हर्ष की अनुभूति हो रही है। प्रथम अंक अर्थात प्रवेशांक को आप सभी ने जितना प्यार और सम्मान दिया और जितनी सराहना की है; उस हेतु आप सभी का साधुवाद। आप के विचारों को पत्रिका के अगले अंक में सम्मिलित करने का हमारा पूरा प्रयास रहेगा। जल हम सभी की मूलभूत आवश्यकता तो है ही; परंतु मात्र जल कह देने से ही काम नहीं चलने वाला है। निर्धारित मात्रा, गुणवत्ता और यथासमय आवश्यकता की पूर्ति के भाव इस **'जल सुरक्षा'** शब्द में पूर्णतया निहित हैं। जिस प्रकार हमारे देश के जनसंख्या वृद्धि हो रही है उससे प्रति व्यक्ति जल की उपलब्धता में लगातार कमी आती जा रही है। जल की गुणवत्ता भी लगातार घटती जा रही है। आज लगभग जल के सभी स्रोत किसी न किसी प्रकार से समस्या ग्रसित हैं। जल की गुणवत्ता को प्रभावित करने वाले तमाम कारण हैं जिनको विस्तार से बताने की आवश्यकता नहीं है। जल प्रदूषण की भयंकर एवं विकराल होती जा रही समस्या सर्वविदित ही है।

हमारे देश में कई पारंपरिक जल प्रणालियाँ हैं जो पारिस्थितिक तंत्र को समृद्ध बनाए रखती हैं और बढ़ती मानव जनसंख्याको भोजन देती हैं, तनावग्रस्त हो गई हैं। नदियाँ, झीलें और जलभृत सूख रहे हैं या उपयोग के लिए बहुत अधिक प्रदूषित हो रहे हैं। विश्व की आधे से अधिक आर्द्रभूमियाँ लुप्त हो चुकी हैं। कृषि किसी भी अन्य स्रोत की तुलना में अधिक जल का उपयोग करती है और उसमें से अधिकांश को अक्षमताओं के कारण नष्ट कर देती है। जलवायु परिवर्तन दुनिया भर में मौसम और जल के पैटर्न को बदल रहा है, जिससे कुछ क्षेत्रों में कमी और सूखा पड़ रहा है और कुछ क्षेत्रों में बाढ़ आ रही है। वर्तमान उपयोग दर पर तो यह स्थिति और भी बुरी होगी। 2025 तक दुनिया की दो-तिहाई जनसंख्याको जल की कमी का सामना करना पड़ सकता है। और दुनिया भर के पारिस्थितिकी तंत्र को और भी अधिक हानि होने की संभावना होगी।

संयुक्त राष्ट्र विशेषज्ञों का अनुमान है कि वैश्विक औसत तापमान में प्रत्येक 1°C (1.8°F) की वृद्धि के लिए, नवीकरणीय जल संसाधनों में 20 प्रतिशत की गिरावट होगी। ग्लोबल वार्मिंग से जल-तनावग्रस्त क्षेत्रों की संख्या बढ़ने और पहले से ही प्रभावित क्षेत्रों में जल-तनाव बढ़ने की आशंका है। ऑस्ट्रेलिया, दक्षिणी संयुक्त राज्य अमेरिका और उत्तरी अफ्रीकी देशों जैसे उपोष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में अधिक बार और लंबे समय तक सूखा पड़ने और गर्मी बढ़ने की आशंका है; हालाँकि, जब इन क्षेत्रों में वर्षा होती है, तो इसके अधिक तीव्र होने का अनुमान लगाया जाता है। जलवायु वैज्ञानिकों का कहना है कि उष्णकटिबंधीय क्षेत्रों में मौसम भी अधिक परिवर्तनशील हो जाएगा।

निर्बाध शहरीकरण, शहरी लोगों का मलमूत्र विसर्जन और शहरी निकायों तथा कारखानों द्वारा उत्सर्जित प्रदूषित जल को बिना शोधित किए हुये सीधे नदी-नालों में गिरा देने के कारण आज भारत देश की हर नदी प्रदूषित है। वह भी तब, जब भारतीय संस्कृति और परंपरा के अनुसार पर हम नदियों

को माता कहते हैं और पूजा करते हैं। हमारे देश में आज भी विशेष पर्वों पर नदी स्नान की परंपरा है और इसी वर्ष प्रयागराज में महाकुंभ भी लग रहा है, जिसमें करोड़ों लोगों के स्नान करने की संभावना है। विषम परिस्थिति तो यह है कि हम सभी जल को प्रयोग करते हैं, चाहते हैं की जितना आवश्यकता हो हम को उतना जल हर समय प्राप्त होता रहे और उसकी गुणवत्ता भी उत्तम रहे।

यदि हमारा अभीष्ट यही है तो हाथ पर हाथ धर कर बैठने से काम चलने वाला नहीं है। हम में से प्रत्येक व्यक्ति को कुछ न कुछ उपाय तो करना ही पड़ेगा। जल मांग में कमी अर्थात जल प्रयोग में कमी और जल उपयोग दक्षता में वृद्धि करने के साथ साथ हमें जल को प्रदूषित होने से बचाने के और जल को शोधित करने की महती आवश्यकता है और इसके साथ साथ जल स्रोतों के संवर्धन एवं संरक्षण की आवश्यकता, जिसमें की गुणवत्ता और मात्रात्मकता दोनों ही शामिल हैं, विशेष रूप से आवश्यकता है। इसके लिए विशिष्ट कार्य योजना बना करके युद्धस्तर पर कार्य करने की गहन आवश्यकता प्रतीत होती हैं।

मेरा विश्वास है कि आप सभी इस विषय पर गहनता से विचार करके अपने अपने स्तर पर कुछ ऐसे कार्य को करने का प्रयास करेंगे जिससे की समवेत रूप से हमारे जल संसाधन सुरक्षित और अप्रदूषित अर्थात प्रदूषण मुक्त बने रहें जिससे कि युग युगांतर तक मानवता की सेवा होती रहे वरना आने वाली पीढ़ियाँ हमें कभी क्षमा नहीं करेंगी।

आप सभी के सुखद भविष्य की मंगल कामनाओं के साथ,

आपका

(अनिल कुमार मिश्र)

नई दिल्ली -12

मार्गशीष त्रयोदशी, 2024

अनुक्रम

क्र.सं.	आलेख	पृष्ठ संख्या
1.	**मध्ययुगीन और उत्तर-मध्यकालीन भारत देश में प्रचलित जल संसाधन संरक्षण एवं प्रबंधन तकनीकियाँ और परम्पराएँ** अनिल कुमार मिश्र	1-9
2.	**जलवायु सहनशील जल संरक्षण तकनीकें: एक संपूर्ण दृष्टिकोण** मोनालिशा प्रमाणिक, पी एस ब्रह्मानंद और राजीव रंजन	10-13
3.	**हमारी मिट्टी की रक्षा में बड़ी भूमिका निभा सकता है किसान** गौरी यु. भगोले, अनिल कुमार मिश्र, शिवम चौबे, प्रीती चौधरी, रीमा दास एवं अरुगुला नवीन	14-20
4.	**भारत में सिंचाई: प्राचीन नदियों से भूमिगत जल तक** एस. हर्षिता नायक, शिवेन्द्र कुमार श्रीवास्तव, प्रभात किशोर	21-28
5.	**भारत में भूजल चुनौतियाँ: एक गंभीर संकट** शिवम चौबे, अनिल कुमार मिश्र, महेश रोंगाली, प्रशांत शुक्ला, गौरी उ. भगोले एवं रीमा दास	29-30
6.	**सतत जल प्रबंधन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) की भूमिका** पी. जी. दोडेवार, पी. एस. ब्रह्मानंद और विजय प्रजापति	31-33
7.	**कृषि में तकनीकी नवाचार: स्मार्ट खेती की ओर बढ़ता कदम** शालू, बिपिन कुमार, हिमानी बिष्ट और जितेंद्र राजपूत	34-37
8.	**कृषि में सिंचाई प्रबंधन के लिए मौसम जानकारी का उपयोग** हिमानी बिष्ट, शालू और बिपिन कुमार	38-39
9.	**कृषि जल प्रबंधन में महिलाओं की भूमिका** मोनालिशा प्रमाणिक, पी एस ब्रह्मानंद, राजीव रंजन, विजय प्रजापति, और तृप्तिमयी सुना	40-41
10.	**स्मार्ट जल प्रबंधन शहरी सीवरशेड में बढ़ी हुई दक्षता के लिए स्मार्ट सेंसर नेटवर्क का एकीकरण** तृप्तिमयी सुना,ए के मिश्र, मोनालिशा प्रमाणिक, विजय कुमार प्रजापति, हिमानी बिष्ट, शालू, बिपिन कुमार	42-44
11.	**बदलते जलवायु परिवेश में वर्षा जल संग्रहण की संभावनाएं** वीरेन्द्र कुमार, पी. एस. ब्रहमानंद, सुसमा सुधिश्री, खजांची लाल एवं ए. के. मिश्र	45-51
12.	**वर्षा** (स्वरचित कविता) मोनालिशा प्रमाणिक	52

मध्ययुगीन और उत्तर-मध्यकालीन भारत देश में प्रचलित जल संसाधन संरक्षण एवं प्रबंधन तकनीकियाँ और परम्पराएँ

अनिल कुमार मिश्र
जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: dranilkumarmishra1@gmail.com

आज से लगभग 10-15 हजार वर्षों पूर्व मनुष्यों ने कृषि प्रधान जीवन शैली अपनाई और विभिन्न सामाजिक-सांस्कृतिक बस्तियों और समाजों का विकास करना आरंभ किया। जल मानव अस्तित्व से घनिष्ठ रूप से जुड़ा हुआ है और सामाजिक और सांस्कृतिक विकास, परंपराओं, रीति-रिवाजों और धार्मिक मान्यताओं का स्रोत है। अधिकांश प्राचीन सभ्यताएँ, उदाहरण के लिए, सिंधु घाटी, मिस्र, मेसोपोटामिया और चीन, उन स्थानों पर विकसित हुईं जहाँ कृषि और मानव आवश्यकताओं के लिए आवश्यक जल आसानी से उपलब्ध था, अर्थात, झरनों, झीलों, नदियों और समुद्रों के आसपास जब उन्होंने आखेट करना छोड़ कर स्थायी कृषि अपनाई थी, तब सर्वप्रथम स्थायी बस्तियाँ ऐसी जगहों पर बनाईं, जो किसी न किसी जल स्रोत के आस-पास स्थित थे, जैसे; झील, पोखर, नदी अथवा तालाब; क्योंकि सभी निवासी जल संबंधी अपनी सभी आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए इन्हीं जल स्रोतों पर पूर्णतः निर्भर रहते थे। इन विकास कार्यों में मनुष्य की जल संसाधनों पर निर्भरता और उसके क्रिया कलापों तथा जल संसाधनों पर एक अनोखा संबंध स्थापित किया। चूँकि जल प्राचीन सभ्यताओं का प्रमुख प्रेरक था, विभिन्न प्रयोजनों के लिए जल के उपयोग के साथ-साथ इसके विभिन्न घटकों के जल विज्ञान चक्र, प्रकृति और पैटर्न की स्पष्ट समझ ने उन सभ्यताओं को हजारों वर्षों तक फलने-फूलने में मदद की।

अनावृष्टि और जलाल्पता तथा कृषि

जलाधिक्य और जलाल्पता तथा कृषि के बीच में जो नकारत्मक संबंध है वह सर्व विदित ही है। इस देश में दोनों ही परिस्थितियाँ एकांतर क्रम से आती जाती रहती हैं। किसी भी स्थान के वर्षा के वितरण को देखें तो हम पाते हैं कि पचासो वर्षो के इतिहास में वार्षिक वर्षा में भारी असमानता है। इसी प्रकार स्थानिक वितरण को देखें तो पाते हैं कि स्थान-स्थान भी भयानक असमानता से ग्रसित हैं। इस का क्या निष्कर्ष निकलता है ? इस का अर्थ यह है कि वर्षा का वितरण अत्यधिक आसमान और अनिश्चित है।

उन्नत कृषि हेतु जल का महत्त्व

कृषि के लिए सिंचाई एक अत्यंत आवश्यक आगत है । सभ्यता के आरंभ से ही भारत एक कृषि प्रधान देश रहा है। हमारे देश में आज भी लगभग समग्र जनसंख्या की जाविका किसी न किसी रूप में कृषि पर ही आधरित है। हम पूर्व मेन निरूपित कर चुके हैं कि हमारे देश में वर्षा के वितरण में क्षेत्रवार और समयवार भारी असमानता है। जहाँ एक ओर पश्चिमी राजस्थान में औसत वर्षा 100 मि.मी. है वहीं पर दूसरी ओर पश्चिमी मेघालय के चेरापूंजी में 11000 मि.मी. सामान्य वर्षा होती है । कतिपय वर्षो में बहुत कम वर्षा होने के कारण सूखे की स्थिति भी उत्पन्न होती रही है । उत्तरी भारत में गंगा का मैदानी भाग कृषि के लिए सर्वथा उपयुक्त माना जाता है लेकिन इस क्षेत्र में वर्षा

के न होने की स्थिति में अकाल पड़ने का लम्बा इतिहास रहा है।

जल की महत्ता का प्रतिपादन

जल की महत्ता का प्रतिपादन प्राकृत, पालि, अपभ्रंश एवं संस्कृत भाषाओं में विरचित ग्रन्थों में भरा पड़ा है, परंतु अधिकांश प्राचीन जल विज्ञान संबंधी ज्ञान अभी तक दुनिया भर में छिपा और अपरिचित रहा है। दुनिया भर की अन्य प्राचीन सभ्यताओं की तरह, जल प्रबंधन की आवश्यकता ने प्राचीन भारत में जलविज्ञान के विकास को प्रेरित किया। हमारे देश में वर्षा मानसून आधारित है। यद्यपि इस देश में प्राचीन काल से ही जल संसाधन संरक्षण और प्रबंधन की महान परम्पराएँ विकसित हुयीं और आज भी प्रचलन में हैं तथापि भारत देश में सिंचाई के लिऐ जल का मुख्य स्रोत वर्षा ही है।

वैदिक युग में जल विज्ञान

वैदिक युग में, भारतीयों ने यह अवधारणा विकसित की थी कि सूर्य की किरणों और हवा के प्रभाव से जलसूक्ष्म कणों में विभाजित हो जाता है, जो वायु स्तंभ (अदृश्य नालियों) द्वारा वायुमंडल में चढ़ जाता है; वहां, यह संघनित हो जाता है औरबाद में वर्षा के रूप में गिरता है (वायु पुराण , 51.14-16)। लिंग पुराण में जल विज्ञान चक्र के विभिन्न आयामों का भी विवरण दिया गया है। जल विज्ञान चक्र के पहलुओं में माहवार परिवर्तन का भी पता चला। पौधों द्वारा जल ग्रहण, जो हवा के संयोजन के साथ-साथ घुसपैठ के ज्ञान से सुगम होता है, प्राचीन साहित्य में प्रकट होता है। बृहत् संहिता में , एक पूरा अध्याय बादलों के निर्माण (गर्भलक्षणम्) के लिए समर्पित है। वर्षा ऋतु के गुणों और ग्रहों की गति तथा बादल संरचनाओं के साथ उनके संबंध पर एक विस्तृत चर्चा दी गई है। बृहत् संहिता में वर्षा की माप और वर्षामापी के आयामों पर भी चर्चा की गई है। अपने पूर्ववर्ती आलेख मेन मैंने वैदिक साहित्य और जल के सम्बन्धों पर गहन चर्चा की थी। इस आलेख में मैं मध्यकालीन भारत में जल संसाधनों के विकास और प्रबंधन पर आप सभी का ध्यान आकृष्ट करना चाहता हूँ। जैसे जैसे सभ्यता का विकास होता गया मानव की अवश्यकता बढ़ती और बदलती गईं उसी प्रकार की प्रविधियाँ भी विकसित होने लगीं।

वैदिक युग में जल विज्ञान चक्र का ज्ञान

भारतीय संस्कृत ग्रन्थों के आधार पर, इतिहास और परम्पराओं के आधार पर महान ऋषि और लेखक वराहमिहिर को प्राचीन काल का **"प्रथम जल वैज्ञानिक"** माना जाता है। वराहमिहिर द्वारा अपनी पुस्तक 'बृहत् संहिता' में विस्तार से वर्णित एक प्रमुख तथ्य भूमिगत जल के संकेतक के रूप में दीमकों की भूमिका है। भूमिगत जल की खोज के अतिरिक्त इस पुस्तक के अध्याय के कुछ छंद कुओं की खुदाई जैसे विषयों से संबंधित हैं; प्रचलित हवाओं के संदर्भ में उनका संरेखण; कठोर दुर्दम्य पथरीले स्तर से निपटना; पत्थर तोड़ने वाली छेनी को तेज़ करना और तड़का लगाना और उनका ताप उपचार करना; आपत्तिजनक स्वाद या गंध होने पर जल को जड़ी-बूटियों से उपचारित करना; लकड़ी, पत्थर लगाने और वृक्ष रोपण से बैंकों की सुरक्षा; और ऐसे अन्य संबंधित मामले। बृहत् संहिता के अध्याय 1, श्लोक II, बृहत् संहिता (वराहमिहिर) के अनुसार ***"अतीत के ऋषियों के विशाल कार्यों के सार की सही जांच करने के बाद, मैं एक स्पष्ट ग्रंथ लिखने का प्रयास करता हूं जो न तो बहुत लंबा है और न ही बहुत लंबा है।"*** इस से यह प्रतिपादित होता है कि वराहमिहिर से पूर्व भी यह ज्ञान प्रचलन में रहा होगा परंतु जैसी की प्रथा रही है किसी ने इसे लिपिबद्ध नहीं किया होगा। वृहत संहिता के नाम से ही यह ज्ञात होता है कि इस में पूर्ववर्ती वैज्ञानिकों के द्वारा उपार्जित ज्ञान

का भी समावेश किया गया है। प्राचीन काल के हिन्दू शास्त्रों में भी सिंचाई एवं सिंचाई व्यवस्था के निर्माण में गहरी रुचि होने की झलक मिलती है जिनके बारे में हम अपने पूर्व आलेख में विस्तृत चर्चा कर चुके हैं। इस आलेख में हम मध्यवर्ती समय के भारत के जल ज्ञान के बारे में जानने का प्रयत्न करेंगे।

जैन और बौद्ध साहित्यों में जल की स्थिति

जैन साहित्य ने भी मौसम विज्ञान के क्षेत्र में महत्वपूर्ण योगदान दिया। " प्रजनापना " और " अवास्यका कर्निस " नामक विवरण विभिन्न प्रकार की हवाओं का उत्कृष्ट संदर्भ प्रदान करते हैं। अवस्याका कर्निस लगभग 15 प्रकार की हवाओं की एक सूची प्रस्तुत करता है, और प्रजनापना में वर्षा के रूप में बर्फबारी और ओलावृष्टि का भी उल्लेख है। बौद्ध साहित्य भी मौसम विज्ञान पर महत्वपूर्ण प्रकाश डालता है। " अपन्नक " नामक प्रथम जातक की कथा, में जलवायु संबंधी अनेक तथ्यों का विशद वर्णन किया गया है। जैन और बौद्ध कार्यों में बादलों की वास्तविक ऊंचाई का अनुमान लगाया गया है। प्राचीन भारतीयों (बृहत् संहिता) द्वारा कल्पना की गई मानसूनी हवाओं और उनके प्रभावों का ज्ञान आधुनिक जल-विज्ञान के अनुरूप है। इन तथ्यों से पता चलता है कि भारत में प्राचीन काल में मौसम विज्ञान सहित जल विज्ञान और संबंधित प्रक्रियाओं का समृद्ध ज्ञान था, जो आधुनिक जल विज्ञान के बराबर है। बौद्ध साहित्य बादलों के दो सामान्य वर्गों का उल्लेख करता है: मानसूनी बादल और तूफानी बादल या आकस्मिक बादल। संयुक्त निकाय बादलों को पांच श्रेणियों में वर्गीकृत करता है: जैसे; (i) ठंडे बादल, (ii) गर्म बादल, (iii) गरजने वाले बादल, (iv) पवन बादल - जो वायुमंडल में संवहन धारा की गतिविधि के कारण बनते हैं, और (v) वर्षा वाले बादल - संभवतः क्यूम्यलोनिम्बस, जो प्रचुर मात्रा में वर्षा लाता है।

मौर्य काल और के दौरान भारत के विभिन्न क्षेत्रों में वर्षा

"अर्थशास्त्र" का श्रेय कौटिल्य को दिया जाता है जिन्हें हम चाणक्य के नाम से जानते हैं और जो मौर्य वंश के संस्थापक सम्राट चंद्रगुप्त (300 ईसा पूर्व) के मुख्यमंत्री भी थे। इसमें शीतलन उपकरण का उल्लेख किया गया है जिसे " वेरियंत्र " कहते थे। लगभग 300 ईसा पूर्व मेगस्थनीज नामक एक प्राचीन यूनानी इतिहासकार ने भारत भ्रमण के साथ-साथ महाराज चंद्रगुप्त मौर्य के दरबार का दौरा भी किया था। उन के अनुसार, वेरियन्त्र नमक यंत्र का का उपयोग समाज के धनी वर्गों द्वारा हवा को ठंडा करने के लिए किया जाता था। अर्थात उस समय **" वेरियंत्र "** (हवा को ठंडा करने के लिए घूमने वाला जल का स्प्रे) नमक वॉटर कूलर का आविष्कार हो चुका था।

मौर्य काल में वर्षा का मापन

मौर्य काल के दौरान भारत के विभिन्न क्षेत्रों में वर्षा के वितरण का वर्णन करना संभव था। दुनिया भर में पहली वेधशाला की स्थापना का श्रेय मौर्यों को दिया जाता है। तिब्बती वर्षाछाया क्षेत्र का शुष्क क्षेत्र और ध्रुवीय हवाओं के कारण वर्षा न होना जैसे आधुनिक मौसम संबंधी तथ्य पुराणों में व्यापक रूप से शामिल हैं। पाणिनि (700 ईसा पूर्व) के अर्थशास्त्र और अष्टाध्यायी में वर्षामापी का उल्लेख मिलता है, जिन्हें चौथी या तीसरी शताब्दी ईसा पूर्व में मगध देश (दक्षिण बिहार) में मौर्य शासकों द्वारा पेश किया गया था। पाणिनि को पहली वेधशाला की स्थापना का श्रेय भी दिया जाता है। छठी शताब्दी ईस्वी के अंत तक इस प्रणाली का उपयोग बाद के शासकों द्वारा किया जाता रहा। मौर्य काल के दौरान,

वर्षामापी को " वर्षमान " के नाम से जाना जाता था। अर्थशास्त्र में , वर्षामापी के निर्माण का वर्णन इस प्रकार किया गया है "भंडार गृह के सामने, एक कुंड (कुंडा) जिसका मुंह एक अरत्नी जितना चौड़ा (24 अंगुल = 18 इंच लगभग) वर्षामापी के रूप में स्थापित किया जाएगा।" "। हालाँकि, अर्थशास्त्र में वर्षामापी की ऊंचाई के बारे में कोई जानकारी नहीं है। इस वर्षामापी का उपयोग 600 ईस्वी के अंत तक बाद के शासकों द्वारा प्रभावी ढंग से किया जाता रहा। मौर्य काल में विभिन्न क्षेत्रों में वर्षा का वितरण सर्वविदित था। अर्थशास्त्र में निम्नलिखित का उल्लेख है। जांगला देश (रेगिस्तानी प्रदेश) में वर्षा की मात्रा 16 द्रोण होती है ; अनुपनम (नम क्षेत्र) में आधे से भी अधिक ; उन क्षेत्रों के रूप में जो कृषि के लिए उपयुक्त है अस्मक (महाराष्ट्र) के क्षेत्रों में 13.5 द्रोण; अवंती (संभवतःमालवा)में 23 द्रोण;और अपारंतनम (पश्चिमी क्षेत्र, कोंकण का क्षेत्र) में एक विशाल मात्रा; हिमालय की सीमाएँ और वे देश जहाँ कृषि में उपयोग के लिए जल चैनल बनाए गए हैं ।

वर्षा क्षेत्रों के वर्गीकरण की कौटिल्य की पद्धति

कौटिल्य की पुस्तक "अर्थशास्त्र", मौर्य साम्राज्य की अवधि के दौरान सिंचाई और अन्य उद्देश्यों के लिए निर्मित जल संबंधी (हाइड्रोलिक) संरचनाओं का एक विस्तृत विवरण भी देती है। इस पुस्तक में वार्षिक औसत मात्रा के संबंध में वर्षा क्षेत्रों के वर्गीकरण की कौटिल्य की पद्धति वस्तुतः उल्लेखनीय है। वर्षा की भिन्नता के भौगोलिक विवरण की चर्चा करते हुए उसमें बताया गया है कि ***"जब वर्षा ऋतु के आरंभ और समाप्ति दोनों महीनों में वर्षा की अपेक्षित मात्रा की एक तिहाई और मध्य में दो तिहाई वर्षा होती है, तब वर्षा एकसार अथवा समान या सम होती है जिसे बहुत सम माना जा सकता है इस के विपरीत आसमान वार्षिक वर्षा होना निर्धारित किया जा सकता है।"*** और वह एकमात्र शास्त्रीय लेखक हैं जो लगभग पूरे भारतीय उपमहाद्वीप को ध्यान में रखते हुये इस पक्ष को उद्घाटित करते हैं। इससे यह स्पष्ट है कि अर्थशास्त्र में दी गई वर्षा मापने की पद्धति वही है जो आज हमारे पास है; अंतर केवल इतना है कि वर्षा जल को वजन इकाइयों में व्यक्त किया गया था और आज कल गहराई से वर्षा जल की भविष्यवाणी करने का विज्ञान भी अनुभवजन्य विकास के रूप में अस्तित्व में आया रहा होगा। कौटिल्य द्वारा रचित अर्थशास्त्र में आगे उल्लेख किया गया है कि **"बृहस्पति की स्थिति, गति और गर्भावस्था (गर्भाधान), शुक्र के उदय, अस्त और गति को देखकर वर्षा का पूर्वानुमान लगाया जा सकता है ; और सूर्य के प्राकृतिक या अप्राकृतिक पहलू द्वारा। शुक्र ग्रह की गति से भी वर्षा का अनुमान लगाया जा सकता है।"** बादलों के वर्गीकरण और उनकी जल धारण क्षमता (वायुमंडलीय नदियों की अवधारणा के बराबर) और वर्षा पैटर्न और कृषि के अंतर्संबंध पर विस्तृत विवरण भी अर्थशास्त्र में पाया जा सकता है। इसलिए, यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि वैदिक युग के दौरान और उसके बाद महाकाव्यों और पुराणों के युग में (अर्थात, 3000 ईसा पूर्व से 500 ईस्वी तक), जल विज्ञान चक्र का ज्ञान, भूजल और जल ज्ञान-विज्ञान की गुणवत्ता अत्यधिक उन्नत थी, यद्यपि उस समय के लोग आधुनिक समय के परिष्कृत उपकरणों के बिना, पूरी तरह से प्रकृति के अपने अनुभव पर निर्भर थे।

वैदिक काल में भू – जल की भविष्यवाणी करने का विज्ञान

हड़प्पा सभ्यता के अंतिम चरण से लेकर मौर्य काल के अंतिम चरण तक जल विज्ञान पर किए गए कार्यों की समीक्षा के आधार पर, यह बहुत ही निश्चितता से स्थापित किया जा सकता है कि प्राचीन भारतीय लोग बादलों के निर्माण, वर्षा की भविष्यवाणी और उसके माप, भूमिगत जल-धारण संरचनाओं, उच्च और निम्न जल के बारे में सम्यक ज्ञान रखते थे। विभिन्न स्थानों पर जलभृत, जलभृत की गहराई (अकुइफ़र, वॉटर टेबल), गर्म और ठंडे झरने, खुले कुओं के माध्यम से भूजल का उपयोग, विभिन्न प्रकार के कुओं के निर्माण के तरीके और उपकरण, भूमिगत जल की गुणवत्ता और यहां तक कि स्वतः प्रवाहित होने वाले (आर्टीशियन) कुआं योजनाएं। इससे पता चलता है कि जल विज्ञान चक्र, भूजल और जल की गुणवत्ता की अच्छी तरह से विकसित अवधारणाएँ प्राचीन भारतीयों को उन प्राचीन काल में ज्ञात थीं, जबकि समकालीन दुनिया अभी भी जल के वितरण पर अवैज्ञानिक विचारों से जूझ रही है।

पूर्व मध्ययुगीन भारत में जल प्रबंधन तकनीक

सामाजिक-सांस्कृतिक समाजों, कृषि प्रतिष्ठानों और स्थायी बस्तियों के विकास से मनुष्यों और जल के बीच एक अद्वितीय संबंध स्थापित हुआ विद्वानों नें पूर्वी और पश्चिमी गोलार्ध के उदाहरणों के साथ प्राचीन सामाजिक संरचनाओं और संगठनों पर जल प्रबंधन प्रथाओं के प्रभावों पर चर्चा की। भारत में सभ्यता नदियों और डेल्टाओं के आसपास विकसित हुई जैसी दुनिया के कई अन्य हिस्सों में जैसी नील नदी घाटी सभ्यता। इसी कारण से नदियाँ हमारे देश की राष्ट्रीय संस्कृति, विरासत और विकास का स्थायी प्रतीक बनीं। मोहेनजोदारों और हड़प्पा (या सिंधु घाटी सभ्यता), जो 2600-1900 ईसा पूर्व या लगभग 5000 आविर्भूत हुयी थी। इस सभ्यता के स्वर्णिम काल में 5000-1000 वर्षों पूर्व एक महान सभ्यता पुष्पित और पल्लवित हुयी थी जिस की बराबरी अभी तक कोई नहीं कर सका है। यह सभ्यता अत्यधिक समृद्ध थी जिस में सुव्यवस्थित नगर, मार्ग, अनाज रखने के गोदाम और बड़े बड़े सार्वजनिक स्नानगार भी थे। सार्वजनिक और निजी स्नानघर, सटीक ईंटों से निर्मित भूमिगत नालियों के माध्यम से जल निष्कासन (सीवरेज सिस्टम) तंत्र का एक सुनियोजित संजाल (नेटवर्क), और कई जलाशयों और कुओं के साथ एक कुशल जल प्रबंधन प्रणाली इस सभ्यता के लोगों ने आज से हजारों वर्षों पूर्व ही विकसित कर ली थी। हड़प्पा सभ्यता के नागरिक जल के प्रति अपने समर्पण के लिए विख्यात थे। वे नदियों को दैवीय दर्जा देते थे और प्रतिदिन नदियों से प्रार्थना भी करते थे जैसा की हम आज भी गंगा, यमुना, नर्मदा इत्यादि की करते हैं। शहरी केंद्रों को अत्याधुनिक नागरिक और वास्तुशिल्प डिजाइनों के साथ परिष्कृत जल निकासी और अपशिष्ट जल प्रबंधन प्रणालियों के प्रावधानों के साथ विकसित किया गया था। इस संदर्भ में यह ध्यान रखना रोचक है कि जल और अपशिष्ट जल प्रबंधन प्रणालियाँ सभ्यताओं के सभी युगों के दौरान समाज की सामाजिक-सांस्कृतिक और सामाजिक-आर्थिक स्थितियों और धार्मिक तरीकों के लिए अत्यधिक अनुकूल रही हैं। हड़प्पा सभ्यता में "एकल राज्य" की अवधारणा नहीं थी जैसा कि मेसोपोटामिया सभ्यता जैसी अन्य समकालीन सभ्यताओं द्वारा प्रचलित थी, जो महलों और मंदिरों के केंद्रीकृत नियंत्रण के साक्ष्य की ओर इशारा करती है। हड़प्पा समाज सत्ता की साझा अवधारणाओं पर आधारित था; इस समाज में सैन्य विजय का प्रभुत्व और पैटर्न नहीं पाया गया है। यद्यपि जब भाषाविद मुहरों, ताबीजों और मिट्टी के बर्तनों पर अंकित हड़प्पा लिपि को समझ लेंगे तो अधिक जानकारी दुनिया के सामने आ जाएगी। इस विषय पर उपलब्ध साक्ष्यों से पता चलता है कि सिंधु

लोगों ने नागरिक, वास्तुशिल्प और भौतिक विज्ञान के अनुकरणीय मिश्रण के साथ उस प्राचीन काल में सबसे स्मार्ट शहरी केंद्रों में से एक विकसित किया था।

प्राचीन भारत में उन्नत सिंचाई प्रणालियों का विकास

वेदों, विशेष रूप से ऋग्वेद, यजुर्वेद और अथर्ववेद में जल चक्र और संबंधित प्रक्रियाओं के कई संदर्भ हैं, जिनमें जल की गुणवत्ता, हाइड्रोलिक मशीनें, जल-संरचनाएं और जल प्रबंधन के लिए प्रकृति-आधारित समाधान (एनबीएस) शामिल हैं। हड़प्पा सभ्यता प्राचीन भारत में जल विज्ञान के विकास के उन्नत स्तर का प्रतीक है जिसमें परिष्कृत हाइड्रोलिक संरचनाओं का निर्माण, केंद्रीकृत और विकेंद्रीकृत अवधारणाओं पर आधारित अपशिष्ट जल निपटान प्रणाली और अपशिष्ट जल उपचार के तरीके शामिल हैं।

प्राचीन भारत में उन्नत सिंचाई प्रणालियों के विकास से जटिल शहरी समाजों और केंद्रों का विकास हुआ। सिंधु घाटी सभ्यता हाइड्रोलिक इंजीनियरिंग में अग्रणी थी और दुनिया में फ्लश शौचालयों की सबसे पुरानी ज्ञात प्रणाली विकसित करने के लिए जानी जाती है । केनोयर नमक एक वैज्ञानिक का कहना है कि **"प्राचीन दुनिया के किसी अन्य शहर ने इतनी परिष्कृत जल और अपशिष्ट प्रबंधन प्रणाली विकसित नहीं की थी। यहां तक कि लगभग 2000 साल बाद रोमन साम्राज्य के दौरान भी, इस प्रकार की सुविधाएं उच्च वर्ग के पड़ोस तक ही सीमित थीं।''**

पूर्व-मौर्य काल में जल संसाधनों के प्रबंधन की प्रविधि:

मौर्य साम्राज्य (~322-185 ईसा पूर्व) को पहली "हाइड्रोलिक सभ्यता" के रूप में श्रेय दिया जाता है और इसकी विशेषता स्पिलवेज़, जलाशयों और स्पिलवेज़ (पाइनस और अहार) से सुसज्जित चैनलों के साथ बांधों का निर्माण है; उन्हें जल संतुलन, जल मूल्य निर्धारण प्रणालियों के विकास, वर्षा की माप और विभिन्न जल विज्ञान प्रक्रियाओं का ज्ञान भी था। जैसे-जैसे हम पौराणिक कथाओं सहित प्राचीन भारतीय साहित्य में जल विज्ञान कार्यों के संदर्भों की गहराई से जांच करते हैं, भारतीय वैज्ञानिक योगदान के कई आकर्षक आयाम सामने आते हैं। यह समीक्षा जल प्रबंधन के विभिन्न पक्षों को प्रस्तुत करती है, इतिहास, पुरातत्व, जल विज्ञान और हाइड्रोलिक इंजीनियरिंग और संस्कृति जैसे विषयों की खोज करती है और सिंधु नदी के पूर्व में पूरे भारतीय उपमहाद्वीप के भौगोलिक क्षेत्र को कवर करती है। समीक्षा में परिपक्व हड़प्पा चरण से लेकर वैदिक काल और मौर्य साम्राज्य तक की अवधि को शामिल किया गया है।

सन 300 वर्ष ईसा पूर्व चन्द्रगुप्त मौर्य की सभा में सेल्यूकश के राजदूत मेगास्थनीज ने भारत में सिंचाई व्यवस्था पर विचार व्यक्त करते हुए लिखा है कि ***"उस समय सम्पूर्ण भारतवर्ष में अच्छी सिंचाई व्यवस्था थी।"*** ''कौटिल्य'' ने भी अपने ग्रन्थ अर्थशास्त्र में राजा को सलाह दी है कि शत्रुओं पर विजय पाने के लिए शत्रु राज्य की भूमि को, उनके राज्य की सीमाओं के अन्तर्गत बने बाधों नहरों एवं तटबन्धों को तोड़कर, जलप्लावित कर दो। कौटिल्य ने नहरों एवं बांधों का उल्लेख अन्य संदर्भों में भी किया है। उनके अर्थशास्त्र में यह उल्लेख मिलता है कि नदियों, झीलों, बॉधों एवं मशीन चलित कुओं से जल के उपयोग पर कृषि उत्पादन के चौथाई अंश को राजस्व के रूप राजा को देना होता था। यदि निजी बॉधों का रखरखाव पॉच वर्षों तक उपेक्षित रहता था तो राज्य द्वारा उनको अपने अधीन कर लिया जाता

था। यदि किसी बॉध आदि का निर्माण जनता के सहयोग से किया जाता था तो उस स्थिति में 4 वर्ष तक राजस्व कर में छूट दी जाती थी।

जल संसाधनों के प्रबंधन के प्राचीन तरीके: उत्तर-मौर्य काल

कई राजवंशों ने जल एकत्रित करने के लिए सिंचाई की नहरें (चैनल), जलाशय और कुएँ बनवाए। मौर्य सम्राटों ने नई स्थापित बस्तियों के लिए सिंचाई प्रणाली और कुओं का निर्माण किया। अर्थशास्त्र जल संसाधनों, वर्षा पैटर्न और सिंचाई प्रौद्योगिकियों पर जानकारी प्रदान करता है। इस प्रकार की संरचनाओं का विवरण निम्नांकित है:

- प्रयागराज के निकट श्रृंगवेरपुर में पहली शताब्दी ईसा पूर्व में बनाया गया एक टैंक हाइड्रोलिक इंजीनियरिंग का एक उत्कृष्ट उदाहरण है। इसका निर्माण गंगा नदी पर बाँध बनाकर किया गया था। इस आकार का एक टैंक 250 मीटर से अधिक लंबा है।
- सुदर्शन झील एक अन्य महत्वपूर्ण उदाहरण है। यह गुजरात के गिरनार क्षेत्र में था और तीसरी शताब्दी ईसा पूर्व का है। चन्द्रगुप्त मौर्य के समय एक अधिकारी पुष्यगुप्त ने प्रारम्भिक निर्माण प्रारम्भ कराया। सन 150 ई.पू. के जूनागढ़ के गिरनार शिलालेख में इसका विवरण मिलता है।
- अशोक के शासन काल में यवनराज तुषास्फ ने जलमार्गों का निर्माण कराया। चार शताब्दियों के बाद, उज्जैन के शक राजा रुद्रदामन ने सुदर्शन झील का जीर्णोद्धार किया।
- 455 ई. में स्कंदगुप्त के शासनकाल का एक शिलालेख बाद के समय में भी इसके अस्तित्व की पुष्टि करता है।
- झील की सीमा को स्थानीय शहर के गवर्नर चक्रपालित ने बहाल किया था। झील का आधार 100 फीट मोटा था।
- महामेघवाहन वंश के सबसे महान सम्राट खारवेल ने हाथीगुम्फा शिलालेख जारी किया। उसने अपने महल के लिए जलकी नहर बनाने में बहुत पैसा खर्च किया।
- नहपान के दामाद और वायसराय उषावदत (लगभग 121 ई.) ने कई जलाशयों और टैंकों का निर्माण कराया। मथुरा का एक शिलालेख (लगभग 50 ई.पू.) एक ब्राह्मण का सम्मान करता है जिसने एक टैंक का निर्माण किया था।

गुप्त और गुप्तोत्तर काल के दौरान जल संसाधन

कुओं से जल को खींचना और उसे खोदी गई नहरों के माध्यम से खेतों में वितरित करना एक सामान्य सिंचाई पद्धति थी।

- एक उपकरण जिसका उपयोग गुप्त युग से पहले किया गया होगा, उसमें बर्तनों को पतवार की जल रेखा के नीचे फैली एक श्रृंखला से जोड़ना शामिल था। इस उपकरण को अरघट्टा या घट्टि-यंत्र (घट का अर्थ बर्तन) कहा जाता था।
- हर्षचरित में कृषि क्षेत्रों की सिंचाई के लिए घटी-यंत्र के उपयोग का एक लंबा विवरण शामिल है।
- स्वाभाविक रूप से, किसानों के लिए मुख्य जल संसाधन वर्षा थी, जिसका महत्व अर्थशास्त्र और गुप्त युग के कई कार्यों में स्पष्ट है। बंगाल जैसे क्षेत्रों में, वर्षा जल को तालाबों और अन्य जलाशयों में एकत्र किया जाता था और सिंचाई के लिए उपयोग किया जाता था। टैंक सिंचाई अंततः प्रायद्वीपीय

भारत में मानक बन गई। परिणामस्वरूप, सिंचाई की कई विधियाँ और प्रणालियाँ अस्तित्व में आईं। ईसा से 400 वर्ष पूर्व महाराजा नंद द्वारा एक जल सेतु का निर्माण किया गया था जो कि काफी लम्बे समय तक उपेक्षित रहा। ईसा के 100 वर्ष पूर्व उड़ीसा के महान शासक खारवेल द्वारा इस जल सेतु को पुन: उपयोग में लाये जाने योग्य बनाया गया। आज से लगभग 1700 वर्ष पूर्व मद्रास के स्थानीय अभियन्ताओं द्वारा तंजौर जिले में शानदार एनीकट (वियर) का निर्माण कराया गया जो कि इस तरह के कार्य का पहला उदाहरण था।

ब्रिटिश काल के पूर्व एवं मुग़ल काल:

सिरसा नहर प्रणाली (तंत्र)

उत्तरी भारत में सिन्धु एवं गंगा जैसी सदानीरा नदियों के होने के कारण उसके जलको आप्लवनी (Inundation) नहरें बनाकर सिंचाई के लिए उपयोग करना अपेक्षाकृत आसान था। भारत की मुख्य आप्लवनी नहरें सिन्धु नदी एवं इसकी पाँच सहायक नदियों से निकाली गयी। ऐसा कहा जाता है कि इन आप्लवनी नहरों का निर्माण अफगान शासकों द्वारा कराया गया था। पंजाब प्रान्त में इस प्रकार की आप्लवनी नहरों की कुल लम्बाई 480 कि.मी. के आसपास थी और सिन्धु प्रान्त में आप्लवनी नहरों की लम्बाई लगभग 4160 कि.मी. थी और इनसे लगभग 6.8 लाख हेक्टेयर फसलों की सिंचाई होती थी। पंजाब एवं सिन्धु प्रान्तों में 19 वीं शताब्दी के अन्त तक इस भूभाग की लगभग 12.0 लाख हेक्टेयर क्षेत्र की सिंचाई इन आप्लवनी नहरों पर निर्भर रहने लगी। इन नहरों का रखरखाव एवं प्रबन्धन सरकार द्वारा किया जाता था।

फिरोज नहर / दिल्ली नहर प्रणाली (तंत्र)

उत्तरी भारत में सबसे पहले यमुना के दोनों तटों से नहर निकालने का कार्य किया गया। यमुना के पश्चिमी तट से निकाली गयी नहर का निर्माण 14वीं शताब्दी के मध्य फिरोजशाह ने हिसार के निकट स्थित अपने शिकारगाह की सिंचाई करने हेतु कराया था। नहर के रखरखाव पर समुचित ध्यान न दिये जाने के कारण यह नहर उपयोग के योग्य नहीं रह गयी, लेकिन 16वीं शताब्दी में अकबर महान द्वारा इस नहर के पुर्नस्थापना के आदेश दिये गये। तत्पश्चात 17वीं शताब्दी के आरम्भ में शाहजहाँ द्वारा पत्थरों को काटकर एवं जल सेतु का निर्माण कराकर अपने प्रतिभाशाली सहायक अलीमर्दनखाँ की सहायता से इस नहर को शाहजहानाबाद (दिल्ली) तक लाया गया। निर्माण के लगभग 125 वर्ष बाद तक यह दिल्ली नहर दक्षतापूर्वक कार्य करती रही। साम्राज्य के असंगठित हो जाने के कारण फिरोज नहर में 1707 से जलचलना बन्द हो गया तथा 18वीं शताब्दी के मध्य तक मुगल नहर का अस्तित्व भी प्राय: समाप्त हो गया। इस प्रकार लगभग 400 वर्ष तक ज्यादा या कम दक्षता से चलने वाली यह नहर प्रणाली अन्तिम रूप से समाप्त हो गयी।

पूर्वी और पश्चिमी यमुना नहरें

यमुना नदी के बायें तट से निकलने वाली पूर्वी यमुना नहर, जिसे दोआब नहर के रूप से भी जाना जाता है, का श्रेय अलीमर्दनखान को जाता है। इस नहर के शीर्ष का निर्माण शिवालिक पहाड़ियों पर स्थित है तथा यह नहर शाहजहाँ के शिकारगाह **'बादशाह महल'** से हो कर जाती थी। नहर के शीर्ष पर गम्भीर प्रकृति कठिनाइयों, जिनका निवारण मुगलकाल के अभियन्ताओं द्वारा सम्भव नहीं हो सका के कारण यह नहर एक सीजन से अधिक अवधि के लिए नहीं चल पायी। वर्ष 1780 में 'जबीलाखान रोहिला' द्वारा इस नहर को पुन: चलाया गया दुबारा

खोदने के पश्चात् यह नहर मात्र कुछ महीने ही चल सकी।

उपसंहार

जल प्रकृति की बहुमूल्य देन है। जल प्राचीन काल से ही मानव अस्तित्व तथा सभ्यता का विकास से घनिष्ठ रूप से जुड़ा हुआ है। जल स्रोत या जल संसाधन हमारे जीवन के लिए आवश्यक उपादानों, आर्थिक, सामाजिक और सांस्कृतिक विकास, परंपराओं, रीति-रिवाजों और धार्मिक मान्यताओं का मूल है। अब तक सभी शहरों, मानव बस्तियों की स्थापना किसी न किसी जल स्रोत के निकट ही हुई है। मनुष्यों ने लगभग 10,000 साल पहले कृषि प्रधान जीवन शैली अपनाई, स्थायी बस्तियाँ बनाईं एवं समाज का निर्माण हुआ। जब उन्होंने और विभिन्न सामाजिक-सांस्कृतिक समाजों और बस्तियों का विकास करना आरंभ किया, तो वे किसी न किसी तरह से बड़े पैमाने पर जल संसाधनों पर ही निर्भर थे। अधिकांश प्राचीन सभ्यताएँ, उदाहरण के लिए, सिंधु घाटी, मिस्र, मेसोपोटामिया और चीनी सभ्यताएँ, उन स्थानों पर विकसित हुईं जहाँ कृषि और मानव आवश्यकताओं के लिए आवश्यक जल आसानी से उपलब्ध था, अर्थात, झरनों, झीलों, नदियों और समुद्रों के आसपास. चूँकि जल प्राचीन सभ्यताओं का प्रमुख प्रेरक था, विभिन्न प्रयोजनों के लिए जल के उपयोग के साथ-साथ इसके विभिन्न घटकों के जल विज्ञान चक्र, प्रकृति और पैटर्न की स्पष्ट समझने, उन सभ्यताओं को हजारों वर्षों तक फलने-फूलने में मदद की। इन विकासों ने मनुष्य और जल के बीच एक अनोखा संबंध स्थापित किया है। जल के बिना जीवन तथा सभ्यता के अस्तित्व की कल्पना भी नहीं की जा सकती है। यही कारण है कि हमारे पूर्वजों ने अपना पहला निवास, पहले ग्राम, सर्वप्रथम स्थायी बस्तियाँ बनाईं वहीं बनाया जहॉं पर पेय जल आसानी से उपलब्ध था। जल संसाधनों के समुचित प्रबंधन एवं रख रखाव की आवश्यकता पड़ती है जिसके बिना अच्छी से अच्छी व्यवस्थाएं भी समय के साथ ध्वस्त हो जाती हैं। इस लिए आज कल के समाज से यह अपेक्षा की जाती है की यथा संभव जल संरचनाओं की सुरक्षा एवं सुधार करें एवं आवश्यकतानुसार नवीन संरक्षण एवं संग्रह प्रणालियों का विनिर्माण करें तभी जल सुरक्षा स्थाई हो सकती है।

***

जल सुरक्षा खंड: 2 (अंक : 1) जुलाई-दिसम्बर, 2024 पृष्ठ संख्या: 10-13

जलवायु सहनशील जल संरक्षण तकनीकें: एक संपूर्ण दृष्टिकोण

मोनालिशा प्रमाणिक[1], पी एस ब्रह्मानंद[1] और राजीव रंजन[2]
[1]जल प्रौद्योगिकी केंद्र, [2]कृषि भौतिकी संभाग, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: monalishapramanik@gmail.com

जलवायु परिवर्तन के दौर में, जल संसाधनों की उपलब्धता और गुणवत्ता पर खतरा बढ़ गया है। बढ़ते तापमान, असामान्य वर्षा के पैटर्न, बाढ़, सूखा और अन्य चरम मौसम की घटनाओं ने जल स्रोतों पर दबाव डाला है। इस चुनौतीपूर्ण परिदृश्य में, जलवायु सहनशील जल संरक्षण तकनीकें न केवल पानी की बचत में मददगार साबित हो रही हैं, बल्कि जलवायु परिवर्तन के प्रभावों से निपटने के लिए समाज को अधिक सक्षम बना रही हैं। इस लेख में, हम विभिन्न जलवायु सहनशील जल संरक्षण तकनीकों पर गहन चर्चा करेंगे, जो न केवल हमारे जल स्रोतों की सुरक्षा करती हैं, बल्कि पर्यावरण की स्थिरता में भी योगदान देती हैं।

1. वर्षा जल संचयन (रेन वाटर हार्वेस्टिंग): वर्षा जल संचयन एक प्राचीन और अत्यंत प्रभावी तकनीक है, जिसे आधुनिक समय में पुनर्जीवित किया जा रहा है। इसमें छतों, खेतों, और अन्य सतहों से बारिश के पानी को एकत्र कर भंडारण किया जाता है। इस जल का उपयोग घरेलू, कृषि, और औद्योगिक आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए किया जा सकता है। जलवायु परिवर्तन के कारण अनियमित और अप्रत्याशित वर्षा के समय में, यह तकनीक अत्यधिक प्रभावी सिद्ध हो सकती है।

1.1 **रूफटॉप रेन वाटर हार्वेस्टिंग:** इसमें छत पर गिरने वाले पानी को पाइपों के माध्यम से टैंक या भूमिगत जलाशयों में संग्रहित किया जाता है। यह जल पीने योग्य नहीं हो सकता, लेकिन इसे घरेलू और कृषि कार्यों में इस्तेमाल किया जा सकता है।

1.2 **फार्म पोंड्स:** खेती के लिए जल की कमी से निपटने के लिए फार्म पोंड्स (कृषि तालाब) एक प्रभावी समाधान है। इन तालाबों में वर्षा का पानी

एकत्र किया जाता है, जिसे फसल सीजन के दौरान सिंचाई के लिए उपयोग किया जा सकता है।

2. ड्रिप सिंचाई (ड्रिप इरिगेशन)

ड्रिप सिंचाई एक अत्याधुनिक सिंचाई पद्धति है, जिसमें सीधे तौर पर पौधों की जड़ों पर धीरे-धीरे पानी सिंचा जाता है। यह तकनीक जल के कुशल उपयोग को बढ़ावा देती है और जल के नुकसान को कम करती है। जलवायु परिवर्तन के कारण बढ़ते सूखे की स्थितियों में यह पद्धति अत्यधिक लाभकारी है।

2.1 **लाभ:** ड्रिप सिंचाई से जल की बचत होती है और पौधों को आवश्यकतानुसार पानी मिलता है। यह मिट्टी की उर्वरता को बनाए रखने में मदद करता है और फसलों की पैदावार को बढ़ाता है।

2.2 **उपयोग:** इस तकनीक का उपयोग बागवानी, फलों के बागानों, और सब्जियों की खेती में किया जा सकता है। इसे अपनाने से पानी की कमी वाले क्षेत्रों में भी उच्च उत्पादकता प्राप्त की जा सकती है।

3. ग्रे वाटर रीसाइक्लिंग (स्लेटी जल पुनर्चक्रण)

ग्रे वाटर रीसाइक्लिंग एक अन्य महत्वपूर्ण तकनीक है, जिसमें घरेलू कार्यों जैसे बर्तन धोने, नहाने, और कपड़े धोने में उपयोग किए गए पानी को पुनः उपयोग किया जाता है। इस जल का पुनर्चक्रण कर इसे बागवानी, शौचालय फ्लशिंग, और अन्य गैर-पीने योग्य कार्यों में इस्तेमाल किया जा सकता है।

3.1 **लाभ:** यह तकनीक जल की मांग को कम करती है और ताजे पानी की खपत को भी घटाती है। इससे घरेलू जल की बचत होती है और पर्यावरण पर भी सकारात्मक प्रभाव पड़ता है।

3.2 **उपयोग:** इस तकनीक का उपयोग घरों, अपार्टमेंट्स, और कार्यालयों में किया जा सकता है। विशेष रूप से उन क्षेत्रों में जहां जल की उपलब्धता सीमित है, यह एक प्रभावी समाधान है।

4. भूजल पुनर्भरण (ग्राउंडवॉटर रिचार्ज)

भूजल पुनर्भरण तकनीकें उन क्षेत्रों में अत्यधिक महत्वपूर्ण हैं, जहां भूजल स्तर में गिरावट आ रही है। इसमें वर्षा जल, नदी जल, या उपचारित अपशिष्ट जल को भूजल भंडार में पुनर्भरण के लिए इस्तेमाल किया जाता है।

4.1 **रिचार्ज वेल्स:** इस तकनीक में जल को सीधे जमीन में डालकर भूमिगत जल स्रोतों को पुनः भरा जाता है। इससे भूजल स्तर को बनाए रखने में मदद मिलती है।

4.2 **परकोलेशन टैंक्स:** ये विशेष प्रकार के टैंक होते हैं जिनमें पानी को धीरे-धीरे जमीन में सोखने दिया जाता है। यह प्रक्रिया भूजल स्तर को सुधारने में मदद करती है।

5. सस्टेनेबल एग्रीकल्चर (सतत कृषि)

सतत कृषि पद्धतियों का उद्देश्य कृषि में जल की बचत और जलवायु परिवर्तन के प्रभावों से निपटना है। इसमें ऐसी तकनीकें और प्रथाएँ अपनाई जाती हैं जो जल के कुशल उपयोग को बढ़ावा देती हैं और मिट्टी की गुणवत्ता को भी बनाए रखती हैं।

5.1 **फसल विविधता:** फसल विविधता (क्रॉप डाइवर्सिफिकेशन) से जलवायु परिवर्तन के जोखिम को कम किया जा सकता है। विभिन्न फसलों का मिश्रण मिट्टी की गुणवत्ता को बनाए रखने में मदद करता है और जल की मांग को भी संतुलित करता है।

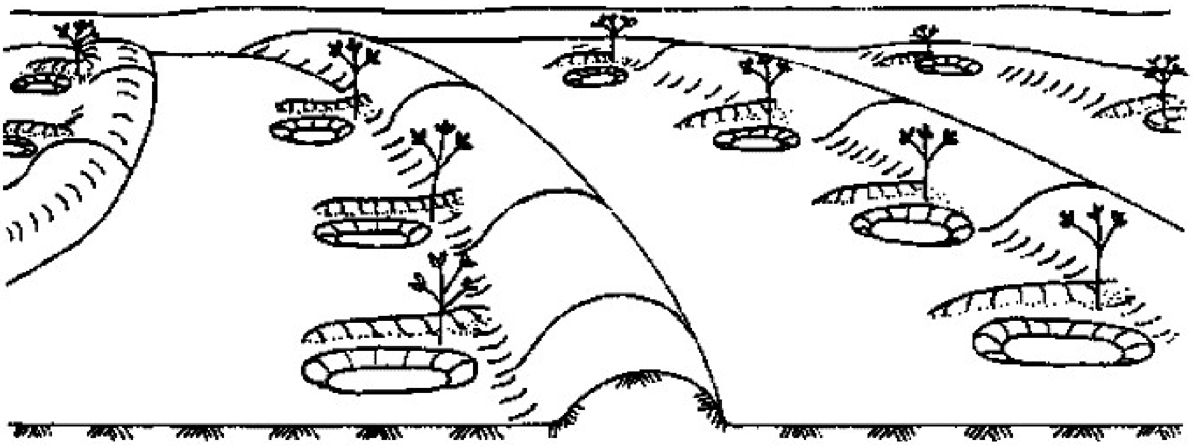
5.2 **ऑर्गेनिक फार्मिंग:** ऑर्गेनिक फार्मिंग (जैविक खेती) में रासायनिक उर्वरकों और कीटनाशकों का उपयोग कम किया जाता है, जिससे जल स्रोतों का संरक्षण होता है। इस पद्धति से मिट्टी की जल धारण क्षमता में भी सुधार होता है।

6. वाटरशेड मैनेजमेंट (जलागम प्रबंधन)

वाटरशेड मैनेजमेंट तकनीकें जल संरक्षण में अत्यधिक प्रभावी सिद्ध हो रही हैं। इसमें जल संग्रहण, मृदा संरक्षण, और वनस्पति संरक्षण के माध्यम से जलग्रहण क्षेत्रों को संरक्षित किया जाता है।

6.1 **चेक डैम्स:** चेक डैम्स (बांध) छोटी नदियों या नालों में बनाए जाते हैं, जिससे पानी की धारा को धीमा किया जाता है और उसे जमा किया जाता है। यह तकनीक भूजल पुनर्भरण और मिट्टी के कटाव को रोकने में सहायक होती है।

6.2 **कंटूर बंडिंग:** कंटूर बंडिंग तकनीक में पहाड़ी क्षेत्रों में समोच्च रेखाओं के साथ बंध बनाए जाते हैं।



इससे बारिश का पानी संग्रहित होता है और मृदा का कटाव कम होता है। *(स्रोत: ओयूसेर एट अल., 2012).*

7. जल संरक्षण के लिए प्रौद्योगिकी का उपयोग

तकनीकी विकास ने जल संरक्षण के क्षेत्र में नए आयाम स्थापित किए हैं। स्मार्ट वाटर मैनेजमेंट सिस्टम, सेंसर्स, और अन्य प्रौद्योगिकियों का उपयोग करके जल का कुशल प्रबंधन किया जा सकता है।

7.1 **स्मार्ट मीटरिंग:** स्मार्ट मीटरिंग तकनीक के माध्यम से जल की खपत पर नज़र रखी जा सकती है और जल अपव्यय को रोका जा सकता है। यह प्रणाली उपभोक्ताओं को जल उपयोग की जानकारी देती है और उन्हें जल संरक्षण के लिए प्रेरित करती है।

7.2 **सेंसर्स और ऑटोमेशन:** कृषि और औद्योगिक क्षेत्रों में सेंसर्स और ऑटोमेशन का उपयोग जल की खपत को नियंत्रित करने में सहायक होता है। सेंसर्स मिट्टी की नमी का पता लगाते हैं और सिंचाई प्रणाली को स्वचालित रूप से नियंत्रित करते हैं।

8. समुदाय आधारित जल प्रबंधन

जल संरक्षण के प्रयासों में समुदाय की भागीदारी अत्यधिक महत्वपूर्ण है। समुदाय आधारित जल प्रबंधन तकनीकों से न केवल जल संरक्षण किया जा सकता है, बल्कि लोगों में जागरूकता भी बढ़ाई जा सकती है।

8.1 **पानी पंचायत:** पानी पंचायत एक ऐसी संस्था होती है, जो स्थानीय समुदाय के सदस्यों को जल संसाधनों के प्रबंधन और संरक्षण में भाग लेने के लिए प्रोत्साहित करती है। यह संस्था जल वितरण, जलग्रहण क्षेत्र प्रबंधन, और जल संरक्षण के अन्य उपायों को सुनिश्चित करती है।

8.2 **महिला सशक्तिकरण:** महिलाएं जल संसाधनों के प्रबंधन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। उनके सशक्तिकरण से जल संरक्षण के प्रयासों में सफलता

पाई जा सकती है। विभिन्न क्षेत्रों में महिलाओं को जल प्रबंधन की तकनीकों में प्रशिक्षित किया जा रहा है।

9. शिक्षा और जागरूकता

जलवायु सहनशील जल संरक्षण तकनीकों की सफलता के लिए शिक्षा और जागरूकता अत्यधिक महत्वपूर्ण है। लोगों को जल संरक्षण के महत्व के बारे में शिक्षित करना और उन्हें तकनीकों को अपनाने के लिए प्रेरित करना आवश्यक है। शैक्षिक संस्थानों में जल संरक्षण के विषय को पाठ्यक्रम का हिस्सा बनाया जा सकता है। छात्रों को जलवायु परिवर्तन और जल संरक्षण की तकनीकों के बारे में जानकारी देना आवश्यक है। स्थानीय समुदायों में जल संरक्षण के लिए जागरूकता कार्यक्रम आयोजित किए जा सकते हैं। इन कार्यक्रमों के माध्यम से लोग अपने जल संसाधनों की सुरक्षा के लिए सजग हो सकते हैं।

निष्कर्ष

जलवायु सहनशील जल संरक्षण तकनीकें न केवल जल की बचत करती हैं, बल्कि जलवायु परिवर्तन के प्रभावों से निपटने में भी हमारी मदद करती हैं। इन तकनीकों को अपनाने से हम आने वाली पीढ़ियों के लिए एक सुरक्षित और समृद्ध भविष्य सुनिश्चित कर सकते हैं। हमें इस दिशा में सामूहिक रूप से कार्य करने की आवश्यकता है, ताकि हमारे जल स्रोत सुरक्षित रह सकें और पर्यावरण की स्थिरता बनी रहे। जलवायु परिवर्तन की चुनौतियों से निपटने के लिए जल संरक्षण अत्यधिक महत्वपूर्ण है। यदि हम सही समय पर सही कदम उठाते हैं, तो हम इस चुनौती को अवसर में बदल सकते हैं। जल हमारे जीवन का आधार है, और इसे सुरक्षित रखना हमारी सामूहिक जिम्मेदारी है। जलवायु सहनशील जल संरक्षण तकनीकें इस दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम हैं, और हमें इन्हें व्यापक रूप से अपनाना चाहिए।

***

जल सुरक्षा खंड: 2 (अंक : 1) जुलाई-दिसम्बर, 2024 पृष्ठ संख्या: 14-20

हमारी मिट्टी की रक्षा में बड़ी भूमिका निभा सकता है किसान

गौरी यु. भगोले[1] , अनिल कुमार मिश्र[2] , शिवम चौबे[1] , प्रीती चौधरी[1] , रीमा दास[1] एवं अरुगुला नवीन[1]

[1]कृषि अभियान्त्रिकी संभाग, [2]जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली

ईमेल: bhagolegauri@gmail.com

मृदा अर्थात मिट्टी एक मूल्यवान (कीमती) और परिमित (सीमित) संसाधन है जो पृथ्वी पर जीवन के अस्तित्व के लिए महत्वपूर्ण है। बढ़ती मानव आबादी और भूमि संसाधनों की बढ़ती मांग के साथ-साथ, हमारे पृथ्वी ग्रह के प्राकृतिक संसाधनों की रक्षा के लिए मृदा संरक्षण और भी महत्वपूर्ण हो गया है। मृदा संरक्षण स्वच्छ पानी की रक्षा के बराबर है जिसमें यह सुनिश्चित करना महत्वपूर्ण है कि यह संसाधन भविष्य की पीढ़ियों के लिए भी उपलब्ध रहें। यह मानव, जीव-जन्तु एवं पौधों के जीवन के लिए भी अति आवश्यक है; जैसा कि हम सभी जानते ही हैं। हालांकि, कई कृषि भूमि मिट्टी काफी खराब हो गई है। मृदा क्षरण, जो अक्सर वर्षा क्षरण और अतिरिक्त सतह अपवाह के कारण होता है, इस गिरावट का एक प्रमुख कारक है क्योंकि यह ऊपरी मिट्टी के साथ-साथ कार्बनिक पदार्थों और इसमें मौजूद अन्य पोषक तत्वों को हटा देता है। दुनिया भर में कर्षित क्षेत्रों (क्रॉपलैंड्स) में अन्य भूमि उपयोगों की तुलना में क्षरण दर अधिक है। वर्ष 1930 के दशक में अमेरिकी महान मैदानों जो धूल का क्षेत्र (डस्ट बाउल पर) उत्पन्न हुआ और महत्वपूर्ण पारिस्थितिक नुकसान के साथ-साथ वित्तीय नुकसान का कारण बना, दक्षिण-पूर्व संयुक्त राज्य अमेरिका के पीडमोंट क्षेत्र में बड़े पैमाने पर गली का गठन जिसने फसल उत्पादन का समर्थन करने के लिए उन भूमि की क्षमता को गंभीर रूप से क्षतिग्रस्त कर दिया, और चीन के लोएस पठार के भीतर व्यापक मिट्टी का नुकसान, जो वर्तमान में पीली नदी को 90% तलछट की आपूर्ति करता है, व्यापक और लगातार क्षरण के प्रसिद्ध उदाहरण हैं (बेली एवं अन्य)। व्यापक कटाव चीन के अन्य हिस्सों को भी प्रभावित करता है, जैसे कि पूर्वोत्तर में काली मिट्टी का क्षेत्र और दक्षिण में लाल मिट्टी का क्षेत्र । संक्षेप में कहा गया है, मिट्टी के कटाव के परिणामस्वरूप प्रत्यक्ष हो सकता है।

जलवायु परिवर्तन और घटती कृषि योग्य मिट्टी के कारण बड़े पैमाने पर वैश्विक आबादी का समर्थन करने के लिए भूमि पर बहुत अधिक दबाव है। फसल उत्पादकता और टिकाऊ कृषि परिणामस्वरूप कार्बनिक पदार्थों, पोषक तत्वों के कारोबार, मृदा स्वास्थ्य प्रबंधन, कृषि संबंधी खेती और पारंपरिक कृषि तकनीकों के संबंध में मिट्टी प्रबंधन पर बहुत अधिक निर्भर करती है। खाद्य श्रृंखला और कीट संक्रमण में उनके परिचय के कारण खतरनाक धातुओं का जैवसंचय स्थायी प्रथाओं को बनाए रखने के लिए प्राथमिक बाधाएं हैं। उच्च बाहरी इनपुट कृषि (एचईआईए) और कम बाहरी इनपुट टिकाऊ कृषि (एलईआईएसए) का ज्ञान और समझ, जब उनके योजनाबद्ध अनुप्रयोग के साथ संयुक्त होती है, तो समृद्ध मिट्टी प्रोफाइल की घटती स्थिति का मुकाबला करने के लिए एक उपयोगी रणनीति हो सकती है। इसके अलावा, विश्व स्तर पर ह्रास होने अथवा खो जाने वाले कार्बन का 50-66% मिट्टी से आता है, जिससे यह एक महत्वपूर्ण कार्बन सिंक बन जाता है। ये तथ्य कार्बन अनुक्रम के संदर्भ में मृदा प्रबंधन के

महत्व को उजागर करते हैं। मिट्टी के कटाव में वृद्धि, मिट्टी की उर्वरता में कमी, और कृषि उत्पादन में तेज गिरावट सभी जलवायु परिवर्तन के कारण हो सकते हैं और इसके परिणामस्वरूप अस्थिर मिट्टी हो सकती है।

भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर) के अनुमानों के अनुसार, भूमि क्षरण भारत की 37% भूमि को प्रभावित करता है। मिट्टी के कटाव के कारण भारत में सालाना अनुमानित 5.3 बिलियन टन मिट्टी खो जाती है, जिससे यह एक गंभीर मुद्दा बन जाता है। भारत ग्रह के भूमि क्षेत्र का केवल 2.4% बनाने के बावजूद दुनिया की 18% से अधिक आबादी का घर है। सभी भारतीय निवासियों में से लगभग आधे के लिए, कृषि से आय उनके जीवन स्तर को बनाए रखने के लिए आवश्यक है। यद्यपि पिछले कुछ दशकों में भारत में खाद्य उत्पादन, खाद्य सुरक्षा और ग्रामीण गरीबी में कमी में महत्वपूर्ण प्रगति हुई है, लेकिन हरित क्रांति (रहमान, 2015) के बाद कृषि प्रणालियों की बढ़ती गहनता से देश के पारिस्थितिक तंत्र को गंभीर रूप से खतरे में डाल दिया गया है।

भारत की खाद्य आपूर्ति और पोषण की सुरक्षा को अभी भी भूमि और मिट्टी के क्षरण से खतरा है। सबसे हालिया अनुमानों के अनुसार, जल और वायु क्षरण 94.87 मिलियन हेक्टेयर भूमि क्षरण के लिए जिम्मेदार है। मृदा अम्लता (17.93 मिलियन हेक्टेयर), सोडिक मिट्टी (3.71 मिलियन हेक्टेयर), मृदा लवणता (2.73 मिलियन हेक्टेयर), जल जमाव (0.91 मिलियन हेक्टेयर), खनन और औद्योगिक अपशिष्ट (0.26 मिलियन हेक्टेयर) भूमि क्षरण (एफएओ, 2015) के अगले सबसे आम कारण हैं। क्षरण शक्ति, जो मिट्टी के कणों को बहुत अलग करने में सहायता करती है, हवा और पानी के कारण होने वाली सबसे बड़ी गिरावट का कारण है। शब्द "इरोसिविटी" मिट्टी को नष्ट करने के लिए हवा या वर्षा की क्षमता का वर्णन करता है; यह ज्यादातर वर्षा की मात्रा और लंबाई या हवा की गति और अशांति पर आधारित है। क्योंकि मिट्टी की सतह पर अधिक बल

चित्र: मृदा अपरदन।

लगाया जाता है जब क्षरण अधिक होता है, मिट्टी के कटाव की संभावना अधिक होती है। जमीन से टकराने वाली बारिश की बूंदों की ऊर्जा और उनके द्वारा बनाई गई अपवाह वर्षा (पानी) की क्षरण को प्रभावित करने वाले मुख्य कारक हैं। भारी बारिश में मिट्टी के कणों को ढीला करने, मिट्टी की संरचना को फ्रैक्चर करने और बढ़ते क्षरण की शक्ति होती है। इसके अलावा, गंभीर बारिश से सतह अपवाह अलग मिट्टी के कणों को हटा सकता है, खासकर अगर पृथ्वी तुरंत पानी को अवशोषित नहीं कर सकती है। हवा की गति और स्थिरता हवा के क्षरण को निर्धारित करती है। ढीली या सूखी मिट्टी वाले क्षेत्रों में जो शुष्क या अर्ध-शुष्क होते हैं, तेज हवाओं में मिट्टी के कणों को अलग करने और ले जाने की क्षमता होती है। छोटे पौधों के आवरण वाले क्षेत्रों में, हवा का कटाव आम है। दोनों स्थितियों में उच्च क्षरण तेजी से मिट्टी के नुकसान का कारण बनता है और इसके परिणामस्वरूप मिट्टी की उर्वरता में कमी, कृषि योग्य भूमि की हानि, धाराओं में अवसादन और पारिस्थितिकी तंत्र क्षति जैसे मुद्दे हो सकते हैं।

मृदा अपरदन के कारण

मृदा अपरदन के महत्वपूर्ण कारण निम्नलिखित हैं:

वर्षा और बाढ़

तूफानों की अधिक तीव्रता मृदा अपरदन का मुख्य कारण है। वर्षा के कारण मृदा अपरदन के चार प्रकार होते हैं: छिड़काव अपरदन (वर्षा की बूंदों के कारण),
चादर अपरदन(मिट्टी का एक समान रूप से हटना), नाली अपरदन (छोटी नालियों का निर्माण) एवं अवनालिका अपरदन (बड़ी नालियों का निर्माण)।
वर्षा की बूँदें मिट्टी को फैला देती हैं, जो फिर पास की धाराओं और नदियों में बह जाती है। बहुत भारी और लगातार वर्षा वाले क्षेत्रों में मिट्टी का बहुत अधिक नुकसान होता है। बाढ़ के दौरान बहता पानी भी गड्ढे, चट्टान-कटाव बेसिन आदि बनाकर बहुत सारी मिट्टी को नष्ट कर देता है।

लॉगिंग और खनन

लॉगिंग प्रक्रिया को अंजाम देने के लिए बड़ी संख्या में पेड़ों को काटा जाता है। पेड़ मिट्टी को मजबूती से पकड़ते हैं। पेड़ों की छतरी मिट्टी को भारी वर्षा से बचाती है। मिट्टी को कटाव से बचाने वाले पत्ते भी लॉगिंग के दौरान नष्ट हो जाते हैं।
खनन गतिविधियाँ भी भूमि को नुकसान पहुँचाती हैं और मिट्टी को कटाव के लिए अधिक प्रवण बनाती हैं।

निर्माण

सड़कों और इमारतों के निर्माण से मिट्टी का कटाव होता है। निर्माण उद्देश्यों के लिए जंगलों और घास के मैदानों को साफ किया जाता है, जिससे मिट्टी उजागर हो जाती है और यह कटाव के लिए अधिक संवेदनशील हो जाती है।

नदियाँ और धाराएँ

बहती नदियाँ और धाराएँ मिट्टी के कणों को बहा ले जाती हैं जिससे V-आकार का कटाव होता है।

तेज़ हवाएँ

शुष्क मौसम में या अर्ध-शुष्क क्षेत्रों में, हवा के साथ मिट्टी के छोटे-छोटे कण दूर-दूर तक उड़ जाते हैं। इससे मिट्टी खराब हो जाती है और रेगिस्तान बन जाता है। मृदा अपरदन पर अपरदन के प्रभाव को मृदा संरक्षण तकनीकों जैसे समोच्च खेती, विंडब्रेक इंस्टॉलेशन और प्लांट कवर रखरखाव का उपयोग करके कम किया जा सकता है।

संयुक्त राष्ट्र पर्यावरण कार्यक्रम (UNEP) और संयुक्त राष्ट्र के खाद्य और कृषि संगठन (FAO) का दावा है कि कृषि में कीटनाशकों के असंतुलित उपयोग के परिणामस्वरूप मृदा प्रदूषण (FAO और UNEP, 2021) और लाभकारी कीटों की आबादी में कमी आई है, जो कीटों के प्राकृतिक दुश्मन (संयुक्त राष्ट्र, 2020) के रूप में काम करते हैं। मानव स्वास्थ्य पहले से ही कृषि मिट्टी में भारी धातु विषाक्तता से पीड़ित है मिट्टी की उर्वरता में कमी, पोषक तत्वों की कमी, खराब मिट्टी कार्बनिक कार्बन, अवशेषों को जलाना, और मजबूत ग्रीनहाउस गैसों के बढ़ते उत्सर्जन आगे की प्रमुख समस्याएं हैं (भट्टाचार्य एवं अन्य)। राष्ट्रीय कृषि विज्ञान अकादमी (एनएएएस) और भारतीय कृषि अनुसंधान परिषद (आईसीएआर) के नवीनतम अनुमान के अनुसार कुल भौगोलिक क्षेत्र में से 2004-05 के दौरान कृषि क्षेत्र में से ऊपरी मिट्टी कटाव के लिए अतिसंवेदनशील होती है, जो मिट्टी की मात्रा और गुणवत्ता दोनों को कम करती है। भारत में, मिट्टी (जल) के कटाव के परिणामस्वरूप सालाना 16.4 टन प्रति हेक्टेयर की दर से एक मिमी ऊपरी मिट्टी का नुकसान होता है। यह मिट्टी के कटाव के लिए सालाना 5.3 बिलियन टन से अधिक मिट्टी के

नुकसान के बराबर है, जो पौधों के विकास के लिए उपलब्ध लगभग 8 मिलियन टन पोषक तत्वों के नुकसान का कारण बनता है। यद्यपि मिट्टी का कटाव स्वाभाविक रूप से होता है, मानव हस्तक्षेप और गैर-जिम्मेदार भूमि और मिट्टी प्रबंधन तकनीक प्रक्रिया को तेज करती है।

किसान और मिट्टी के बीच अंतर्संबंध

उपयोग में आसानी और सफलता के ट्रैक रिकॉर्ड के कारण, पारंपरिक कृषि तकनीकें - जिन्हें अक्सर जुताई, मोनोक्रॉपिंग और अपर्याप्त फसल रोटेशन जैसी क्रियाओं द्वारा टाइप किया जाता है - कई किसानों द्वारा अपनाया गया है। हालाँकि, ये तकनीकें अनजाने में मिट्टी के क्षरण को बढ़ा सकती हैं, जिसके परिणामस्वरूप मिट्टी में महत्वपूर्ण गिरावट और समृद्ध ऊपरी मिट्टी का नुकसान हो सकता है। मिट्टी के कटाव को खराब करने की वर्षा की क्षमता ज्ञान की कमी और व्यावहारिक मृदा संरक्षण उपायों के उपयोग से जटिल है। कई किसान अभी भी दशकों से विकसित परिष्कृत संरक्षण तकनीकों के सामने भी प्राचीन तकनीकों का उपयोग करते हैं। मिट्टी के कटाव को तेज करने के अलावा, यह अज्ञानता और समझौता करने में असमर्थता कृषि उत्पादन और मिट्टी के स्वास्थ्य को संरक्षित करने के प्रयासों को अनुकूलित करने का प्रयास करती है।

भूमि के अच्छे स्वास्थ्य के लिए क्रिया कलाप और अभ्यास

1. वनों की कटाई और वनस्पति आवरण को बढ़ाना

वर्षा की बूंदों के प्रभावों को विक्षेपित करके और सतह की हवाओं को धीमा करके, वनस्पति मिट्टी को ढालती है। किसानों द्वारा अपने खेतों के विस्तार के उद्देश्य से पेड़ों और अन्य वनस्पतियों को हटाना या स्लेश-एंड-बर्न (काटना और जलाना) विधियों का उपयोग करना मिट्टी को हवा और वर्षा के प्रत्यक्ष प्रभावों के लिए उजागर करता है। बढ़े हुए क्षरण बल के कारण, मिट्टी के कणों के अलग होने और स्थानांतरित होने की अधिक संभावना होती है। वनों की कटाई और वनस्पति आवरण को बढ़ाना मिट्टी के कटाव को रोक सकती है।

2. आवश्यकता से अधिक चराई

चारागाह जानवर घास खाते हैं और भूमि से वनस्पति हटाते हैं। उनके खुर मिट्टी को मथते हैं। वे अपनी जड़ों से पौधों को भी उखाड़ते हैं। इससे मिट्टी ढीली हो जाती है और यह कटाव के लिए अधिक प्रवण हो जाती है। अत्यधिक चराई से उन क्षेत्रों में घास का आवरण गायब हो सकता है जहां किसान जानवरों पर निर्भर हैं। कम वनस्पति हवा और पानी द्वारा कटाव के लिए मिट्टी की भेद्यता को बढ़ाती है। पशुधन भी मिट्टी को कड़ा (कॉम्पैक्ट) करता है, जिससे पानी को अवशोषित करने की क्षमता कम हो जाती है, जिससे अधिक अपवाह और क्षरण में वृद्धि होती है। यदि मिट्टी के कटाव को रोकना है तो खुलेआम होने वाली चराई को बंद करना होगा।

3. जुताई अभ्यास

खेती की प्रथाएँ मृदा अपरदन का मुख्य कारण हैं। कृषि गतिविधियाँ जमीन को नुकसान पहुँचाती हैं। पेड़ों को साफ किया जाता है और नए बीज बोने के लिए जमीन की जुताई की जाती है। पारंपरिक जुताई, जिसमें जुताई और मिट्टी को पलटना शामिल है, मिट्टी को ढीला और अधिक प्रवण छोड़ देता है। चूँकि अधिकांश फसलें वसंत ऋतु में उगाई जाती हैं, इसलिए सर्दियों के दौरान जमीन बंजर रहती

है। सर्दियों के दौरान अधिकांश मिट्टी का क्षरण होता है। इसके अलावा, ट्रैक्टरों के टायर जमीन पर खांचे बनाते हैं, जिससे पानी के लिए एक प्राकृतिक मार्ग बन जाता है। हवा के कारण मिट्टी के महीन कण नष्ट हो जाते हैं।

4. फसल चक्रण की अनदेखी करना और एक फसली फसल चक्र (मोनोक्रॉपिंग) अपनाना

मिट्टी की संरचना मोनोक्रॉपिंग से कमजोर हो जाती है, जो खनिजों और कार्बनिक पदार्थों की मिट्टी को भी कम कर देती है। इस वजह से, मिट्टी में क्षरण अधिक आसानी से हो सकता है। फसल चक्रण मिट्टी की उर्वरता को कम करता है और मिट्टी की क्षरण तनाव का सामना करने और वर्षा जल को पकड़ने की क्षमता को कमजोर करता है।

5. सिंचन के लिए अपर्याप्त तकनीक

अनुचित सिंचाई प्रबंधन या अति-सिंचाई के परिणामस्वरूप सतही अपवाह से जल अपरदन को बढ़ाया जा सकता है। शुष्क क्षेत्रों में, अनुचित तरीके से बनाए रखा गया कुंड सिंचाई प्रणाली या विधियां जो मिट्टी को खुला छोड़ देती हैं, मिट्टी को सुखाकर हवा के कटाव को बढ़ा सकती हैं।

6. मृदा संरक्षण तकनीकों को व्यवहार में नहीं लाना

जो किसान कवर फसलों, टेरेसिंग, या समोच्च खेती जैसी संरक्षण तकनीकों का उपयोग नहीं करते हैं, वे अपनी भूमि को तत्वों के सामने उजागर करते हैं। इन सुरक्षा उपायों के बिना बफर स्ट्रिप रखरखाव, एग्रोफोरेस्ट्री, घूर्णी चराई, कवर फसलों, अवशेषों की वापसी, और नो-टिलेज खेती (कम जुताई) जैसे स्थायी तरीकों का उपयोग करके किसानों द्वारा कम क्षरण और मिट्टी संरक्षण प्राप्त किया जा सकता है। दीर्घकालिक गिरावट और कृषि योग्य भूमि के नुकसान को रोकने के लिए, मृदा संरक्षण पहल आवश्यक है। इन तकनीकों का उद्देश्य मिट्टी की गड़बड़ी को कम करने, पौधों और अवशेषों की सतह को ढंकने का विस्तार करने, जैव विविधता को बढ़ावा देने और जीवित जड़ों की मात्रा और उपस्थिति को अनुकूलित करके मिट्टी, पानी और एग्रोइकोसिस्टम में सुधार करना है।

7. अल्प जुताई या शून्य जुताई (नो-टिल)

जब अधिकांश व्यवसाय बिना जुताई के स्वस्थ फसलों का उत्पादन कर सकते हैं, या अक्सर बिना जुताई के, तो वे नो-टिल या कम-टिल तकनीकों को नियोजित करते हैं। इसका दूसरा नाम संरक्षण जुताई है। जुताई को कम करने से मिट्टी की संरचना को बनाए रखने, कटाव को कम करने और आपके पूरे व्यवसाय में पानी की पैठ बढ़ाने के दौरान वार्षिक ईंधन और श्रम लागत को कम करके समय और धन की बचत होती है।

8. फसल चक्रण

नकदी फसलें और कवर फसलें दोनों विविधता बढ़ा सकती हैं। विविध फसल चक्रण कुछ पौधों की प्रजातियों के लिए अद्वितीय कीटों और बीमारियों को कम करके और पौधों को पोषक तत्वों की आपूर्ति करने वाले मिट्टी के सूक्ष्मजीवों के स्वास्थ्य को बढ़ाकर पैदावार को बढ़ावा दे सकते हैं।

9. मृदा आच्छादन (कवरेज) का अनुकूलन करें या जड़ उपस्थिति का अनुकूलन करें

ग्राउंड कवर बनाकर और मिट्टी की संरचना को बढ़ाकर, मिट्टी के कटाव को रोकने के लिए ऑफ-सीजन में फलियां और घास जैसी कवर फसलें लगाई जाती हैं। इसके अतिरिक्त, कवर फसलें महत्वपूर्ण

परिचालन कार्यों की पेशकश करती हैं, भले ही उन्हें आमतौर पर लाभ के लिए काटा न जाए। कवर फसल की जड़ें मिट्टी में चैनल बनाती हैं जो पानी को अवशोषित करने के लिए मिट्टी की क्षमता को बढ़ाती हैं। इसके अलावा, कवर फसलें मिट्टी को स्थिर करती हैं, इसकी कार्बनिक पदार्थ सामग्री को बढ़ाती हैं, और मिट्टी के जीवों को पोषण देती हैं जो पारंपरिक बढ़ते मौसम में आवश्यक पोषक तत्वों के साथ नकदी फसलें प्रदान करती हैं। कवर फसलों के साथ मल्चिंग भी की जा सकती है। मिट्टी की सतह पर जैविक और अकार्बनिक गीली घास का अनुप्रयोग, इसे क्षरण से बचाने, नमी बनाए रखने और मिट्टी के स्वास्थ्य में सुधार करने में मदद करेगा।

मृदा संरक्षण के लिए संरचनाएं

• **समोच्च जुताई:** प्राकृतिक अवरोध बनाकर, ऊपर और नीचे ढलानों के विपरीत भूमि की आकृति का अनुसरण करते हुए जुताई अपवाह और मिट्टी के कटाव को कम करने में मदद करती है।

• **छत (टैरेस) निर्माण:** खड़ी ढलानों पर छतों का निर्माण आसपास के इलाके को चरणों के एक सेट में परिवर्तित करता है, पानी के प्रवाह को धीमा करता है और मिट्टी के कटाव को कम करता है।

• **विंडब्रेक:** हवा के रास्ते में पेड़ या पौधों को रखकर, खेतों को हवा के कटाव और हवा की गति से बचाया जा सकता है।

• **पट्टी फसल:** पानी और हवा के प्रवाह को विभाजित करके, भूमि के समोच्च के साथ विभिन्न फसलों की वैकल्पिक पट्टियों से कटाव को कम करने में मदद मिलती है।

• **कृषि वानिकी:** कृषि प्रणालियों में झाड़ियों और पेड़ों को शामिल करने से जैव विविधता में सुधार होता है, मिट्टी का क्षरण कम होता है और मिट्टी को स्थिर करता है।

• **बफर स्ट्रिप्स:** खेतों और धाराओं की सीमाओं में वनस्पति जोड़कर पोषक तत्वों और गाद को कैप्चर किया जाता है।

घास वाला जलमार्ग

अपवाह फ़िल्टरिंग को बढ़ाने और खेत से कटाव को कम करने के लिए सीमांत भूमि को फिर से तैयार करना "घास वाले जलमार्ग" के रूप में जाना जाता है। यह रिपेरियन निवास स्थान का भी उत्पादन करता है, जो एक अतिरिक्त बोनस है। घास वाली नहरों का निर्माण करना जहां पानी स्वाभाविक रूप से बहता है, मिट्टी को स्थिर करने और नालियों के निर्माण को रोकने में सहायता करता है।

संरक्षण प्रबंधन तकनीकों ने सतह अपवाह और मिट्टी के कटाव को कम किया। सभी प्रबंधन रणनीतियों के तहत, मिट्टी के कटाव और सतह अपवाह में काफी कमी आई थी। अन्य संरक्षण तकनीकों की तुलना में, कवर फसलों और एग्रोफोरेस्ट्री का उपयोग क्षरण में सबसे बड़ी कमी से जुड़ा था। संरक्षण प्रबंधन के तहत मिट्टी के कटाव में परिवर्तन को मिट्टी की कई भौतिक, रासायनिक और जैविक विशेषताओं के साथ-साथ नकदी फसलों के उत्पादन के साथ महत्वपूर्ण रूप से सहसंबद्ध दिखाया गया था।

संरक्षण प्रबंधन के तहत अपवाह और क्षरण की गतिशीलता

वाक्यांश "संरक्षण प्रबंधन" स्थायी कृषि उत्पादन को बढ़ावा देने के लिए उपयोग की जाने वाली तकनीकों की एक विस्तृत श्रृंखला को संदर्भित करता है। हालांकि कई छोटे पैमाने पर और बड़े पैमाने पर अध्ययनों में संरक्षण प्रबंधन के कई घटकों की जांच की गई है, लेकिन वैश्विक आधार पर मिट्टी के

कटाव और सतह अपवाह को विभिन्न संरक्षण रणनीतियों को कैसे प्रभावित किया जा सकता है, इसकी तुलना पहले कभी नहीं की गई है। तुलनीय नियंत्रणों के तहत दर्ज की गई मात्रा की तुलना में, परिणामों से पता चला कि मिट्टी का कटाव 80% तक गिर गया और सतह अपवाह में 67% की गिरावट आई। जियान, एक्स. डू, और अन्य (2022)।

मीठे पानी के जीवों पर मृदा क्षरण का प्रभाव

क्योंकि कृषि हमारी भूमि के इतने बड़े हिस्से पर कब्जा करती है, इसलिए किसान हमारे पानी की गुणवत्ता बनाए रखने के लिए आवश्यक हैं। खेत में गंदगी बनाए रखने से गाद की मात्रा कम हो जाती है जो जल स्तर में प्रवेश करती है और फसल की खेती के लिए मिट्टी में सुधार करती है। कीट नियंत्रण, पोषक तत्व प्रबंधन और सिंचाई जल प्रबंधन का एकीकरण खर्चों को बचा सकता है और फसलों या चरागाहों को बनाए रखने के लिए उर्वरकों और कीटनाशकों का उपयोग किए जाने पर नुकसान के जोखिम को कम कर सकता है। कचरा, प्रदूषकों और तलछट को हटाने के लिए अपवाह को छानने से डाउनस्ट्रीम पानी की गुणवत्ता में वृद्धि हो सकती है, क्षेत्र अभ्यास अपवाह को कम करने में मदद कर सकता है। अपवाह को छानने में सहायता करने वाली तकनीकों में बायोरिएक्टर, रिपेरियन फ़ॉरेस्ट बफर और फ़िल्टर स्ट्रिप्स हैं। जानवरों के मल को बाहर रखना

उपसंहार

पौधों की वृद्धि का मुख्य माध्यम मिट्टी है, जो फसलों को आवश्यक पोषक तत्व, पानी और समर्थन देती है। कृषि के लिए सफल और टिकाऊ दोनों होने के लिए, स्वस्थ मिट्टी आवश्यक है1. मिट्टी के स्वास्थ्य को संरक्षित करने के लिए किसान आवश्यक हैं। फसल रोटेशन, कवर फसलों, और कम जुताई कुछ तकनीकें हैं जो मिट्टी की संरचना को मजबूत करने, पोषक चक्रण को बढ़ावा देने और पानी के प्रवेश को बढ़ावा देने में मदद करती हैं। यह विधि पर्यावरण के साथ संतुलन में खेती पर ध्यान केंद्रित करती है। यह लचीलापन को मजबूत करने, जैव विविधता को बढ़ावा देने और रासायनिक आदानों पर निर्भरता कम करने के लिए मिट्टी का प्रबंधन करने पर जोर देता है। किसान कम कीटनाशकों और उर्वरकों का उपयोग करके पैसे बचा सकते हैं जब उनकी मिट्टी स्वस्थ होती है। किसान भूमि को भण्डारी की तरह देखते हैं। स्थायी मृदा प्रबंधन तकनीकों के कार्यान्वयन के माध्यम से, वे कार्बन के भंडारण में सहायता करते हैं, क्षरण को कम करते हैं, पानी की गुणवत्ता की रक्षा करते हैं और सतत कृषि को आगे बढ़ाते हैं।

***

भारत में सिंचाई: प्राचीन नदियों से भूमिगत जल तक

एस. हर्षिता नायक, शिवेन्द्र कुमार श्रीवास्तव, प्रभात किशोर
भा.कृ.अनु.प. - राष्ट्रीय कृषि अर्थशास्त्र एवं नीति अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: shivendraiari@gmail.com

सिंचाई, भारत में एक प्राचीन प्रथा है, जिसमें भारतीय नदियों से प्राप्त प्रमुख और छोटी नहरों, भूजल अच्छी तरह से आधारित प्रणाली, टैंकों और कृषि उपयोग के लिए वर्षा जल संचयन परियोजनाओं का एक नेटवर्क शामिल है। भूजल प्रणाली इस नेटवर्क का सबसे बड़ा हिस्सा है। नीति आयोग की रिपोर्ट है कि वर्ष 2022-23 में देश के कुल सकल बोए गए 141 मिलियन हेक्टेयर क्षेत्र में से लगभग 73 मिलियन हेक्टेयर या 52% में सिंचाई की पहुँच थी, जो वर्ष 2016 में 41% थी, जबकि शेष कृषि भूमि अभी भी अप्रत्याशित और अविश्वसनीय वर्षा पर निर्भर करती है। 1970 के दशक से भारत में भूजल सिंचाई तेजी से बढ़ी है और अब देश में कुल सिंचित क्षेत्र का 60% से अधिक हिस्सा कवर करता है।

ऐतिहासिक रूप से, सिंचित कृषि का विकास सभ्यताओं के लिए महत्वपूर्ण हो गया ताकि वे अपने समाजों के लिए कृषि आधार प्रदान कर सकें और लोगों की सुरक्षा में सुधार कर सकें।

भारत में सिंचाई का विकास: प्राचीन ज्ञान से आधुनिक नवाचार तक की यात्रा

पानी के साथ भारत का रिश्ता हमेशा से सरलता, आवश्यकता और प्रगति की कहानी रहा है। अपनी सभ्यता के शुरुआती दिनों से, भारत ने अपनी कृषि, व्यापार और दैनिक जीवन के लिए पानी के महत्वपूर्ण महत्व को पहचाना। इस समझ ने विभिन्न सिंचाई प्रणालियों का निर्माण किया, जो अपनी विविध आबादी का समर्थन करने के लिए सहस्राब्दियों में विकसित और विस्तारित हुई। आइए प्राचीन काल से लेकर वर्तमान तक भारत में सिंचाई के आकर्षक इतिहास का पता लगाएं, और इस यात्रा ने देश के विकास को कैसे आकार दिया है।

प्राचीन भारत: सिंचाई की शुरुआत

भारतीय सभ्यता के शुरुआती दिनों में, जल प्रबंधन को पहले से ही अस्तित्व और समृद्धि के लिए महत्वपूर्ण माना जाता था। प्राचीन वेदों में कुओं, नहरों, टैंकों और बांधों के संदर्भ पाए जाते हैं, जो जल संसाधनों के प्रारंभिक ज्ञान और उपयोग पर प्रकाश डालते हैं। पहली शताब्दी ईसा पूर्व तक, सातवाहनों ने एक अभिनव भावना का प्रदर्शन करते हुए ईंट और रिंग वेल के उपयोग का बीड़ा उठाया। इस बीच, दक्षिण भारत में पांड्या, चेरा और चोल राजवंशों ने कावेरी और वैगई जैसी नदियों पर बांधों का निर्माण शुरू किया, जिससे बड़े पैमाने पर झील और कुएं की सिंचाई के लिए आधार तैयार किया गया।

गुप्त काल (300-500 ईस्वी) में जल प्रबंधन में और प्रगति देखी गई, जिसमें कृषि का समर्थन करने के लिए जलाशयों और नहरों के निर्माण पर जोर दिया गया। 7 वीं शताब्दी ईस्वी में पल्लवों ने कावेरी एनीकट का निर्माण किया, जो एक महत्वपूर्ण इंजीनियरिंग चमत्कार था। चोलों ने सिंचाई में भी उत्कृष्ट प्रदर्शन किया, दुनिया के सबसे पुराने जल मोड़ संरचनाओं में से एक, ग्रैंड एनीकट का निर्माण किया,बारहमासी सिंचाई सुनिश्चित की और क्षेत्र की समृद्धि में योगदान दिया।

उत्तरी भारत में, राजपूत राजवंशों (1000-1200 ईस्वी) ने विशाल भोपाल झील जैसे स्मारकीय जल निकायों का निर्माण किया। पूर्व में, पाल और सेन राजाओं (760-1100 ईस्वी) ने कई बड़े तालाब और झीलें विकसित कीं, जबकि कल्हण के "राजतरंगिणी" में कश्मीर के इतिहास में 12 वीं शताब्दी की परिष्कृत सिंचाई प्रणालियों का दस्तावेजीकरण किया गया है।

मध्यकालीन भारत: विस्तार और नवाचार

मध्ययुगीन काल ने भारत की सिंचाई प्रणालियों का एक महत्वपूर्ण विस्तार किया, जो बढ़ती आबादी की जरूरतों और विभिन्न शासकों की महत्वाकांक्षाओं को दर्शाता है। 14 वीं शताब्दी में, दिल्ली सल्तनत के सुल्तान फिरोज शाह तुगलक ने भारत-गंगा के मैदानों में एक विशाल नहर नेटवर्क का नेतृत्व किया, जिससे कृषि भूमि, शहरी क्षेत्रों और ग्रामीण समुदायों के लिए एक स्थिर जल आपूर्ति सुनिश्चित हुई। यमुना नदी के पश्चिम में फैले इस नेटवर्क ने मुगल शासकों के तहत भविष्य के विकास के लिए मंच तैयार किया, जिन्होंने 18 वीं शताब्दी तक इस प्रणाली का विस्तार और शोधन जारी रखा।

इसके साथ ही, दक्षिणी भारत में, विजयनगर राजाओं (1336-1548 ईस्वी) ने बड़े और छोटे दोनों भंडारण टैंकों का निर्माण किया, जैसे कि अनंतराज सागर टैंक और कोरंगल बांध। इन संरचनाओं ने न केवल कृषि का समर्थन किया बल्कि बाढ़ के प्रबंधन में भी मदद की। दक्कन में, बहमनी शासकों ने नहर सिंचाई की शुरुआत की, जबकि कश्मीर में, सुल्तान ज़ैनुद्दीन ने उपजाऊ घाटियों की सिंचाई के लिए नहरों का एक व्यापक नेटवर्क स्थापित किया।

ब्रिटिश शासन: परिवर्तन और संस्थागतकरण

18 वीं शताब्दी में ब्रिटिश शासन के आगमन ने भारत में सिंचाई के लिए नई चुनौतियाँ और अवसर लाए। आर्थिक विकास के लिए पानी के महत्व को स्वीकार करते हुए, ब्रिटिश औपनिवेशिक प्रशासन ने सिंचाई के बुनियादी ढांचे को विकसित और आधुनिक बनाने के लिए महत्वपूर्ण प्रयास किए। प्रारंभिक प्रयासों ने मौजूदा प्रणालियों के नवीनीकरण और वृद्धि पर ध्यान केंद्रित किया, जो जल्द ही ऊपरी गंगा नहर, ऊपरी बारी दोआब नहर और कृष्णा और गोदावरी डेल्टा प्रणालियों जैसी प्रमुख परियोजनाओं के निर्माण तक विस्तारित हो गया। 19वीं शताब्दी के अंत तक, इन पहलों ने लगभग 7.5 मिलियन हेक्टेयर की सिंचाई क्षमता विकसित कर ली थी।

हालांकि, 19वीं सदी के अंत में पड़े विनाशकारी अकालों ने 1901 में प्रथम सिंचाई आयोग की स्थापना के लिए प्रेरित किया, जिसने और विस्तार की सिफारिश की। परिणामस्वरूप, 1947 में भारत की स्वतंत्रता के समय तक सिंचाई क्षमता बढ़कर 22.5 मिलियन हेक्टेयर हो गई। इस अवधि ने सरल डायवर्जन कार्यों से अधिक परिष्कृत भंडारण परियोजनाओं में बदलाव को भी चिह्नित किया, जैसे कि कृष्णराज सागर और मेट्टूर बांध, जो विभिन्न क्षेत्रों में एक स्थिर जल आपूर्ति प्रदान करने के लिए बनाए गए थे।

स्वतंत्रता के बाद: आधुनिक भारत का निर्माण

1947 में स्वतंत्रता प्राप्त करने के बाद, भारत ने अपनी तेजी से बढ़ती आबादी के लिए खाद्य उत्पादन में आत्मनिर्भरता हासिल करने के लिए एक महत्वाकांक्षी यात्रा शुरू की। भाखड़ा, हीराकुंड और नागार्जुनसागर बांधों जैसी प्रमुख भंडारण परियोजनाओं का निर्माण प्राथमिकता बन गया। प्रधान मंत्री जवाहरलाल नेहरू द्वारा इन परियोजनाओं को "आधुनिक भारत के मंदिर" करार दिया गया, इन परियोजनाओं ने किसानों के कल्याण और सतत

विकास पर जोर देते हुए, केवल वित्तीय रिटर्न से लाभ-लागत अनुपात पर ध्यान केंद्रित किया।

कुशल सिंचाई प्रबंधन के महत्व को स्वीकार करते हुए, 1952 में सिंचाई और बिजली मंत्रालय की स्थापना की गई थी। इसके बाद 1974-75 में कमांड एरिया डेवलपमेंट प्रोग्राम (सीएडीपी) जैसे विभिन्न कार्यक्रम शुरू किए गए, जिनका उद्देश्य खेत के स्तर पर जल प्रबंधन में सुधार करना, फसल पैटर्न को अनुकूलित करना और कृषि उत्पादकता बढ़ाना था।

सतत जल प्रबंधन का मार्ग

20वीं सदी के अंत और 21वीं सदी की शुरुआत में, भारत ने बढ़ती आबादी, जलवायु परिवर्तन और पानी की कमी की चुनौतियों का सामना करने के लिए स्थायी जल प्रबंधन प्रथाओं की आवश्यकता को पहचाना। 1987 की राष्ट्रीय जल नीति ने एकीकृत जल संसाधन विकास और कुशल उपयोग के महत्व पर जोर दिया। इस नीति ढांचे को 2002 और 2012 में संशोधित किया गया था, जिसमें जलवायु परिवर्तन और पानी की गुणवत्ता जैसी उभरती चुनौतियों का सामना करने के लिए नई रणनीतियों को शामिल किया गया था।

ड्रिप और स्प्रिंकलर सिंचाई जैसी सूक्ष्म सिंचाई प्रौद्योगिकियों को जल संरक्षण और फसल की उपज बढ़ाने के प्रभावी उपकरण के रूप में प्रमुखता मिली। सरकार ने इन प्रौद्योगिकियों को बढ़ावा देने के लिए विभिन्न पहल शुरू की, जिसमें किसानों को वित्तीय सहायता और सब्सिडी शामिल है। 2015 में शुरू की गई प्रधान मंत्री कृषि सिंचाई योजना (PMKSY) का उद्देश्य सिंचाई में एंड-टू-एंड समाधान प्रदान करना है, जल उपयोग दक्षता में सुधार लाने और पानी को हर क्षेत्र तक पहुंचाने पर ध्यान केंद्रित करना है।

भारत में भूजल सिंचाई का उदय: एक मौन क्रांति

सिंचाई के इतिहास में भारत की यात्रा स्मारकीय परियोजनाओं और अभिनव समाधानों द्वारा चिह्नित की जाती है जिन्होंने सदियों से अपनी कृषि अर्थव्यवस्था को बनाए रखा है। हालांकि, बांधों, नहरों और टैंकों की अच्छी तरह से प्रलेखित कहानियों के बीच, एक और शांत लेकिन समान रूप से परिवर्तनकारी क्रांति सतह के नीचे काफी शाब्दिक रूप से हो रही है। यह भूजल सिंचाई की कहानी है, एक ऐसी घटना जो पिछले कुछ दशकों में भारत के कृषि परिदृश्य पर हावी हो गई है, जिस तरह से राष्ट्र अपना भोजन उगाता है और अपने लोगों को बनाए रखता है।

सतह के नीचे बदलाव

1960 से 2023 की अवधि के दौरान, भारत में सकल सिंचित क्षेत्रों में वृद्धि शुद्ध सिंचित क्षेत्रों से अधिक हो गई, जो कई फसल मौसमों के लिए सिंचाई के उपयोग में विस्तार का संकेत देती है। हालांकि, समय के साथ नई सिंचाई क्षमता के निर्माण में उल्लेखनीय गिरावट आई (नारायणमूर्ति, 2011)। इस अवधि में सतही सिंचाई प्रणालियों, जैसे नहरों और टैंकों से भूजल आधारित सिंचाई विधियों (गांधी और भमोरिया, 2011) में धीरे-धीरे बदलाव देखा गया।

भारत की स्वतंत्रता के तुरंत बाद के वर्षों में, प्रमुख और मध्यम सिंचाई परियोजनाओं के माध्यम से सतही सिंचाई के विस्तार पर ध्यान केंद्रित किया गया था। उदाहरण के लिए, तीसरी पंचवर्षीय योजना के दौरान, भारत में 10.97 मिलियन हेक्टेयर की सिंचाई क्षमता थी, जिसमें से लगभग 62% बड़े और मध्यम पैमाने की सतह सिंचाई परियोजनाओं (भारत सरकार, 2011) द्वारा समर्थित थी। हालांकि, हरित क्रांति, कृषि उत्पादकता में उल्लेखनीय वृद्धि द्वारा

चिह्नित अवधि, विशेष रूप से चावल और गेहूं उत्पादन में, सिंचाई पैटर्न में एक उल्लेखनीय बदलाव लाया। भूजल सिंचाई का हिस्सा 1950 के दशक में 29 फीसदी से बढ़कर 2002-03 में 61 फीसदी हो गया (नारायणमूर्ति, 2010)। तदनुसार, सतही सिंचाई प्रणालियों पर निर्भरता 57% से घटकर 33% हो गई। 2015 तक, सतही सिंचाई का हिस्सा और घटकर 30% हो गया, जबकि भूजल सिंचाई शुद्ध सिंचित क्षेत्र के 70% के लिए बढ़ गई। यह वृद्धि स्पष्ट रूप से भूजल सिंचाई के तेजी से बढ़ने को दर्शाती है, जो सतह के तरीकों से आगे निकल जाती है।

मामूली वृद्धि हुई। भूजल सिंचाई, विशेष रूप से ट्यूबवेल के माध्यम से, विकास का सबसे महत्वपूर्ण चालक रहा है। नलकूप सिंचाई का विस्तार लगातार पारंपरिक कुएं सिंचाई से आगे निकल गया, पिछले दशक में अच्छी तरह से सिंचाई ने भी नकारात्मक विकास दर का अनुभव किया।

कुल मिलाकर, यह प्रवृत्ति भारत के सिंचाई परिदृश्य में एक गतिशील बदलाव को उजागर करती है, जिसमें भूजल प्रमुख स्रोत के रूप में उभर रहा है जैसा कि चित्र -1 में दिखाया गया है, देश भर में कृषि प्रथाओं और जल प्रबंधन को नया आकार दे रहा है।

तालिका: सिंचाई के स्रोत द्वारा सिंचित क्षेत्र में दशकीय वृद्धि दर (%)

दशक	**सकल सिंचित क्षेत्र**	**निवल सिंचित क्षेत्र**	**नहर**	**टंकी**	**अच्छा**	**नलकूप**	**सतह**	**भूजल**
1960-69	3.08	2.06	1.72	-1.78	0.93	4.63	0.96	4.63
1970-79	3.05	2.59	1.89	-0.29	1.51	9.24	1.46	5.29
1980-89	2.26	1.96	0.78	-1.98	1.63	4.23	0.68	3.61
1990-99	2.68	2.16	-0.09	-2.01	2.64	5.39	0.34	4.05
2000-10	1.89	2.32	0.82	-1.84	-0.43	3.46	1.29	4.39
2011-23	2.06	1.73	1.64	-1.63	-0.14	2.21	1.88	2.97

विभिन्न सिंचाई स्रोतों के तहत विस्तार को ध्यान से देखते हुए, जैसा कि तालिका-1 में दिखाया गया है, सिंचाई के स्रोत द्वारा सिंचित क्षेत्र में दशकीय वृद्धि दर। टैंक सिंचाई के तहत क्षेत्र में 1961 से 2023 तक लगातार गिरावट आई, जो लगातार नकारात्मक विकास दर को दर्शाती है। इसके विपरीत, नहरों द्वारा सिंचित क्षेत्र 1960 से 1990 तक लगातार बढ़ता गया, केवल 1991 और 2000 के बीच गिरावट देखी गई, इसके बाद 2001 से 2023 तक 0.82% की

भूजल सिंचाई के इस तेजी से विस्तार को कई कारकों के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। सबसे पहले, यह किसानों को नियंत्रण और विश्वसनीयता का एक स्तर प्रदान करता है जो सतह के जल स्रोत अक्सर प्रदान नहीं कर सकते हैं। नहर सिंचाई के विपरीत, जो सरकारी कार्यक्रम और बुनियादी ढांचे के रखरखाव पर निर्भर करता है, भूजल किसानों को मांग पर अपनी फसलों की सिंचाई करने की अनुमति देता है, जिससे पानी की कमी के कारण फसल की विफलता का

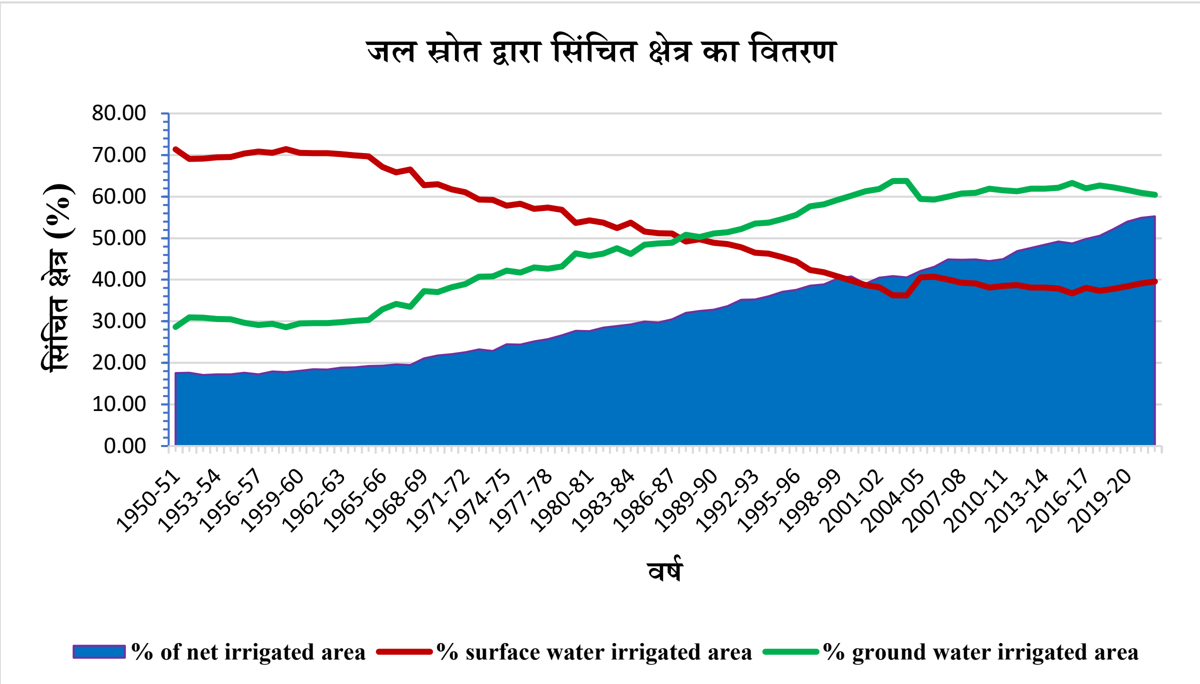
खतरा कम हो जाता है। दूसरे, सरकारी नीतियों और हस्तक्षेपों ने अनजाने में इस बदलाव को सुविधाजनक बनाया है। जबकि कई पंचवर्षीय योजनाओं का ध्यान सतही सिंचाई प्रणालियों में सुधार पर था, नहर रखरखाव की सापेक्ष उपेक्षा और बड़े पैमाने पर जल वितरण से जुड़ी चुनौतियों ने कई किसानों को अधिक भरोसेमंद विकल्प के रूप में भूजल की ओर रुख करने के लिए प्रेरित किया।

कृषि उपयोग के लिए बिजली और डीजल पर सब्सिडी ने पंप सेटों को व्यापक रूप से अपनाने को प्रोत्साहित किया, जिससे भूजल सिंचाई लाखों किसानों के लिए आर्थिक रूप से व्यवहार्य विकल्प बन गई।

भूजल की ओर बदलाव फायदे और चुनौतियां दोनों लेकर आया है। जबकि इसने लाखों किसानों को पानी की अधिक विश्वसनीय पहुंच के साथ सशक्त बनाया है, इसने सिंचाई प्रणाली में निहित असमानताओं को भी गहरा कर दिया है। जैसे-जैसे भूजल का उपयोग बढ़ता गया, पंप सेट या बोरवेल में निवेश करने के लिए वित्तीय संसाधनों के बिना कई किसानों ने खुद को तेजी से हाशिए पर पाया, खासकर पारंपरिक सतह के पानी की नहरों के पूंछ के अंत में। इस विचलन ने न केवल पानी की उपलब्धता को संबोधित करने की आवश्यकता पर प्रकाश डाला है, बल्कि इसके वितरण की निष्पक्षता को भी संबोधित किया है, जिससे नीति निर्माताओं और समुदायों के लिए समान रूप से नई चुनौतियां पैदा हुई हैं।

सिंचाई जल वितरण में समानता को संबोधित करना

सिंचाई के पानी के वितरण में समानता एक महत्वपूर्ण मुद्दा बन गया है, खासकर भारत जैसे विकासशील देशों में। सिंचाई प्रणालियों के अंतिम छोर पर स्थित किसानों को अक्सर पर्याप्त पानी तक पहुंचने में महत्वपूर्ण चुनौतियों का सामना करना पड़ता है, जो दुनिया के कई हिस्सों में देखी गई समस्या है। भारत में, सिंचाई के पानी का असमान वितरण एक सामान्य घटना है। हालांकि, जल वितरण में समानता हासिल करना एक जटिल कार्य है जिसे देश के भीतर



कई अध्ययनों में पर्याप्त रूप से संबोधित नहीं किया गया है।

सिंचाई में समानता से संबंधित अधिकांश अध्ययनों ने भूमि जोतों के अनुपात में पानी वितरित करने का प्रयास किया है, जैसे कि उत्तरी भारत की वारबंदी प्रणाली (मल्होत्रा, 1982)। हालांकि, इस दृष्टिकोण का परिणाम हमेशा निष्पक्षता नहीं हो सकता है। कुछ सिंचाई योजनाओं में जहां पानी का वितरण असमान है, सिस्टम के शीर्ष के पास भूमि की कीमत अधिक होती है। नतीजतन, मुख्य छोर पर किसानों के पास अक्सर पूंछ के अंत में उन लोगों की तुलना में छोटी जोत होती है, जो समान राशि के लिए अधिक जमीन खरीद सकते हैं (एबरनेथी, 1986)। ऐसे मामलों में, केवल भूमि के आकार के आधार पर पानी का आवंटन उचित समाधान नहीं हो सकता है।

लेविन और कॉवर्ड (1989) ने सुझाव दिया कि जल आवंटन में इक्विटी को कई कारकों पर विचार करना चाहिए, जिसमें जल अधिकारों की वरिष्ठता, विभिन्न फसलों द्वारा आवश्यक पानी की गंभीरता, नहर पर समय या संसाधन साझा करना, भूमि जोत और यहां तक कि परिवार का आकार भी शामिल है। सिंचाई जल प्रबंधन में समानता सुनिश्चित करने की चुनौतियां विविध हैं: यह तय करना कि क्या इक्विटी प्राथमिकता होनी चाहिए, इक्विटी के लिए लक्षित संसाधनों की पहचान करना (जैसे सिंचित क्षेत्र, पानी की आपूर्ति, अपेक्षित फसल की पैदावार, या शुद्ध लाभ), और इक्विटी के लिए आधार निर्धारित करना (भूमि का आकार, पानी के अधिकार, पानी की आवश्यकताएं, भूमि की कीमतें, आदि)।

मुखर्जी (2004) ने क्षेत्र के दौरे के दौरान पाया कि सिंचाई प्रणालियों के अंतिम छोर पर पानी की उपलब्धता अक्सर नगण्य होती है। किसान अक्सर अपने तालाबों को भरकर या घरेलू कार्यों के लिए इसका उपयोग करके सिंचाई के पानी का दुरुपयोग करते हैं। सिंचाई के मौसम के दौरान हेड-एंड और टेल-एंड किसानों के बीच संघर्ष कई वर्षों से चल रहा है, कभी-कभी गंभीर शत्रुता में बढ़ जाता है। इसके अतिरिक्त, परियोजना क्षेत्रों में लोगों के बीच एक व्यापक धारणा है कि सिंचाई का पानी और बुनियादी ढांचा सरकारी स्वामित्व में है और नि: शुल्क होना चाहिए, जिससे जल प्रबंधन में भागीदारी की कमी और बुनियादी ढांचे की खराब स्थिति के बारे में लगातार शिकायतें होती हैं।

अध्ययनों से पता चला है कि जल वितरण और अक्षम प्रबंधन में असमानताओं के कारण सिंचाई प्रणालियों के अंतिम छोर का प्रदर्शन आम तौर पर खराब है। नतीजतन, सिर और मध्यम पहुंच वाले परिवारों को पूंछ के सिरों की तुलना में सिंचाई से अधिक लाभ होता है। इन मुद्दों को संबोधित करना पानी के अधिक न्यायसंगत वितरण को प्राप्त करने और प्रभावित क्षेत्रों में स्थायी कृषि उत्पादकता सुनिश्चित करने के लिए आवश्यक है।

भारत की सिंचाई प्रथाओं में स्थिरता और परिवर्तनशीलता को और समझने के लिए, भिन्नता का गुणांक (सीवी) विभिन्न जल स्रोतों की विश्वसनीयता में महत्वपूर्ण अंतर्दृष्टि प्रदान करता है। सीवी, जो माध्य के लिए मानक विचलन का अनुपात है, इंगित करता है कि डेटा बिंदु औसत के आसपास कैसे फैलते हैं; एक कम सीवी अधिक स्थिरता और भविष्यवाणी का सुझाव देता है, जबकि एक उच्च सीवी बढ़ी हुई परिवर्तनशीलता और अप्रत्याशितता को इंगित करता है। नीचे दी गई तालिका 2012 और 2022 के बीच सतह और भूजल (अच्छी तरह से और ट्यूब वेल) सिंचित क्षेत्रों के लिए सीवी दिखाती है। परिणामों से पता चलता है कि भूजल सिंचाई, कुओं और नलकूपों द्वारा सुविधा, सतह सिंचाई की तुलना

में लगातार कम सीवी है, जो इसकी अधिक स्थिरता और निर्भरता को रेखांकित करती है। भूजल सिंचाई 0.265 और 0.295 के बीच एक सीवी बनाए रखती है, जो मौसमी विविधताओं और बाहरी कारकों के प्रति इसकी लचीलापन को दर्शाती है। इसके विपरीत, सतही सिंचाई के लिए सीवी 0.354 और 0.420 के बीच उतार-चढ़ाव करता है, जो वर्षा और नदी के प्रवाह जैसी जलवायु परिस्थितियों के प्रति इसकी भेद्यता को उजागर करता है।

ये पैटर्न दिखाते हैं कि भूजल भारत भर में कई किसानों के लिए पसंदीदा विकल्प क्यों बन गया है, जो पानी तक अधिक सुसंगत पहुंच प्रदान करता है। हालांकि, यह बदलाव स्थिरता और न्यायसंगत पहुंच से संबंधित चुनौतियां भी लाता है, क्योंकि भूजल पर अधिक निर्भरता जलभृतों की कमी का जोखिम उठाती है और किसानों के बीच असमानता बढ़ा सकती है। इस प्रकार, नीति निर्माताओं के लिए रणनीतियों को विकसित करने के लिए इन प्रवृत्तियों को समझना महत्वपूर्ण है जो भविष्य में एक संतुलित, निष्पक्ष और टिकाऊ सिंचाई प्रणाली सुनिश्चित करते हैं।

कृषि और खाद्य सुरक्षा पर प्रभाव

भूजल सिंचाई के उदय का भारत में कृषि और खाद्य सुरक्षा पर गहरा प्रभाव पड़ा है। भूजल कमी पर काबू पाने में महत्वपूर्ण रहा है, जिससे उच्च उपज वाली फसल किस्मों की खेती को सक्षम किया गया है जो लगातार और समय पर सिंचाई की मांग करते हैं ।यह बदलाव हरित क्रांति में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है, जिसने खाद्य उत्पादन को काफी बढ़ावा दिया है। लाखों किसान दुनिया की 40 प्रतिशत फसलों के उत्पादन में मदद करने के लिए भूजल सिंचाई पर निर्भर हैं, जिसमें चावल और गेहूं जैसी मुख्य फसलों का एक बड़ा हिस्सा शामिल है।

तालिका : भारत में सतही और भूजल सिंचित क्षेत्रों में भिन्नता गुणांक (सीवी)

वर्ष	**सतही**	**भूजल (अच्छी**
2012-13	0.399	0.279
2013-14	0.397	0.287
2014-15	0.409	0.292
2015-16	0.420	0.284
2016-17	0.384	0.295
2017-18	0.377	0.282
2018-19	0.377	0.290
2019-20	0.354	0.265
2020-21	0.364	0.277
2021-22	0.374	0.292

भारत में भूजल सिंचाई फसल की तीव्रता के 20%, वार्षिक सिंचित फसल उत्पादन के 28% और शुष्क मौसम की सिंचित फसलों के आधे से अधिक का समर्थन करता है (झवेरी *एवं अन्य,* 2016)। यह पंजाब, हरियाणा और पश्चिमी उत्तर प्रदेश जैसे क्षेत्रों में विशेष रूप से महत्वपूर्ण है, जहां गहन कृषि पद्धतियों के लिए पर्याप्त पानी की आवश्यकता होती है। 1960 के दशक से केंद्रीकृत सिंचाई परियोजनाओं से व्यक्तिगत सिंचाई प्रणालियों में दक्षिण एशिया का संक्रमण इस प्रवृत्ति को रेखांकित करता है (शाह, 2010)। हालांकि, जबकि भूजल मध्य पूर्व जैसे क्षेत्रों में कृषि सफलता और खाद्य सुरक्षा के लिए मौलिक रहा है, इसके व्यापक उपयोग से भविष्य की पीढ़ियों के लिए संसाधनों के कम होने का खतरा है। इसके अलावा, भूजल तक पहुँचने की क्षमता ने सूखाग्रस्त

और शुष्क क्षेत्रों में किसानों को ऐसी फसलों की खेती करने की अनुमति दी है जिन्हें उगाना अन्यथा असंभव होगा, जिससे जलवायु परिवर्तनशीलता के प्रति उनकी भेद्यता कम हो जाएगी। इससे न केवल कृषि उत्पादकता में वृद्धि हुई है बल्कि देश भर के लाखों छोटे और सीमांत किसानों की आजीविका में भी सुधार हुआ है।

आगे की चुनौतियां

जबकि भूजल सिंचाई का उदय निस्संदेह भारत की कृषि के लिए एक वरदान रहा है, यह अपने साथ कई चुनौतियां भी लेकर आया है। विनियमन की कमी और वैकल्पिक जल स्रोतों की अनुपस्थिति के कारण भूजल के अति-निष्कर्षण से देश के कई हिस्सों में जल स्तर में तेज गिरावट आई है। कुछ क्षेत्रों में, इसके परिणामस्वरूप कुएं सूख रहे हैं और पानी तक पहुंचने के लिए कभी भी गहरा ड्रिल करने की आवश्यकता है, लागत में वृद्धि हुई है और पहले से ही तनावग्रस्त एक्वीफर्स पर अतिरिक्त दबाव डाला गया है। इसके अलावा, भूजल सिंचाई के अनियंत्रित विस्तार ने पानी की गुणवत्ता के मुद्दों को जन्म दिया है, औद्योगिक प्रदूषकों और कृषि रसायनों द्वारा लवणता और संदूषण में वृद्धि के साथ अधिक आम हो गया है। ये चुनौतियाँ भूजल प्रबंधन के लिए अधिक टिकाऊ दृष्टिकोण की आवश्यकता को उजागर करती हैं, जो जल संसाधनों की दीर्घकालिक स्थिरता के साथ कृषि की तत्काल आवश्यकताओं को संतुलित करती है ।

आगे देख रहे हैं: विकास और स्थिरता संतुलन

जैसा कि भारत जल प्रबंधन की जटिल गतिशीलता को नेविगेट करना जारी रखता है, भूजल सिंचाई की कहानी एक सतर्क कहानी और प्रेरणा दोनों के रूप में कार्य करती है। भूजल सिंचाई का विकास भारतीय किसानों के लचीलेपन और सरलता का एक वसीयतनामा रहा है, जिन्होंने उल्लेखनीय संसाधनशीलता के साथ बदलती परिस्थितियों के अनुकूल खुद को ढाल लिया है। हालांकि, यह व्यापक जल प्रबंधन नीतियों की तत्काल आवश्यकता को भी रेखांकित करता है जो सिंचाई के वैकल्पिक स्रोतों की खोज करते समय भूजल के सतत उपयोग को सुनिश्चित करते हैं।

हाल के वर्षों में, इन चुनौतियों का समाधान करने के प्रयास किए गए हैं। प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना (पीएमकेएसवाई) जैसी पहलों का उद्देश्य जल उपयोग दक्षता में सुधार करना और सूक्ष्म सिंचाई जैसी स्थायी प्रथाओं को बढ़ावा देना है। सतही जल प्रबंधन और वर्षा जल संचयन को बढ़ावा देने पर नए सिरे से ध्यान केंद्रित करने के साथ संयुक्त ये प्रयास एक ऐसा मार्ग प्रदान करते हैं जो जल संरक्षण की अनिवार्यता के साथ कृषि की जरूरतों को संतुलित करता है।

जैसे-जैसे भारत भविष्य में आगे बढ़ेगा, भूजल सिंचाई का उदय इसके कृषि इतिहास में एक महत्वपूर्ण अध्याय बना रहेगा। यह एक कहानी है कि कैसे एक राष्ट्र, अपने लोगों को खिलाने और अपने संसाधनों के प्रबंधन की दोहरी चुनौतियों का सामना करते हुए, अपने पैरों के नीचे पृथ्वी की ओर मुड़ गया और एक जीवन रेखा पाई। अब, कार्य यह सुनिश्चित करना है कि यह जीवन रेखा आने वाली पीढ़ियों के लिए व्यवहार्य बनी रहे, न केवल फसलों के विकास का समर्थन करे, बल्कि जीवन की स्थिरता भी हो।

***

जल सुरक्षा खंड: 2 (अंक : 1) जुलाई-दिसम्बर, 2024 पृष्ठ संख्या: 29-30

भारत में भूजल चुनौतियाँ: एक गंभीर संकट

शिवम चौबे, अनिल कुमार मिश्र, महेश रोंगाली, प्रशांत शुक्ला, गौरी यु. भगोले एवं रीमा दास
[1]कृषि अभियान्त्रिकी संभाग, [2]जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: shivamchaubey124@gmail.com

भारत तेजी से घटते भूजल स्तर के कारण एक गंभीर संकट का सामना कर रहा है। यह समस्या देश के जल की उपलब्धता, पर्यावरण, कृषि और पेयजल आपूर्ति पर गहरा प्रभाव डाल रही है। संयुक्त राष्ट्र विश्वविद्यालय के अनुसार, भूजल की कमी शीर्ष पर्यावरणीय खतरों में से एक है। भारत के इंडो-गंगेटिक बेसिन और पंजाब-हरियाणा जैसे क्षेत्रों में यह समस्या विशेष रूप से गंभीर है। नीति आयोग ने चेतावनी दी है कि अगर तत्काल कदम नहीं उठाए गए तो 2030 तक भारत को गंभीर जल संकट का सामना करना पड़ सकता है।

भूजल संकट के कारण

1. **अत्यधिक निष्कर्षण:** सिंचाई और औद्योगिक उपयोग के लिए अनियंत्रित भूजल पंपिंग संकट का प्रमुख कारण है। हरित क्रांति के बाद, सतही जल के बजाय भूजल पर निर्भरता तेजी से बढ़ी है। उदाहरण के लिए चित्र प्रदर्शित किया गया है, पंजाब में 78% कुओं का अत्यधिक दोहन हो चुका है।

2. **शहरीकरण और औद्योगिकीकरण:** शहरीकरण और औद्योगिकीकरण से पानी की मांग में वृद्धि हुई है, जिससे जल स्तर तेजी से घट रहा है।

3. **अनियमित जल प्रबंधन और जागरूकता की कमी**

जल प्रबंधन की प्रभावी नीतियों की कमी और भूजल पुनर्भरण की अनदेखी इस संकट को और गहरा बना रही है।

4. **जलवायु परिवर्तन का प्रभाव:** अनियमित वर्षा और बढ़ते तापमान से सिंचाई की मांग में वृद्धि हो रही है, जिससे भूजल का अत्यधिक उपयोग हो रहा है।

पर्यावरण पर प्रभाव

1. **पारिस्थितिक असंतुलन:** भूजल की कमी से नदियों, झीलों और आर्द्रभूमियों का सूखना शुरू हो गया है, जिससे जैव विविधता को खतरा है।

2. **भूमि धंसाव:** भूजल भंडार की कमी से भूमि धंसाव की घटनाएँ बढ़ रही हैं, जो बुनियादी ढांचे को नुकसान पहुँचा सकती हैं।

चित्र स्रोत: विज्ञान एवं पर्यावरण केंद्र, 2023

कृषि पर प्रभाव

1. **सिंचाई लागत में वृद्धि:** किसान गहरे जल स्रोतों तक पहुँचने के लिए अधिक खर्च करने को मजबूर हो रहे हैं।
2. **फसल उत्पादन में कमी:** पानी की कमी और भूजल की गुणवत्ता में गिरावट के कारण कृषि उत्पादकता प्रभावित हो रही है।

पेयजल आपूर्ति पर प्रभाव

भूजल की कमी से ग्रामीण और शहरी समुदायों में पेयजल आपूर्ति बाधित हो रही है। यह सार्वजनिक स्वास्थ्य के लिए गंभीर खतरा पैदा कर रही है, खासकर जल प्रदूषण की बढ़ती समस्याओं के कारण।

समाधान और सरकारी पहल

1. **जल प्रबंधन नीतियाँ:**
   - भूजल के निष्कर्षण को नियंत्रित करने के लिए सख्त नियम लागू करना।
   - बिजली की राशनिंग और मीटरिंग को बढ़ावा देना।
2. **तकनीकी समाधान:**
   - कुशल सिंचाई तकनीकों जैसे ड्रिप और स्प्रिंकलर सिंचाई को अपनाना।
   - जलवायु-अनुकूल फसलों की खेती करना।
3. **पुनर्भरण और संरक्षण प्रयास:**
   - भूजल पुनर्भरण के लिए कृत्रिम संरचनाएँ बनाना
   - किसानों को जल संरक्षण उपाय अपनाने के लिए प्रोत्साहित करना
4. **जन जागरूकता अभियान**
   - जल संरक्षण और सतत उपयोग के महत्व को समझाने के लिए व्यापक जागरूकता अभियान चलाना।

निष्कर्ष

भूजल संकट भारत के लिए एक गंभीर चुनौती है, जो पर्यावरण, कृषि और सार्वजनिक स्वास्थ्य को प्रतिकूल रूप से प्रभावित कर रहा है। देश के विभिन्न भागों में घटते भूजल स्तर और बढ़ती जल की मांग ने इस समस्या को और जटिल बना दिया है। सतत विकास और जल सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए तत्काल और प्रभावी कदम उठाने की आवश्यकता है। सरकारी नीतियों के साथ-साथ सामुदायिक सहयोग और तकनीकी समाधान इस संकट को कम करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकते हैं। जल पुनर्भरण उपायों को बढ़ावा देना, जल उपयोग की दक्षता सुधारना और परंपरागत जल प्रबंधन प्रणालियों का पुनर्जीवन इस दिशा में ठोस कदम हैं। कृषि क्षेत्र में सूक्ष्म सिंचाई प्रणाली जैसे उपायों को अपनाना जल उपयोग की प्रभावशीलता बढ़ाने में सहायक हो सकता है। साथ ही, जन-जागरूकता बढ़ाना और जल संरक्षण की संस्कृति को प्रोत्साहन देना अत्यंत आवश्यक है। शैक्षिक संस्थानों, गैर-सरकारी संगठनों और स्थानीय समुदायों को इस अभियान में शामिल करके सकारात्मक परिवर्तन लाया जा सकता है। वर्तमान और भविष्य की पीढ़ियों के लिए जल संसाधनों का संरक्षण सुनिश्चित करने हेतु वैज्ञानिक दृष्टिकोण और सामूहिक प्रयास अत्यावश्यक हैं।

***

जल सुरक्षा खंड: 2 (अंक : 1) जुलाई-दिसम्बर, 2024 पृष्ठ संख्या: 31-33

सतत जल प्रबंधन में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआई) की भूमिका

पी. जी. दोडेवार, पी. एस. ब्रह्मानंद और विजय प्रजापति
जल प्रौद्योगिकी केंद्र , भा. कृ. अनु. प. – भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: dodewarprajwal@gmail.com

पृथ्वी पर जीवन के लिए जल सबसे महत्वपूर्ण संसाधनों में से एक है, फिर भी जनसंख्या वृद्धि, औद्योगीकरण, जलवायु परिवर्तन और अकुशल प्रबंधन प्रथाओं के कारण इसकी उपलब्धता और गुणवत्ता लगातार खतरे में है। इन चुनौतियों का समाधान करने के लिए, संधारणीय जल प्रबंधन के लिए कृत्रिम बुद्धिमत्ता (आर्टिफिशियल इंटेलिजेंस अथवा एआई) जैसी नवीन तकनीकों की खोज की जा रही है। ए.आई. जल उपयोग को अनुकूलित करने, संसाधन उपलब्धता की भविष्यवाणी करने और निर्णय लेने में सहायता करने के लिए शक्तिशाली उपकरण प्रदान करता है, जिससे यह जल संधारणीयता सुनिश्चित करने के वैश्विक प्रयास का एक अनिवार्य हिस्सा बन जाता है।

सतत जल प्रबंधन

संधारणीय जल प्रबंधन से तात्पर्य पारिस्थितिक संतुलन से समझौता किए बिना वर्तमान और भविष्य की जरूरतों को पूरा करने के लिए जल संसाधनों की सावधानीपूर्वक योजना, विकास और उपयोग से है । यह कुशल जल उपयोग, कृषि, औद्योगिक और घरेलू अनुप्रयोगों में अपव्यय को कम करने, प्रदूषण को रोकने और सुरक्षित पेयजल सुनिश्चित करने के लिए जल की गुणवत्ता बनाए रखने और प्राकृतिक जल चक्रों और आवासों को बनाए रखते हुए पारिस्थितिकी तंत्र को संरक्षित करने पर केंद्रित है।

जल प्रबंधन में एआई की भूमिका

एआई जल प्रबंधन के विभिन्न पहलुओं को बढ़ाने के लिए मशीन लर्निंग, डीप लर्निंग और डेटा एनालिटिक्स जैसी उन्नत तकनीकों का लाभ उठाता है। यह जल संसाधनों की निगरानी, उपलब्धता की भविष्यवाणी और उपयोग को अनुकूलित करने में सहायता करता है। हाइड्रोलॉजिकल मॉडल नदी के प्रवाह, भूजल स्तर और जलाशय भंडारण का पूर्वानुमान लगाने के लिए ए.आई. का उपयोग करते हैं, जबकि बाढ़ और सूखे का पूर्वानुमान, जलवायु और मिट्टी के डेटा का विश्लेषण करने की ए.आई. की क्षमता से लाभान्वित होता है। कृषि में, ए.आई. संचालित स्मार्ट सिंचाई प्रणाली मौसम और मिट्टी की स्थिति का विश्लेषण करके और सिंचाई कार्यक्रम को स्वचालित करके पानी के उपयोग को अनुकूलित करती है। इसके अतिरिक्त, ए.आई. प्रदूषकों का पता लगाकर और संदूषण की भविष्यवाणी करके जल गुणवत्ता निगरानी को बढ़ाता है, जबकि रिसाव की पहचान करके और वितरण नेटवर्क को अनुकूलित करके बुनियादी ढाँचे के प्रबंधन में सुधार करता है। ये अनुप्रयोग सामूहिक रूप से अपव्यय को कम करते हैं, दक्षता बढ़ाते हैं और संधारणीय संसाधन प्रबंधन का समर्थन करते हैं।

जल प्रबंधन में एआई के लाभ

जल प्रबंधन में ए.आई. के एकीकरण से महत्वपूर्ण लाभ मिलते हैं। यह जल उपयोग को अनुकूलित करके और अपव्यय को कम करके दक्षता में सुधार करता है। स्वचालन और भविष्य कहनेवाला विश्लेषण के माध्यम से लागत बचत प्राप्त की जाती है, जिससे परिचालन व्यय कम होता है। निर्णय लेने

की क्षमता बढ़ जाती है क्योंकि ए.आई. वास्तविक समय और ऐतिहासिक डेटा के आधार पर कार्रवाई योग्य जानकारी प्रदान करता है। ए.आई. प्रदूषण, रिसाव या पानी की कमी जैसे मुद्दों पर सक्रिय प्रतिक्रिया भी सक्षम बनाता है, जिससे समय पर हस्तक्षेप करने की अनुमति मिलती है जो जोखिम और व्यवधानों को कम करता है।

ए.आई. अपनाने में चुनौतियाँ

अपनी क्षमता के बावजूद, एआई को जल प्रबंधन में एकीकृत करने में कई चुनौतियों का सामना

ए.आई. तकनीकों के निष्पक्ष और जिम्मेदार उपयोग को सुनिश्चित करने के लिए डेटा गोपनीयता और इक्विटी मुद्दों जैसी नैतिक चिंताओं को भी संबोधित करने की आवश्यकता है।

भविष्य की संभावनाएँ

जल प्रबंधन के भविष्य में ए.आई. से और भी अधिक महत्वपूर्ण भूमिका निभाने की उम्मीद है। इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स (IoT) उपकरणों के साथ ए.आई. के एकीकरण से जल प्रणालियों की वास्तविक समय की निगरानी और नियंत्रण में वृद्धि होगी। ए.आई.

करना पड़ रहा है। अपर्याप्त या गलत डेटा सहित डेटा सीमाएँ, ए.आई. सिस्टम के प्रदर्शन को प्रभावित कर सकती हैं। ए.आई. समाधान विकसित करने और लागू करने से जुड़ी उच्च लागतें महत्वपूर्ण बाधाएँ उत्पन्न करती हैं। ए.आई. सिस्टम को संचालित करने के लिए तकनीकी विशेषज्ञता की आवश्यकता होती है, जो हमेशा आसानी से उपलब्ध नहीं हो सकती है।

संचालित विलवणीकरण प्रौद्योगिकियाँ विलवणीकरण संयंत्रों में ऊर्जा के उपयोग को अनुकूलित करेंगी, जिससे वे अधिक टिकाऊ बनेंगे। इसके अतिरिक्त, ए.आई. द्वारा संचालित वैश्विक जल नेटवर्क जल साझाकरण और संरक्षण के लिए परस्पर जुड़ी प्रणालियाँ बनाकर अंतर्राष्ट्रीय सहयोग को सुविधाजनक बना सकते हैं।

नीतिगत निहितार्थ और अनुशंसाएँ जल प्रबंधन में ए.आई. को प्रभावी रूप से अपनाने के लिए, कई नीतिगत उपायों पर विचार किया जाना चाहिए। सरकारों और संगठनों को जल स्थिरता के लिए ए.आई. तकनीकों में नवाचार का समर्थन करने के लिए अनुसंधान और विकास में निवेश करने की आवश्यकता है। ए.आई. सिस्टम के लिए व्यापक डेटासेट बनाने के लिए एजेंसियों के बीच डेटा शेयरिंग को बढ़ावा देना आवश्यक है। प्रौद्योगिकी कंपनियों और जल प्राधिकरणों के बीच सहयोग को बढ़ावा देने के लिए सार्वजनिक निजी भागीदारी को प्रोत्साहित किया जाना चाहिए। ए.आई. प्रशिक्षण और क्षमता निर्माण कार्यक्रम किसानों के लिए लागू किए जाने चाहिए, ताकि वे प्रणाली को प्रभावी ढंग से संचालित और प्रबंधित करने के लिए आवश्यक कौशल प्राप्त कर सकें।

निष्कर्ष

ए.आई. में दक्षता में सुधार, संसाधन उपलब्धता सुनिश्चित करने और पारिस्थितिकी तंत्र की रक्षा करके स्थायी जल प्रबंधन में क्रांति लाने की अपार क्षमता है। जबकि चुनौतियाँ बनी हुई हैं, प्रौद्योगिकी में निरंतर प्रगति, सहायक नीतियों और निवेशों के साथ मिलकर, एक ऐसे भविष्य का मार्ग प्रशस्त करेगी जहाँ जल संसाधनों का स्थायी रूप से प्रबंधन किया जाएगा। ए.आई. की शक्ति का उपयोग करके, मानवता जल चुनौतियों का अधिक प्रभावी ढंग से समाधान कर सकती है, जिससे विकास और पारिस्थितिक संरक्षण के बीच संतुलन सुनिश्चित हो सके।

***

कृषि में तकनीकी नवाचार: स्मार्ट खेती की ओर बढ़ता कदम

शालू, बिपिन कुमार, हिमानी बिष्ट और जितेंद्र राजपूत
जल प्रौद्योगिकी केंद्र , भा. कृ. अनु. प. – भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: shaloo.lohchab@gmail.com

कृषि में तकनीकी परिवर्तन और डिजिटल कृषि की ओर बढ़ता कदम

तकनीकी प्रगति ने कृषि क्षेत्र में क्रांतिकारी बदलाव लाए हैं, जिससे पारंपरिक खेती के तरीकों में सुधार हुआ है। स्मार्ट खेती, जिसे सटीक खेती (प्रीसिजन फार्मिंग) भी कहा जाता है, आधुनिक तकनीकों का उपयोग करके कृषि उत्पादन को अधिक कुशल और लाभकारी बनाने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है। पिछले कुछ वर्षों में, कृषि क्षेत्र में तकनीकी प्रगति ने खेती के पारंपरिक तरीकों को पूरी तरह से बदल दिया है। बढ़ती जनसंख्या, जलवायु परिवर्तन और जल संसाधनों की कमी जैसी वैश्विक चुनौतियों ने किसानों को तकनीक-संचालित कृषि अपनाने के लिए प्रेरित किया है। सटीक कृषि, IoT, ड्रोन तकनीक, स्मार्ट सेंसर, और बिग डेटा एनालिटिक्स जैसी उन्नत तकनीकों ने खेती की उत्पादकता और स्थिरता को बढ़ाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। डिजिटल तकनीकों के प्रयोग से किसान अब रियल-टाइम डेटा तक पहुंच सकते हैं, जिससे वे अपनी खेती को अधिक कुशल और लाभदायक बना सकते हैं।

स्मार्ट खेती के मुख्य तत्व:

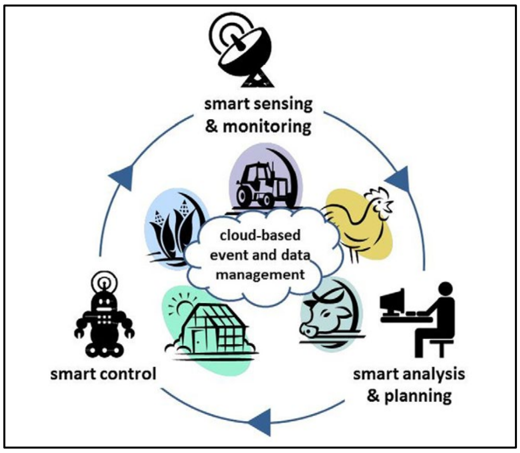
इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी) और कृषि

आईओटी पारंपरिक खेती को सूचना प्रौद्योगिकी आधारित खेती में बदल रहा है। इंटरनेट ऑफ थिंग्स (आईओटी) स्मार्ट खेती का एक महत्वपूर्ण तत्व है, जो कृषि क्षेत्र में क्रांतिकारी बदलाव ला रहा है। IoT का उपयोग करके खेतों में विभिन्न प्रकार के सेंसर, डिवाइस और उपकरणों को इंटरनेट से जोड़ा जाता है, जो वास्तविक समय में डेटा एकत्र करते हैं और उसे विश्लेषित करते हैं। ये सेंसर मिट्टी की नमी, तापमान, आर्द्रता, प्रकाश की तीव्रता, और फसलों की वृद्धि जैसे महत्वपूर्ण पैरामीटरों पर नज़र रखते हैं। इस डेटा को किसानों के स्मार्टफोन, कंप्यूटर या अन्य डिजिटल उपकरणों पर भेजा जाता है, जिससे उन्हें खेतों की स्थिति की सटीक जानकारी मिलती है।

आईओटी के माध्यम से स्मार्ट सिंचाई प्रणालियाँ भी विकसित की गई हैं, जो मिट्टी की नमी और मौसम के आधार पर पानी की आपूर्ति को स्वचालित रूप से नियंत्रित करती हैं। इससे पानी की बर्बादी कम होती है और फसलों को सही मात्रा में पानी मिलता है। इसके अलावा, IoT उपकरणों का उपयोग करके कीटनाशकों और उर्वरकों का सही समय और सही मात्रा में उपयोग किया जा सकता है, जिससे फसलों की गुणवत्ता और उत्पादकता में सुधार होता है।इस तकनीक का एक और महत्वपूर्ण पहलू यह है कि यह किसानों को दूर से ही खेतों की निगरानी करने की सुविधा प्रदान करता है। उदाहरण के लिए, यदि किसान घर पर है या कहीं और है, तो वह अपने मोबाइल डिवाइस के माध्यम से खेतों की स्थिति की जानकारी प्राप्त कर सकता है और आवश्यक निर्णय ले सकता है। इससे समय और श्रम की बचत होती है और किसानों को अधिक सुविधा मिलती है।

क्लाउड कंप्यूटिंग और बिग डेटा का उपयोग

क्लाउड कंप्यूटिंग और बिग डेटा का उपयोग आधुनिक कृषि में एक क्रांतिकारी बदलाव ला रहा है।

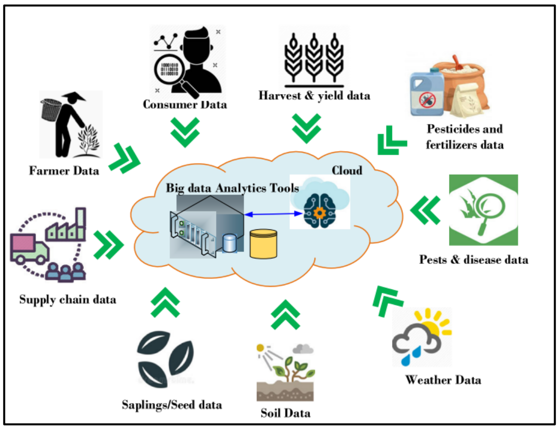


चित्र: स्मार्ट फार्मिंग का साइबर-फिजिकल प्रबंधन चक्र, जिसे क्लाउड-आधारित इवेंट और डेटा प्रबंधन द्वारा संवर्धित किया गया है।

ये तकनीकें किसानों को विशाल मात्रा में डेटा को संग्रहीत, प्रबंधित और विश्लेषित करने की क्षमता प्रदान करती हैं, जिससे उन्हें अधिक सटीक और पूर्वानुमान आधारित निर्णय लेने में मदद मिलती है। क्लाउड कंप्यूटिंग के माध्यम से किसान अपने खेतों से संबंधित डेटा को क्लाउड स्टोरेज पर सुरक्षित रूप से संग्रहीत कर सकते हैं और इसे कहीं से भी प्राप्त कर सकते हैं। यह विशेष रूप से उन किसानों के लिए फायदेमंद है जो दूरस्थ क्षेत्रों में रहते हैं या जिनके पास सीमित संसाधन हैं।

बिग डेटा एनालिटिक्स का उपयोग करके किसान मिट्टी की गुणवत्ता, मौसम के पैटर्न, फसलों की वृद्धि, और बाजार की मांग जैसे विभिन्न पहलुओं का गहन विश्लेषण कर सकते हैं। यह डेटा उन्हें यह समझने में मदद करता है कि कब बीज बोना है, कितनी मात्रा में उर्वरक और पानी का उपयोग करना है, और कब फसलों की कटाई करनी है। इससे न केवल उत्पादकता में वृद्धि होती है, बल्कि लागत भी कम होती है। क्लाउड-आधारित फार्म प्रबंधन सिस्टम किसानों को अपनी फसल उत्पादन, मिट्टी की उर्वरता, जल प्रबंधन, और कीट नियंत्रण जैसी महत्वपूर्ण जानकारियों को कहीं से भी प्राप्त करने की सुविधा प्रदान करता है। यह सिस्टम किसानों को वास्तविक समय में अपने खेतों की स्थिति की जानकारी प्रदान करता है और उन्हें आवश्यक कदम उठाने में मदद करता है। उदाहरण के लिए, यदि मिट्टी में नमी की कमी है, तो सिस्टम किसान को सिंचाई करने के लिए सतर्क कर सकता है।

इसके अलावा, बिग डेटा और क्लाउड कंप्यूटिंग का उपयोग करके किसान बाजार की मांग और कीमतों के बारे में भी जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। यह उन्हें यह निर्णय लेने में मदद करता है कि किस फसल को उगाना सबसे अधिक लाभदायक होगा। इस प्रकार, ये तकनीकें न केवल कृषि उत्पादकता को बढ़ाती हैं, बल्कि किसानों की आय में भी वृद्धि करती हैं।



चित्र: बड़े डेटा पर आधारित निर्णय समर्थन प्रणाली

स्वचालित मशीनें और रोबोटिक्स

स्वचालित मशीनें और रोबोटिक्स कृषि क्षेत्र में एक नए युग की शुरुआत कर रहे हैं। ये तकनीकें खेती के पारंपरिक तरीकों को बदलकर उन्हें अधिक कुशल, सटीक और उत्पादक बना रही हैं। स्वचालित मशीनों और रोबोटिक्स का उपयोग खेतों में विभिन्न कार्यों को करने के लिए किया जा रहा है, जैसे बुवाई,

निराई-गुड़ाई, फसल कटाई, और कीट प्रबंधन। ये मशीनें और रोबोट कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) और मशीन लर्निंग (ML) एल्गोरिदम का उपयोग करके खेतों में सटीक और स्वचालित रूप से कार्य कर सकते हैं।

कृषि रोबोट अब खेतों में बुवाई के लिए बीजों को सही गहराई और दूरी पर लगाने में सक्षम हैं। यह न केवल बीजों की बर्बादी को कम करता है, बल्कि फसलों की वृद्धि को भी अनुकूलित करता है। निराई-गुड़ाई के लिए, रोबोट खरपतवार को पहचानकर उसे हटा सकते हैं, जिससे फसलों को अधिक पोषण और स्थान मिलता है। फसल कटाई के लिए, स्वचालित मशीनें फसलों को सही समय पर और सही तरीके से काट सकती हैं, जिससे फसलों की गुणवत्ता और उत्पादकता में सुधार होता है।
कीट प्रबंधन के लिए, रोबोटिक्स तकनीक का उपयोग करके कीटों की पहचान की जा सकती है और उन्हें नियंत्रित किया जा सकता है। ये रोबोट कीटनाशकों का सही मात्रा में और सही जगह पर छिड़काव कर सकते हैं, जिससे कीटनाशकों की बर्बादी कम होती है और पर्यावरण पर नकारात्मक प्रभाव कम होता है।
स्वचालित मशीनों और रोबोटिक्स का उपयोग करने से किसानों को समय और श्रम की बचत होती है। ये मशीनें लगातार और बिना थके काम कर सकती हैं, जिससे किसानों को अन्य महत्वपूर्ण कार्यों पर ध्यान केंद्रित करने का अवसर मिलता है। इसके अलावा, ये तकनीकें मानवीय त्रुटियों को कम करती हैं और काम की गुणवत्ता को बढ़ाती हैं।

स्मार्ट ग्रीनहाउस और जलवायु-नियंत्रित खेती

स्मार्ट ग्रीनहाउस और जलवायु-नियंत्रित खेती

कृषि में तकनीकी नवाचार का एक महत्वपूर्ण उदाहरण हैं, जो संसाधनों के कुशल उपयोग और फसल उत्पादकता बढ़ाने में सहायक हैं। स्मार्ट ग्रीनहाउस सेंसर, IoT और AI जैसी तकनीकों का उपयोग करके तापमान, आर्द्रता, प्रकाश और जल प्रबंधन को स्वचालित रूप से नियंत्रित करते हैं, जिससे पौधों को अनुकूल वातावरण मिलता है। जलवायु-नियंत्रित खेती अत्यधिक गर्मी, ठंड या अनियमित वर्षा जैसी चुनौतियों से बचाव कर, सालभर निरंतर फसल उत्पादन की संभावना बढ़ाती है। यह विधियां जल और उर्वरकों के कुशल उपयोग, कीटनाशकों की न्यूनतम आवश्यकता और उच्च गुणवत्ता वाली कृषि को बढ़ावा देती हैं। ऐसे नवाचार किसानों को जलवायु परिवर्तन से उत्पन्न जोखिमों से निपटने में मदद कर, कृषि को अधिक टिकाऊ और लाभकारी बनाते हैं।

सौर ऊर्जा और अक्षय ऊर्जा का कृषि में उपयोग

खेती में सौर ऊर्जा और अन्य नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग तेजी से बढ़ रहा है, जिससे किसानों को लागत में कमी और पर्यावरण संरक्षण में सहायता मिल रही है। सौर ऊर्जा संचालित सिंचाई प्रणालियां, जैसे सोलर पंप और ड्रिप इरिगेशन सिस्टम, पानी की बचत और ऊर्जा दक्षता में सुधार कर रहे हैं। ये प्रणालियां विशेष रूप से उन क्षेत्रों में लाभकारी हैं, जहां बिजली की उपलब्धता सीमित है। सौर ऊर्जा आधारित ड्रिप इरिगेशन सिस्टम छोटे और मध्यम किसानों के लिए एक वरदान साबित हो रहा है, क्योंकि यह जल और बिजली की बचत के साथ-साथ फसल उत्पादन में वृद्धि करता है। इसके अलावा, सौर ऊर्जा का उपयोग कृषि यंत्रों, भंडारण इकाइयों और ग्रीनहाउस तापमान नियंत्रण के लिए भी किया जा रहा है। पवन और बायोगैस जैसे अन्य अक्षय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग ग्रामीण क्षेत्रों में बिजली आपूर्ति सुनिश्चित करने और जैविक कचरे का पुनर्चक्रण करने के लिए किया जा रहा है।

ब्लॉकचेन तकनीक और कृषि आपूर्ति श्रृंखला

ब्लॉकचेन तकनीक कृषि क्षेत्र में पारदर्शिता, सुरक्षा और दक्षता को बढ़ावा देने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही है। पारंपरिक आपूर्ति श्रृंखला में डेटा में हेरफेर, बिचौलियों की अधिकता और किसानों को उचित मूल्य न मिलने जैसी समस्याएं देखी जाती हैं। ब्लॉकचेन-आधारित सिस्टम इन समस्याओं को हल करने के लिए एक सुरक्षित, विकेंद्रीकृत और अपरिवर्तनीय लेन-देन रिकॉर्ड प्रदान करता है।

इस तकनीक के माध्यम से किसान अपने उत्पादों का सीधा व्यापार कर सकते हैं, जिससे बिचौलियों की संख्या कम होती है और किसानों को अधिक लाभ मिलता है। उपभोक्ताओं को भी इसका लाभ मिलता है, क्योंकि वे ब्लॉकचेन के जरिए उत्पाद की गुणवत्ता, उत्पत्ति, भंडारण और परिवहन की पूरी जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। यह प्रणाली नकली और मिलावटी उत्पादों को पहचानने में भी मदद करती है, जिससे खाद्य सुरक्षा सुनिश्चित होती है।

स्मार्ट खेती के लाभ

1. **संसाधनों का कुशल उपयोग:** स्मार्ट खेती से पानी, उर्वरक और ऊर्जा का कुशलतापूर्वक उपयोग होता है, जिससे संसाधनों की बचत होती है।
2. **उत्पादकता में वृद्धि:** तकनीकी नवाचार से फसलों की उत्पादकता और गुणवत्ता में सुधार होता है।
3. **लागत में कमी:** सटीक खेती और स्वचालित मशीनों के उपयोग से लागत कम होती है और मुनाफा बढ़ता है।
4. **पर्यावरणीय स्थिरता:** स्मार्ट खेती से पर्यावरण पर कम प्रभाव पड़ता है, क्योंकि संसाधनों का अधिक कुशलता से उपयोग किया जाता है।
5. **जोखिम प्रबंधन:** मौसम और फसलों के बारे में सटीक जानकारी होने से किसान जोखिम को बेहतर ढंग से प्रबंधित कर सकते हैं।

चुनौतियाँ

1. **प्रारंभिक लागत:** स्मार्ट खेती के लिए आवश्यक उपकरण और तकनीक की प्रारंभिक लागत अधिक हो सकती है।
2. **तकनीकी ज्ञान की कमी:** किसानों को इन तकनीकों का उपयोग करने के लिए प्रशिक्षण और ज्ञान की आवश्यकता होती है।**इंटरनेट कनेक्टिविटी:** ग्रामीण क्षेत्रों में इंटरनेट कनेक्टिविटी की कमी एक बड़ी चुनौती है।

निष्कर्ष

तकनीकी प्रगति ने कृषि क्षेत्र में एक नई क्रांति ला दी है, जिससे किसानों को अपनी उत्पादकता, दक्षता, और लाभप्रदता बढ़ाने के असीमित अवसर मिल रहे हैं। IoT, बिग डेटा, रोबोटिक्स, ब्लॉकचेन, और सौर ऊर्जा जैसी तकनीकों के बढ़ते उपयोग से खेती को अधिक स्मार्ट, टिकाऊ और लाभकारी बनाया जा सकता है। हालांकि, इन तकनीकों को अपनाने के लिए एक व्यापक रणनीति और सरकारी समर्थन की आवश्यकता होगी, ताकि सभी किसानों को इन नवाचारों का लाभ मिल सके।

डिजिटल कृषि का भविष्य उज्ज्वल है, और यदि सही ढंग से अपनाया जाए, तो यह न केवल कृषि क्षेत्र में आर्थिक और सामाजिक विकास को बढ़ावा देगा, बल्कि वैश्विक खाद्य सुरक्षा में भी महत्वपूर्ण योगदान देगा ।

***

कृषि में सिंचाई प्रबंधन के लिए मौसम जानकारी का उपयोग

हिमानी बिष्ट, शालू और बिपिन कुमार
जल प्रौद्योगिकी केंद्र , भा. कृ. अनु. प. – भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: himanibisht29@gmail.com

भारत एक कृषि प्रधान देश है, जहां किसानों की आजीविका मुख्य रूप से खेती पर निर्भर करती है। कृषि उत्पादन कई कारकों पर निर्भर करता है, जिनमें जल, मिट्टी, उर्वरक और मौसम की स्थिति शामिल हैं। विशेष रूप से जल प्रबंधन कृषि के लिए अत्यंत महत्वपूर्ण है, क्योंकि पर्याप्त और समय पर सिंचाई से फसलों की उत्पादकता में वृद्धि होती है। कई बार अत्यधिक सिंचाई से जल संसाधनों की बर्बादी होती है, जबकि अपर्याप्त सिंचाई से फसलों की वृद्धि पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। ऐसे में, मौसम की सटीक जानकारी प्राप्त करके किसान जल के उचित उपयोग को सुनिश्चित कर सकते हैं और अपनी कृषि उत्पादन क्षमता को बढ़ा सकते हैं। मौसम संबंधी सूचनाएं किसानों को यह निर्णय लेने में सहायता करती हैं कि कब और कितनी मात्रा में सिंचाई करनी चाहिए।आधुनिक तकनीकों के उपयोग से किसान मौसम का सटीक पूर्वानुमान प्राप्त कर सकते हैं, जिससे वे जल संरक्षण और फसल उत्पादन को संतुलित कर सकते हैं।

मौसम जानकारी का महत्व

मौसम पूर्वानुमान किसानों को यह जानने में मदद करता है कि कब बारिश होगी, तापमान कैसा रहेगा, नमी की स्थिति क्या होगी और हवा की गति कितनी होगी। इन जानकारियों के आधार पर किसान उचित समय पर सिंचाई कर सकते हैं और जल की बचत कर सकते हैं ।

1. **जल प्रबंधन में सहायता**: मौसम की सटीक जानकारी होने पर किसान तय कर सकते हैं कि कब और कितनी सिंचाई करनी है। जल संसाधनों के बेहतर उपयोग से सूखा प्रभावित क्षेत्रों में भी कृषि उत्पादन बनाए रखा जा सकता है।
2. **फसल उत्पादन में सुधार**: तापमान और आर्द्रता के पूर्वानुमान के अनुसार किसानों को सिंचाई शेड्यूल तैयार करने में मदद मिलती है। फसल की गुणवत्ता और पैदावार में सुधार होता है क्योंकि पौधों को उनकी आवश्यकतानुसार जल उपलब्ध कराया जाता है।
3. **जल संरक्षण और लागत में कमी**: अनावश्यक सिंचाई को रोकने से पानी की बचत होती है और सिंचाई पर आने वाला खर्च कम होता है। भूजल स्तर बनाए रखने में मदद मिलती है, जिससे दीर्घकालिक कृषि में लाभ मिलता है।
4. **खतरे और जोखिमों से बचाव**: किसानों को सूखे, अत्यधिक वर्षा या बाढ़ जैसी आपदाओं से बचने के लिए पहले से तैयार रहने में मदद मिलती है। खराब मौसम की स्थिति में कृषि कार्यों को उचित रूप से योजना बनाकर किया जा सकता है।
5. **सटीक निर्णय लेने में मदद**: किसान मौसम के आधार पर सही समय पर बीज

बोने, खाद देने और कीटनाशकों के छिड़काव का निर्णय ले सकते हैं। सही समय पर सिंचाई करने से फसलों को रोगों और कीटों से बचाया जा सकता है।

सिंचाई प्रबंधन में मौसम की जानकारी का उपयोग

1. **बारिश आधारित सिंचाई प्रबंधन:** यदि मौसम विभाग बारिश की संभावना बताता है, तो किसान अतिरिक्त सिंचाई से बच सकते हैं, जिससे जल की बर्बादी नहीं होती। जल संसाधनों के बेहतर उपयोग से सूखा प्रभावित क्षेत्रों में भी कृषि उत्पादन बनाए रखा जा सकता है। बारिश होने के बाद जल निकासी की व्यवस्था करना आवश्यक होता है ताकि जलभराव से फसलों को नुकसान न हो।
2. **तापमान और आर्द्रता का प्रभाव**: उच्च तापमान और कम नमी के दौरान मिट्टी जल्दी सूख सकती है, ऐसे में किसानों को अधिक बार सिंचाई करने की आवश्यकता होती है। यदि हवा में अधिक नमी हो, तो सिंचाई को सीमित किया जा सकता है, जिससे जल का अनावश्यक उपयोग न हो।
3. **मिट्टी की नमी का आकलन**: आधुनिक तकनीकों जैसे कि सॉइल मॉइस्चर सेंसर (मिट्टी की नमी मापने वाले यंत्र) के माध्यम से किसान यह जान सकते हैं कि सिंचाई की आवश्यकता कब है। मौसम की जानकारी के साथ मिट्टी की नमी को ध्यान में रखकर सिंचाई करने से जल संरक्षण किया जा सकता है।
4. **हवा की गति और सिंचाई योजना**: तेज़ हवा के दौरान पानी जल्दी वाष्पित हो सकता है, इसलिए किसान हवा की गति को ध्यान में रखते हुए सिंचाई करें। ड्रिप इरिगेशन (टपक सिंचाई) और स्प्रिंकलर सिस्टम का उपयोग करके पानी की बर्बादी को रोका जा सकता है।

निष्कर्ष

मौसम की सटीक जानकारी के आधार पर सिंचाई प्रबंधन करने से किसानों को जल संरक्षण में मदद मिलती है, जिससे खेती की लागत कम होती है और फसल की गुणवत्ता में सुधार होता है। यह न केवल किसानों की आय बढ़ाने में सहायक है, बल्कि पर्यावरण संरक्षण में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। किसानों को आधुनिक तकनीकों और मौसम पूर्वानुमान सेवाओं का उपयोग करके अपनी सिंचाई प्रबंधन रणनीति को और प्रभावी बनाना चाहिए।

***

जल सुरक्षा खंड: 2 (अंक : 1) जुलाई-दिसम्बर, 2024 पृष्ठ संख्या: 40-41

कृषि जल प्रबंधन में महिलाओं की भूमिका

मोनालिशा प्रमाणिक[1], पी. एस. ब्रह्मानंद[1] , राजीव रंजन[2] , विजय प्रजापति[1] और तृप्तिमयी सुना[1]

[1]जल प्रौद्योगिकी केंद्र, [2]कृषि भौतिकी संभाग, भा.कृ.अनु.प. – भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली

ईमेल: monalishapramanik@gmail.com

जल प्रबंधन में महिलाओं की महत्वपूर्ण भूमिका है। वे जल प्रबंधन के कई चरणों में शामिल हैं, जैसे निर्णय लेना, जल संग्रह, सिंचाई, वर्षा जल संचयन और घरेलू जल प्रबंधन। वे खेतों के साथ-साथ घर में भी जल प्रबंधन में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही हैं। महिलाएं कई कृषि गतिविधियों में शामिल हैं। जनगणना 2001 के अनुसार, 32% महिलाएं भूमि तैयार करने में, 80% बीज की सफाई और बुवाई में, 86% अंतर-खेती गतिविधियों में और 84% कटाई, कटाई, विनोइंग, सुखाने, सफाई और भंडारण में योगदान देती हैं। गांवों में दूरदराज के इलाकों से पानी लाने में महिलाओं का काफी समय और मेहनत खर्च होती है। खेतों की सिंचाई में भी उनकी अहम भूमिका होती है।

महिलाओं की भूमिका और योगदान

1. **जल संरक्षण**: ग्रामीण क्षेत्रों में महिलाएँ जल संरक्षण के विभिन्न पारंपरिक तरीकों का उपयोग करती हैं, जैसे कि वर्षा जल संचयन, तालाबों की देखभाल और पारंपरिक जल स्रोतों का संरक्षण। वे अपने घरेलू और कृषि कार्यों में जल की बचत करने के उपाय अपनाती हैं।
2. **सिंचाई प्रबंधन**: महिलाएँ खेतों की सिंचाई के लिए जल की मात्रा को नियंत्रित करने में अहम भूमिका निभाती हैं। वे ड्रिप इरिगेशन, स्प्रिंकलर सिस्टम और अन्य जल-संरक्षण तकनीकों को अपनाने में रुचि ले रही हैं।
3. **जैविक खेती और जल उपयोग दक्षता**: महिलाएँ जैविक खेती को बढ़ावा देती हैं, जिसमें कम जल की आवश्यकता होती है। वे मल्चिंग, मिश्रित खेती और समेकित कृषि प्रणाली जैसी तकनीकों का उपयोग करके जल उपयोग दक्षता को बढ़ाने में मदद करती हैं।
4. **परंपरागत ज्ञान और नवाचार**: भारतीय ग्रामीण महिलाएँ जल प्रबंधन से जुड़े पारंपरिक ज्ञान को अगली पीढ़ी तक पहुँचाने का कार्य करती हैं। वे जल संचयन और भूजल पुनर्भरण के पारंपरिक तरीकों को अपनाने के साथ-साथ आधुनिक तकनीकों का भी उपयोग कर रही हैं।
5. **सामुदायिक भागीदारी**: कई क्षेत्रों में महिलाएँ जल उपयोगकर्ता समूह (WUA) और स्वयं सहायता समूह (SHG) का हिस्सा बनकर जल प्रबंधन की योजनाओं में सक्रिय भाग लेती हैं। वे जल संरक्षण और कुशल जल उपयोग के लिए सामुदायिक प्रयासों को बढ़ावा देती हैं।

जल संरक्षण पर सरकार का प्रमुख कार्यक्रम:

महिलाएं जल संरक्षण प्रयासों में अग्रणी भूमिका निभा रही हैं। सरकार ने महिलाओं, विशेषकर ग्रामीण महिलाओं को जल संरक्षण से जोड़ने के लिए कई पहल की हैं ।

- जल शक्ति अभियान: कैच द रेन (जेएसए:सीटीआर) अभियान के तहत,

महिलाएं देश में जल संरक्षण की दिशा में प्रयास करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रही हैं। वर्ष 2023 के जेएसए:सीटीआर अभियान का फोकस "**जल शक्ति से नारी शक्ति और नारी शक्ति से जल शक्ति**" था ।

- नेहरू युवा केंद्र संगठन, युवा मामले और खेल विभाग अपने जिला स्तरीय युवा अधिकारियों और स्वयंसेवकों के माध्यम से जल संरक्षण प्रयासों में महिलाओं सहित पूरे समुदाय को शामिल करते हुए कैच द रेन परियोजना को लागू कर रहा है।
- राष्ट्रीय जल नीति, 2012 में अन्य बातों के साथ-साथ जल परियोजनाओं और पंचायतों, नगर पालिकाओं, निगमों आदि जैसे स्थानीय शासी निकायों और जल उपयोगकर्ता संघों में महिलाओं की भागीदारी के संबंध में प्रावधान हैं। मार्च, 2019 से एक मासिक "जल वार्ता" श्रृंखला चलाई गई थी , जिसमें सभी क्षेत्रों की महिला जल वार्ताकारों को भी अपने सर्वोत्तम जल संरक्षण अभ्यासों को साझा करने के लिए आमंत्रित किया गया था।

चुनौतियाँ

2011 की जनगणना के अनुसार, कुल महिला श्रमिकों में से 55% खेतिहर मजदूर थीं और 24% किसान थीं। हालांकि, केवल 12.8% महिलाओं के पास परिचालन जोतों का स्वामित्व था, जो कृषि में भूमि जोतों के स्वामित्व में लैंगिक असमानता को दर्शाता है। हालाँकि महिलाएँ जल प्रबंधन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं, फिर भी उन्हें कई चुनौतियों का सामना करना पड़ता है, जैसे:

- निर्णय लेने की प्रक्रिया में सीमित भागीदारी
- जल प्रबंधन से जुड़े संसाधनों की कमी
- तकनीकी ज्ञान और प्रशिक्षण की आवश्यकता
- भूमि स्वामित्व में असमानता

समाधान और भविष्य की संभावनाएँ

- महिलाओं को जल प्रबंधन में अधिक सशक्त बनाने के लिए प्रशिक्षण कार्यक्रमों का आयोजन किया जाना चाहिए।
- जल उपयोगकर्ता समूहों में महिलाओं की भागीदारी को बढ़ावा देना चाहिए।
- आधुनिक जल प्रबंधन तकनीकों को महिलाओं तक पहुँचाने के लिए सरकारी और गैर-सरकारी संगठनों को पहल करनी चाहिए।
- जल से संबंधित नीतियों और योजनाओं में महिलाओं की सक्रिय भूमिका सुनिश्चित करनी चाहिए।

निष्कर्ष

महिलाएँ कृषि जल प्रबंधन में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं और उनकी भागीदारी के बिना जल संरक्षण और जल उपयोग दक्षता को हासिल करना मुश्किल होगा। महिलाओं को जल प्रबंधन की मुख्यधारा में शामिल कर, उन्हें आवश्यक संसाधन और प्रशिक्षण देकर, हम सतत कृषि और जल संरक्षण की दिशा में ठोस कदम उठा सकते हैं।

***

जल सुरक्षा खंड: 2 (अंक : 1) जुलाई-दिसम्बर, 2024 पृष्ठ संख्या: 42-44

स्मार्ट जल प्रबंधन शहरी सीवरशेड में बढ़ी हुई दक्षता के लिए स्मार्ट सेंसर नेटवर्क का एकीकरण

तृप्तिमयी सुना, ए. के. मिश्र, मोनालिशा प्रमाणिक, विजय प्रजापति, हिमानी बिष्ट, शालू, बिपिन कुमार
जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प. – भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: sunatruptimayee@gmail.com

सीवरशेड भूमि का एक ऐसा क्षेत्र है जहां सभी अपशिष्ट जल एक ही सीवर प्रणाली में प्रवाहित होता है और अंततः एक विशिष्ट समापन बिंदु तक पहुंचता है, जैसे कि एक अपशिष्ट जल उपचार संयंत्र। यह अवधारणा वाटरशेड के समान है, जो एक ऐसा क्षेत्र है जहां सभी सतही जल एक ही बिंदु पर मिलता है, जैसे कि नदी या झील। सीवरशेड को समझना प्रभावी अपशिष्ट जल प्रबंधन, शहरी योजना और पर्यावरण संरक्षण के लिए महत्वपूर्ण है। सीवरशेड के भीतर प्रवाह पैटर्न का विश्लेषण करके, नगरपालिकाएं सीवर प्रणाली के डिजाइन को अनुकूलित कर सकती हैं, ओवरफ्लो को रोक सकती हैं और सतत शहरी विकास की योजना बना सकती हैं। शहरी क्षेत्रों में, विशेष रूप से उन जगहों पर जहां अपवाह और सीवर प्रणाली संयुक्त हैं, सीवरशेड की अवधारणा विशेष रूप से महत्वपूर्ण हो जाती है। वर्षा जल अपवाह, घरेलू सीवेज और औद्योगिक अपशिष्ट जल सभी सीवरशेड के भीतर प्रवाह में योगदान करते हैं, जिससे इसका प्रबंधन जन स्वास्थ्य और पर्यावरणीय स्थिरता के लिए आवश्यक हो जाता है। जैसे-जैसे शहरी आबादी बढ़ती है और जलवायु पैटर्न अधिक अनियमित होते जाते हैं, शहरी सीवरशेड में अपशिष्ट जल प्रबंधन महत्वपूर्ण चुनौतियां पेश करता है। सतत संसाधन उपयोग सुनिश्चित करने, पर्यावरणीय प्रदूषण को रोकने और जन स्वास्थ्य को बनाए रखने के लिए कुशल जल प्रबंधन आवश्यक है। ओवरफ्लो घटनाएं, अवरोध और जल गुणवत्ता में गिरावट आम चिंताएं हैं जिनके लिए नवीन समाधानों की आवश्यकता होती है। शहरी सीवर प्रणालियों में स्मार्ट सेंसर नेटवर्क को एकीकृत करना एक परिवर्तनकारी दृष्टिकोण प्रदान करता है, जो शहरों को इन महत्वपूर्ण बुनियादी ढांचों की निगरानी, प्रबंधन और रखरखाव अधिक प्रभावी ढंग से करने में सक्षम बनाता है। वास्तविक समय की जानकारी और पूर्वानुमान क्षमताएं प्रदान करके, स्मार्ट सेंसर शहरी अधिकारियों को समस्याओं का सक्रिय रूप से समाधान करने में सक्षम बनाते हैं।

सीवर प्रबंधन में स्मार्ट सेंसर की भूमिका

स्मार्ट सेंसर आधुनिक सीवर प्रबंधन में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं, जो पानी के प्रवाह, दबाव और प्रदूषक स्तर जैसे प्रमुख मापदंडों पर निरंतर और सटीक डेटा प्रदान करते हैं। इन सेंसरों को सीवर नेटवर्क में रणनीतिक रूप से लगाया जाता है ताकि वास्तविक समय में स्थितियों की निगरानी की जा सके। केंद्रीकृत नियंत्रण प्रणालियों को डेटा एकत्रित और प्रसारित करके, ये सेंसर ऑपरेटरों को अवरोध, रिसाव या अचानक दबाव परिवर्तन जैसी अनियमितताओं का पता लगाने में सक्षम बनाते हैं, इससे पहले कि वे बड़े मुद्दों में बदल जाएं। यह प्रारंभिक चेतावनी प्रणाली अधिकारियों को त्वरित सुधारात्मक कार्रवाई करने में सक्षम बनाती है, जिससे ओवरफ्लो, बैकअप और पर्यावरणीय प्रदूषण का जोखिम कम होता है। इसके अलावा, समय के साथ

एकत्रित डेटा का विश्लेषण भविष्य में रखरखाव की आवश्यकताओं की भविष्यवाणी करने के लिए किया जा सकता है, जिससे प्रणाली की विश्वसनीयता बढ़ती है और परिचालन लागत कम होती है।

स्मार्ट सेंसर एकीकरण के लाभ:

उन्नत निगरानी: सेंसर सीवर की स्थितियों की निरंतर निगरानी प्रदान करते हैं, जो प्रवाह दर, जल गुणवत्ता और संभावित अवरोधों को ट्रैक करते हैं। यह ऑपरेटरों को समस्याओं को बढ़ने से पहले पहचानने की अनुमति देता है।

भविष्य कहनेवाला रखरखाव: डेटा पैटर्न का विश्लेषण करके, भविष्य कहनेवाली मॉडल पाइप के क्षरण या अवरोध जोखिमों की भविष्यवाणी कर सकते हैं, जिससे महंगी मरम्मत और आपातकालीन हस्तक्षेप को कम करने के लिए निवारक रखरखाव संभव होता है।

बाढ़ जोखिम प्रबंधन: सेंसर ऑपरेटरों को बढ़ते जल स्तर के बारे में चेतावनी देते हैं, विशेष रूप से तूफान के दौरान। इस डेटा के साथ, स्वचालित नियंत्रण गेट, पंप और भंडारण प्रणालियों को समायोजित कर सकते हैं ताकि ओवरफ्लो और बाढ़ को रोका जा सके।

प्रदूषण नियंत्रण: रासायनिक और जैविक प्रदूषकों की वास्तविक समय में निगरानी करने से अधिकारियों को प्रदूषण घटनाओं का जल्दी पता लगाने में मदद मिलती है, जिससे जन स्वास्थ्य की सुरक्षा के लिए त्वरित हस्तक्षेप सुनिश्चित होता है।

ऊर्जा और संसाधन अनुकूलन: सेंसर डेटा से प्राप्त अंतर्दृष्टि शहरों को अपशिष्ट जल उपचार प्रक्रियाओं को परिष्कृत करने, ऊर्जा दक्षता में सुधार करने और परिचालन लागत को अनुकूलित करने में सक्षम बनाती है।

जल उपचार प्रक्रियाओं का अनुकूलन: उपचार सुविधाओं के पास तैनात सेंसर इनफ्लुएंट विशेषताओं को मापते हैं, जिससे ऑपरेटर उपचार प्रक्रियाओं को गतिशील रूप से समायोजित कर सकते हैं।

डेटा आधारित निर्णय लेना: भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) और आईओटी प्लेटफॉर्म के साथ एकीकृत, सेंसर डेटा प्रणाली-व्यापी प्रदर्शन प्रवृत्तियों को दृश्यमान बनाता है। यह जानकारी निर्णय निर्माताओं को संसाधनों को प्रभावी ढंग से आवंटित करने, प्रणाली उन्नयन की योजना बनाने और दीर्घकालिक स्थिरता में सुधार करने के लिए सशक्त बनाती है।

चित्र. सीवरशेड में स्मार्ट जल प्रबंधन

स्मार्ट सीवर नेटवर्क को चलाने वाली प्रौद्योगिकियां:

सफल एकीकरण के लिए कई उन्नत प्रौद्योगिकियां महत्वपूर्ण हैं:

- ✓ आईओटी (इंटरनेट ऑफ थिंग्स): सेंसर को डेटा को कुशलतापूर्वक प्रसारित करने के लिए एक संचार ढांचा प्रदान करता है।
- ✓ एआई और मशीन लर्निंग: भविष्य कहनेवाली विश्लेषण को बढ़ाता है, जिससे रखरखाव और संचालन के लिए डेटा आधारित निर्णय लेना संभव होता है।

✓ जीआईएस (भौगोलिक सूचना प्रणाली): सेंसर डेटा को दृश्यमान बनाता है, जिससे ऑपरेटर सीवर नेटवर्क में प्रदर्शन प्रवृत्तियों और समस्या क्षेत्रों को मैप कर सकते हैं।

कार्यान्वयन की चुनौतियां

हालांकि स्मार्ट सेंसर नेटवर्क के लाभ स्पष्ट हैं, लेकिन उनका कार्यान्वयन चुनौतियों के बिना नहीं है। उच्च प्रारंभिक लागत, डेटा गोपनीयता संबंधी चिंताएं और तकनीकी विशेषज्ञता की आवश्यकता इसे अपनाने में बाधा उत्पन्न कर सकती हैं। हालांकि, इन बाधाओं को निम्नलिखित तरीकों से दूर किया जा सकता है

- सार्वजनिक-निजी भागीदारी: नगरपालिकाओं, प्रौद्योगिकी प्रदाताओं और अनुसंधान संस्थानों के बीच सहयोग से लागत और विशेषज्ञता साझा की जा सकती है।
- मापनीय समाधान: पायलट परियोजनाओं से शुरुआत करने से शहरों को मूल्य प्रदर्शित करने और व्यापक तैनाती के लिए सुरक्षित निधि प्राप्त करने की सुविधा मिलती है।
- क्षमता निर्माण: प्रशिक्षण कार्यक्रम और ज्ञान-साझाकरण प्लेटफॉर्म उपयोगिताओं को स्मार्ट सेंसर नेटवर्क को प्रबंधित औरबनाए रखने के लिए आवश्यक कौशल से लैस कर सकते हैं।

भविष्य की संभावनाएं और निष्कर्ष

जैसे-जैसे शहर बढ़ते जा रहे हैं, स्मार्ट सेंसर नेटवर्क का एकीकरण सतत और कुशल जल प्रबंधन सुनिश्चित करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएगा। रीयल-टाइम डेटा और उन्नत विश्लेषण की शक्ति का उपयोग करके, शहरी सीवरशेड अधिक लचीला, अनुकूलनीय और पर्यावरण के अनुकूल बन सकते हैं। यह परिवर्तन न केवल तात्कालिक चुनौतियों का समाधान करता है बल्कि भविष्य के अधिक बुद्धिमान और सतत शहरों की नींव रखता है। निष्कर्ष के रूप में, स्मार्ट सेंसर नेटवर्क के माध्यम से शहरी सीवरशेड में जल प्रबंधन को अनुकूलित करना अब एक भविष्य की अवधारणा नहीं है: यह एक तत्काल आवश्यकता है। इस प्रौद्योगिकी को अपनाकर, शहर दक्षता बढ़ा सकते हैं, जन स्वास्थ्य की रक्षा कर सकते हैं और पर्यावरण को सुरक्षित रख सकते हैं, जिससे आने वाली पीढ़ियों के लिए जीवन की बेहतर गुणवत्ता सुनिश्चित होती है। स्मार्ट सेंसर नेटवर्क का एकीकरण शहरी अपशिष्ट जल प्रबंधन में क्रांति लाने के लिए तैयार है। जैसे-जैसे आईओटी उपकरण अधिक सस्ते होते जा रहे हैं और डेटा विश्लेषण क्षमताएं विस्तारित हो रही हैं, शहर अपनी सीवर प्रणालियों पर अधिक नियंत्रण प्राप्त कर सकते हैं। बढ़ी हुई दक्षता, कम लागत और बेहतर पर्यावरणीय परिणाम इसे सतत शहरी विकास के लिए एक आवश्यक रणनीति बनाते हैं।

***

जल सुरक्षा खंड: 2 (अंक : 1) जुलाई-दिसम्बर, 2024 पृष्ठ संख्या: 45-51

बदलते जलवायु परिवेश में वर्षा जल संग्रहण की संभावनाएं

वीरेन्द्र कुमार, पी. एस. ब्रहमानंद, सुसमा सुधिश्री, खजांची लाल एवं ए. के. मिश्र
जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल: v.kumardhama@gmail.com

भारत में भूमिगत जल का स्तर इसके प्राकृतिक पुनर्भरण की अपेक्षा तेजी से गिर रहा है। यह स्थिति देश के उत्तर-पश्चिम क्षेत्रों में भयावह बनती जा रही है। इसका मूल कारण खराब जल प्रबंधन बताया जा रहा है। देश की बढती जनसंख्या, उसके पेट भरने के लिए विस्तार पा रही खेती और पशुपालन, शहरीकरण और औद्योगीकरण के कारण पानी की उपलब्धता दिन प्रतिदिन घटती जा रही है। पानी की वर्तमान स्थिति के संदर्भ में नीति आयोग ने भी जल के उचित उपयोग एवं प्रबंधन पर जोर दिया है। जल सकंट को कम करने के लिए वर्षा जल संग्रहण के साथ-साथ ऐसी सिंचाई विधियों और कृषि पद्धतियों को अपनाने की आवश्यकता है। जो कम पानी लेती है और पानी की बचत भी करती है।

देश की लगभग आधे से अधिक खेती आज भी मानसून की बारिश पर निर्भर है। सामान्यतः मई के अन्त या जून के शुरू में मानसून भारत पहुंचता है। अगर इस दौरान वर्षा अच्छी होती है, तो पूरी अर्थव्यवस्था और खाद्य सुरक्षा के लिए एक बेहतर संकेत जाता है। पिछले तीन वर्षो से मानसून सीजन के दौरन हुई अच्छी वर्षा के कारण देश में अनाज, दालों और तिलहनों का बंपर उत्पादन हुआ है। जिससे कीमतों पर दबाव बना हुआ है। भारत की औसत वार्षिक वर्षा 1180 मि.मी. है। यदि देश के भौगोलिक क्षेत्रफल को देखा जाए तो भारत में 329 मिलियन हैक्टेयर में 292 मिलियन हैक्टेयर मीटर वर्षा होती है। इसमें से 75 प्रतिशत जल की प्राप्ति दक्षिण-पश्चिमी मानसून (जून-सितम्बर तक) से होती है। बाकी जल की प्राप्ति शेष आठ महीनों में होती है। इस जल का एक बड़ा भाग जमीन द्वारा अवशोषण किया सोखा जाता है। भारत में एक अनुमान के आधार पर शुष्क तथा अर्द्र-शुष्क क्षेत्रों में कुल वर्षा का 70 प्रतिशत जबकि आर्द्र क्षेत्रों में 50 प्रतिशत ही प्रभावकारी होता है। बदलते परिदृशय में आम नागरिकों, किसानों व ग्रामीणों को खेत का पानी खेत में और गांव का पानी गांव में संरक्षित करने का संकल्प लेना चाहिए। जल संरक्षण के प्रयास तेजी से किये जा रहे है। इस दिशा में विश्व के सारे देश प्रयासरत है। हमें भी अपने स्तर पर जल संरक्षण और जल बचाने की जिम्मेदारी उठानी होगी। इससे हम आने वाली पीढियों के लिए मद्दगार साबित होगें।

आज जल संसाधनों का अत्यधिक दोहन होने से देश के ग्रामीण और शहरी क्षेत्रों में पानी का संकट गहराता जा रहा है। इससे जीडीपी समेत व्यापार, शिक्षा, संस्कृति, रोजगार और स्वास्थ्य तक बुरी तरह प्रभावित होने लगते है। अतः यह प्रयास करना चाहिए कि वर्षा जल की बर्बादी को रोका जा सके और आने वाले कल को सुरक्षित किया जा सके। भारत के लिए थोड़ी वर्षा और प्राकृतिक संसाधन उपहार है। देश में कृषि योग्य भूमि का बहुत बड़ा क्षेत्र सूखाग्रस्त है। जो कुल उत्पादन का लगभग 44 प्रतिशत योगदान करता है। इसके साथ-साथ 40 प्रतिशत मानव एवं 60 प्रतिशत पशुपालन में देश की जनसंख्या के लिए सहयोग करता है। देश की बढ़ती जनसंख्या की

जरूरतों को पूरा करने के लिए वर्षा जल संरक्षण कर शुष्क क्षेत्रों को खेती योग्य बनाने की नितान्त आवश्यकता है। इन भूमियों को फसलोंत्पादन के अंतर्गत लाने से जहां एक ओर अतिरिक्त खाद्य व खाद्य पदार्थों की मांग पूरी करने में मदद मिलेगी, वहीं दूसरी तरफ वर्षा जल संग्रहण से गांवों में अनुकूल परिस्थितियों के निर्माण के फलस्वरूप बेहतर ग्रामीण आजीविका और रोजगार प्रदान किया जा सकता है। वर्षा के पानी का संरक्षण और उसे जमा करना बारानी खेती की सफलता का मूल आधार हैं। इन क्षेत्रों में वर्षा जल संग्रहण की तकनीकें और उन्नत सस्य विधियां अपनाकर कृषि उत्पादन और उत्पादकता बढ़ायी जा सकती है। अतः प्राकृतिक संसाधन संरक्षण और पर्यावरण के संदर्भ में वर्षा जल संग्रहण एक महत्वपूर्ण कदम है।

आखिर क्यों जरूरी है वर्षा जल संग्रहण

1. जल संकट की समस्या को कम करने के लिए
2. निचले क्षेत्रों में बाढ की समस्या को कम करने में
3. तेजी से बढती जनसंख्या के पीने के पानी की मांगों को पूरा करने में सहायक
4. भूजल संसाधनों में स्थिरता
5. बारानी क्षेत्रों में बेहतर फसलोत्पादन हेतु
6. भूजल स्तर में सुधार हेतु
7. जल निकायों का पुर्नजीवन
8. मृदा कटाव को रोकने में
9. बेहतर ग्रामीण जीवनयापन व रोजगार हेतु
10. हरित आवरण में वृद्धि हेतु

वर्षा जल संग्रहण से तात्पर्य

वर्षा के पानी को एकत्र करके बाद में कृषि उत्पादन में इस्तेमाल करने को वर्षा जल संग्रहण कहा जाता है। आज अच्छी गुणवत्ता वाले पानी की कमी एक गम्भीर समस्या है। क्योंकि किसानों की लापरवाही से अच्छी गुणवत्ता वाला वर्षा जल शीघ्र ही बहकर नष्ट हो जाता है। जिन क्षेत्रों में पानी का अन्य कोई स्रोत न हो, वहां पर वर्षा जल को एकत्रित कर खेती के कार्यों में प्रयोग किया जा सकता है। शुष्क क्षेत्रों में फसलोत्पादन बढ़ाने हेतु वर्षा जल संग्रहण पर अधिक ध्यान देना चाहिए।

अत्यधिक वर्षा के दुष्प्रभाव

अत्यधिक एवं तीव्र वेग से वर्षा होने पर पानी के भूमि के अन्दर प्रवेश की गति धीमी हो जाती है। जिसके परिणामस्वरुप पानी भूमि की ऊपरी सतह पर तेजी से बहने लगता है। वर्षा होने के कारण नदियों के प्रवाह मार्ग में अधिक जल समा नहीं पाता, जल का बाहर की ओर फैलना आरम्भ हो जाता है तथा बाढ़ आ जाती है। बाढ़ के कारण खेतों, सड़को, रेल लाइनों एवं बस्तियों में पानी फैल जाता है। इसके अलावा बाढ़ से खड़ी फसल डूब जाती है। सड़के, बांध, पुल एवं रेल लाइनें टूट जाती है। भयंकर बाढ़ से मनुष्यों एवं पशुओं का जीवन संकटमय हो जाता है तथा अनेक प्रकार की बीमारियांे का प्रकोप बढ जाता है। इससे भूमि की उपजाऊ शक्ति में कमी के साथ-साथ मृदा क्षरण भी होता है।

बदल रहा वर्षा का ट्रेंड

विशेषज्ञों के अनुसार आमतौर पर जनवरी से मार्च के दौरान सबसे अधिक बारिश फरवरी में दर्ज होती है, लेकिन पिछले कई वर्षो से इस ट्रेंड में बदलाव देखने को मिल रहा है। मार्च में ओले भी गिरने का ट्रेंड दो साल के दौरान ही बढा है। बारिश ने इस बार मार्च महीने के सभी रिकॉर्ड तोड दिये है। किसानों के लिए यह किसी समस्या से कम नही है। इससे गेंहू, आलू, मटर, टमाटर, सब्जियों, फलदार पौधो व अन्य रबी फसलों को काफी नुकसान पहुंचता है। फसलों को ओलावृष्टि, अतिवृष्टि और बेमौसम वर्षा से भी नुकसान पंहुचता है। इसके अलावा वर्षा के बदलते परिदृश्य और भारी बारिश से वसंत और खरीफ ऋतु की फसलों की बुवाई भी प्रभावित हुई है।

वर्षा आधारित क्षेत्रों में बढता कृषि उत्पादन

देश में अधिकांश फसलें वर्षा के भरोसे होती है। इसलिए किसान भाई बड़ी बेसब्री से मानसून का इंतजार करते रहते हैं। बारानी क्षेत्र प्रायः ढलान युक्त पाये जाते हैं। इन क्षेत्रों में वर्षा जल संग्रहण और फसलों की बढ़वार इस बात पर निर्भर करती है कि उस खेत का ढलान किस किस्म का है। तथा इस क्षेत्र में उपजाऊ मृदा किस गहराई तक है। देश में दालों का उत्पादन बढाने के लिए राष्ट्रीय खाद्य सुरक्षा मिशन के तहत अभियान चलाया गया। इसके अंतर्गत शुष्क क्षेत्रों या कम वर्षा वाले इलाकों में दालों की खेती को बढावा देने के लिए कई योजनाए चलायी गयी। वर्ष 2009-10 में जहां 14.66 मिलियन टन दालों की पैदावार होती थी, वही वर्ष 2020-21 में यह 25.72 मिलियन टन हो गई है।

जबकि देश की जनसंख्या के लिए 28 मिलियन टन दालों की आवश्यकता होगी। इस तरह आज हमारा देश दालों के उत्पादन में आत्मनिर्भर हो गया है। इस संबंध में बारानी क्षेत्रों में वर्षा जल प्रबंधन की महत्वपूर्ण भूमिका हो सकती है। इसके अलावा प्राचीन भारत में मोटे अनाजों की काफी खेती होती थी। परन्तु एक ऐसी अवधि आयी जिसमें गेंहूँ एवं धान की फसलों के कारण मोटे अनाज कुछ पीछे हो गये। लेकिन वर्तमान समय में एक बार फिर लोग मोटे अनाजों के प्रति जागरूक हो रहे है। गर्भावस्था के दौरन मां एवं शिशु में कुपोषण की समस्या को दूर करने में मोटे अनाजों की बडी भूमिका रही है। कोदों, कुटकी, सांवा, काकुन, रागी, जवा, जोंहरी जैसे मोटे अनाज रेशायुक्त होते है। जो पौष्टिक तो हैं ही, साथ ही इनकी खेती भी अपेक्षाकृत आसान है। इनमें पानी संचित कर लेने का गुण है। इसलिए ज्यादा सिंचाई नही करनी पडती है। यह कम पानी वाली कमजोर जमीन में भी आसानी से उगायी जा सकती है। इस कारण ये पर्यावरण के लिए ज्यादा बेहतर होती है। देश में लगभग 95 प्रतिशत ज्वार व बाजरा तथा 90 प्रतिशत मोटे अनाजों का उत्पादन वर्षा आधारित क्षेत्रों से ही आता है। इसके अलावा 91 प्रतिशत दालों और 77 प्रतिशत तिलहनों की पैदावार भी बारानी क्षेत्रों में होती है।

सरकारी प्रयास और योजनाएं

केन्द्रीय बजट 2020-21 में जल संकट से सबसे ज्यादा ग्रस्त 100 जिलो की पहचान की गयी। इन जिलो में भूजल स्तर बढाने, जल संरक्षण और वर्षा

जल संग्रहण के उपायों पर जोर दिया गया। जब भी देश में जल संकट की चर्चा होती है, तो उसमे ज्यादातर फोकस पीने के पानी पर ही होता है। लेकिन दुर्भाग्यवश आज पूरे देश में जल संकट के कारण कृषि सबसे गंभीर मुश्किल से गुजर रही है। यह संकट तीन प्रकार का है- प्रथम जहां भूजल 500 फीट से ज्यादा नीचे चला गया है और आने वाले 5 या 10 साल में पूरी तरह सूखने वाला है। दूसरा जहां पानी है, लेकिन खारा होने की वजह से खेती में प्रयोग नही किया जा सकता और तीसरा जहां रासायनिक उर्वरको और भारी भरकम कृषि यंत्रों के अत्यधिक प्रयोग के कारण मिट्टी की ऊपरी सतह के नीचे एक ठोस रासायनिक परत बन गई है। जिसके कारण वर्षा का पानी भूजल में नही मिल पाता और इधर-उधर बहकर नष्ट हो जाता है। साथ ही अपने साथ बहुमूल्य उपजाऊ मृदा को भी बहा ले जाता है या फिर बाढ जैसी स्थितियां पैदा करता है। इस समस्या के समाधान हेतु जल संकट का सामना कर रहे 100 जिलो के लिए व्यापक योजना बनायी गयी।

अटल भूजल योजना

इसी प्रकार भूजल स्तर बढाने के लिए 25 दिसम्बर, 2019 को अटल भूजल योजना की शुरूवात की गयी। इसके तहत पानी के प्रभावी उपयोग, जल सुरक्षा और उपयुक्त जल बजट पर जोर दिया गया। वर्ष 2019 में 01 जुलाई से भारत सरकार ने जल शक्ति अभियान शुरू किया था। जिसका उद्देश्य बारिश के पानी को बचाकर उसके माध्यम से भूजल स्तर को बढाना है। इसके अलावा वर्षा आधारित क्षेत्रों में एकीकृत कृषि प्रणाली का विस्तार किया जायेगा। जीरो बजट प्राकृतिक खेती पर भी जोर दिया जायेगा। वर्षा जल इन प्रणालियों का अभिन्न अंग है। किसानों को वित्तीय और जल सुरक्षा प्रदान करने के उद्देश्य से कुसुम यानि किसान ऊर्जा सुरक्षा एवं उत्थापन महाभियान योजना शुरू की गयी है। केन्द्र सरकार ने 'हर खेत को पानी' के लक्ष्य के साथ प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना की शुरूआत की है। इसके तहत देश के हर जिले में समस्त खेतों तक सिंचाई के लिए पानी पहुंचाने की योजना है। पीएमकेएस योजना का उद्देश्य सिंचाई के संसाधन विकसित करने के साथ-साथ वर्षा के पानी को छोटे स्तर पर जल संचय करना तथा जल का वितरण करना है। इसके अलावा मनरेगा के तहत किसानों के खेतों पर तालाब निर्माण किये जा रहे है।

अमृत सरोवर योजना

आजादी के अमृत महोत्सव पर देशभर में अमृत सरोवर तैयार करने का आह्वान सरकार द्वारा किया गया है। मनरेगा व अन्य विभिन्न सरकारी योजनाओं के तहत उपलब्ध संसाधनों का प्रयोग कररते हुए प्रत्येक जिले में 15 अगस्त, 2023 तक कम से कम 75 अमृत सरोवरों के लिए मानक निर्धारित कर दिये गये है। इनके लिए एक एकड या इससे अधिक जमीन पर तालाब की खुदाई की जानी चाहिए। अमृत सरोवरों के निर्माण में मनरेगा की प्रमुख भूमिका होगी। इसके अलावा 15वें वित्त आयोग की ग्रांट, प्रधानमंत्री कृषि सिंचाई योजना व हर खेत को पानी आदि योजनाओं के साथ-साथ गैर सरकारी संगठनों का सहयोग भी इनके लिए लिया जा सकता है। इनके लिए अलग से भी धनराशि शासन द्वारा उपलब्ध कराई जा रही है। ग्रामीण क्षेत्रों के पुराने तालाबों को अमृत सरोवरों के रूप में विकसित करने के लिए यह सुनिश्चित किया जायेगा कि इनमे गंदा पानी न आये तथा केवल वर्षा का पानी ही उसमें जमा हो। जिसका उपयोग भूजल रिचार्ज मे भी किया जा सके। तालाब में पानी का स्तर 3 मीटर तक बनाये रखने की अपेक्षा की गई है। ऐसे अमृत सरोवरो पर

पक्के घाट, पथ निर्माण एवं बैठने और नौकायन की व्यवस्था कर पिकनिक स्थल के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। अमृत सरोवरों को विकसित करके प्रतिवर्ष 15 अगस्त को तिरंगा झंडा वही फहराया जायेगा। ऐसा पहला अमृत सरोवर उत्तर प्रदेश के रामपुर जिले में पटवाई में विकसित किया गया है। देश के अन्य जिलो में भी अमृत सरोवरों को विकसित करने का काम प्रगति पर है। इसी कडी में पूसा संस्थान में भी एक अमृत सरोवर का निर्माण किया गया है। जिसकी क्षमता 50 हजार घन मीटर है। जिसमे संस्थान के आवसीय परिसर और फार्म प्रक्षेत्र का वर्षा जल संग्रहित किया जा रहा है।

कैच द रैन

जल संरक्षण की दिशा में एक और पहल करते हुए 22 मार्च, 2021 को विश्व जल दिवस के अवसर पर माननीय प्रधानमंत्री नरेन्द्र मोदी ने 30 नवम्बर, 2021 तक चलने वाले जल शक्ति अभियान 'कैच द रेन' अभियान की शुरूआत की। इस अभियान का उद्देश्य वर्षा की बूंदों को सहजते हुए जल का संरक्षण करना है। इसके लिए मानसून आने तक मनरेगा के तहत किये जाने वाले व्यय का इस्तेमाल जल संरक्षण की दिशा में किया जायेगा।

वर्षा जल संग्रहण की तकनीकें

1.मेंडबंदी करना
2.फार्म पौंड का निर्माण
3.ग्रीष्म-कालीन गहरी जुताई
4.खाई खोदकर वर्षा जल संग्रहण
5.अद्योभूमि की कठोर परतों को तोड़ना
6.लेजर विधि द्वारा खेतों का समतलीकरण
7.बहु-उद्देशीय नदी घाटी परियोजनाएं
8.वाटरशेड प्रबंधन

वाटरशेड का वर्गीकरण

1. मेक्रो वाटरशेड- 50,000 हेक्टेयर से ज्यादा क्षेत्र
2. सब वाटरशेड- 10,000-50,000 हेक्टेयर क्षेत्र
3. मिली वाटरशेड- 1,000-10,000 हेक्टेयर क्षेत्र
4. माइक्रो वाटरशेड- 100-1000 हेक्टेयर क्षेत्र
5. मिनी वाटरशेड- 1 से 100 हेक्टेयर क्षेत्र

भारत में वर्षा जल संग्रहण की संभावनाएं

सतत खेती में वर्षा जल संग्रहण अहम भूमिका निभा सकता है जैसा कि अभी हाल के कुछ वर्षो में हुए अनुसंधानों से ज्ञात हुआ है कि सिंचित क्षेत्रों में सतही व भूमिगत जल के अनुचित व

अत्यधिक दोहन के कारण भूजल स्तर निरन्तर नीचे गिरता जा रहा है। जिसका भूमि के उपजाऊपन, मृदा स्वास्थ्य व फसलों की उत्पादकता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ रहा है। फसलों में अंधाधुंध सिंचाई व सिंचाई संख्या बढ़ाने से न केवल जल का अपव्यय होता है, बल्कि उत्पादन लागत भी बढती है। वर्तमान परिवेश में सघन फसल प्रणाली व मशीनीकरण की वजह से भूजल पर दबाव इतना बढ़ गया है कि भूमिगत जल

स्तर दिनों दिन नीचे गिरता जा रहा है। खेती में पारंपरिक सिंचाई प्रणाली उपयोग में लाई जा रही है। जिसमें खेतों में सिंचाई जल लबालब भर दिया जाता हैं। इससे काफी सारा पानी इधर-उधर बहकर या जमीन में रिसकर नष्ट हो जाता है। इसके अलावा हमारे देश में गत कई वर्षो से उपज में आई स्थिरता चिन्ता का विषय बनी हुई है। इसके लिए सिंचाई जल की कमी व दोषपूर्ण कृषि प्रणाली प्रत्यक्ष या अप्रत्यक्ष रूप से जिम्मेदार है ।

मानव और जलवायु परिवर्तन संबंधी कारक कृषि उत्पादन के टिकाऊपन को और अधिक कम करते है। वर्ष 2050 तक वैश्विक जनसंख्या के 9 बिलियन तक पहंुचने की संभावना है। जिसके भरण पोषण के लिए कृषि उपज में बढोतरी करने की आवश्यकता है। जबकि महत्वपूर्ण संसाधन जैसे मृदा, उर्वरक और जल सतत रूप से घटते जा रहे है। अधिक खाद्यान्न उत्पादन को सुनिश्चित करने के उपायों में से एक वर्षा आधारित क्षेत्रों में वर्षा जल संग्रहण कर फसल उत्पादकता बढायी जा सकती है। इस प्रकार हम कह सकते है कि बारानी क्षेत्रों में वर्षा जल संरक्षण की उन्नत तकनीकें अपनाकर उत्पादन बढ़ाने की काफी संभावनाएं हैं।

मृदा की ऊपरी सतह बहुत महत्वपूर्ण प्राकृतिक स्त्रोत हैं। इस सतह में पौधों को उगने में मदद मिलती है। वर्षा ऋतु में अनियंत्रित पानी लाखों हैक्टेयर उपजाऊ भूमि को काट-काटकर बंजर बना रहा है। वर्षा जल के साथ हर वर्ष कई सौ मिलियन टन मिट्टी बहकर नष्ट हो जाती है। जिसके फलस्वरूप मृदा उर्वरता व उपजाऊपन घटता जा रहा है। दूसरी तरफ कृषि उत्पादन का महत्वपूर्ण घटक सिंचाई जल बहकर नष्ट हो जाता है। किसानों की जरा सी लापरवाही से खेतों में सैकड़ों सालों में जमा उपजाऊ मिट्टी बारिश के साथ बह जाती है। एक कृषि प्रधान देश के लिए उपजाऊ कृषि भूमि का ऐसा तिरस्कार उचित नहीं है। अतः ऐसी परिस्थितियों में, विशेषकर उत्पादन बढाने, भूजल स्तर में सुधार करने एवं पर्यावरण संतुलन सुनिश्चित करने में वर्षा जल संग्रहण ही एक अच्छा विकल्प है। इसलिए निश्चित तौर से कहा जा सकता है कि वर्षा जल संग्रहण अपनाने की अत्यंत आवश्यकता ही नहीं बल्कि भविष्य में इसकी अच्छी संभावनाएं भी हैं।

जन-जागरूकता अभियान

वैज्ञानिको और कृषि विशेषज्ञों को वर्षा जल संग्रहण व अनुसंधान में नये पन पर जोर देने व विकसित तकनीक को लैब टू लैंड प्रोग्राम के तहत आम जनता व किसानों तक पहुंचाने के लिए जोर देना चाहिए। विभिन्न प्रशिक्षण और सूचना साहित्य के वितरण द्वारा उपरोक्त तकनीकों को किसानो के बीच लोकप्रिय बनाने की नितान्त आवश्यकता है। जिससे इन तकनीकों का प्रयोग कर वर्षा जल का बेहतर प्रबंधन किया जा सके। किसानों व ग्रामीणों को जल संकट के दुष्परिणामों से भी अवगत कराया जाना चाहिए। इसके लिए किसान सम्मेलन, किसान संगोष्ठी, जल दिवस एवं किसान मेलों का आयोजन किया जा सकता है। जिससे किसान खेती से अधिक उत्पादन लेने हेतु जल संसाधनों का सोच-समझ कर प्रयोग करें। इसके लिए पूर्ण प्रचार एवं प्रसार की आवश्यकता है। ताकि किसानों का रूझान वर्षा जल की बर्बादी जैसी गम्भीर समस्या की ओर किया जा सके।

सारांश

यदि समय रहते हमने वर्षा जल संग्रहण पर विशेष जोर नहीं दिया तो भविष्य में गम्भीर खाद्य समस्या, पेय जल संकट व विभिन्न आपदाओं का सामना करना पड़ सकता है। अतः वर्षा जल संग्रहण के लिए असरदार कार्य व्यापक तौर पर करने की

आवश्यकता है। भविष्य में हमें खेती में वर्षा जल का अधिकतम व विवेकपूर्ण उपयोग करना होगा। जिससे जल संकट जैसी गम्भीर समस्याओं से मुक्ति मिल सके। हम वर्षा जल को प्रकृति की ओर से दिया गया निशुल्क उपहार मान कर ऐसे ही छोड देते है। जिससे यह बहुमूल्य पानी इधर-उधर बहकर बर्बाद हो जाता है। इस पानी को बचाने की जरूरत है। इसके लिए आवश्यक है कि जन भागीदारी और सामूहिक प्रयासों से इस समस्या से निपटा जाय। क्योंकि सामूहिकता में बहुत शक्ति होती है। अतः किसान भाई पानी की कमी वाले क्षेत्रों में वर्षा जल संग्रहण की उन्नत तकनीकों का उपयोग कर संसाधन संरक्षण के साथ-साथ खेती से बेहतर आय भी प्राप्त कर सकते है ।

***

वर्षा

मोनालिशा प्रमाणिक
जल प्रौद्योगिकी केंद्र, भा.कृ.अनु.प.- भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली
ईमेल : monalishapramanik@gmail.com

वर्षा ऋतु आई, खुशियों का संदेश लाई

चारो ओर फैली हरियाली, संपदा की हर छटा है निराली

ताल तलैया पोखर, हर तरफ पानी डगमगाती

किसानों के मुख पर है मुस्कान, फ़सलों के लिए ये है वरदान

पशु पक्षी फल फुल करते हैं खुशियों का गान

वर्षा ऋतु आई, खुशियों का संदेश लाई.......

नृत्य करे मोर, कोयल करे शोर -2

बारिश की बूंदों के संग मन हो उठा विभोर

बादल गरजे अंबर चमके-2

पानी की धार यहीं बरसे

बारिश की बूंदे तन के साथ मन को भी भिगाते

मिट्टी की सौंधी खुशबू मन को बहुत है भातें

आज समय की यही है पुकार, संचयन कर वर्षा जल

तभी है सुनहरा भविष्य, तभी है सुनहरा कल।

भाकृअनुप
ICAR

भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
IARI 1905
जीव जीवन कृषि

जल प्रौद्योगिकी केंद्र
भा.कृ.अनु.प. - भारतीय कृषि अनुसंधान संस्थान
नई दिल्ली -110012 (भारत)