

## दुष्काळप्रवण क्षेत्रांसाठी जलसिंचनाचे १० ते ३० % पाणी वाचवणारी 'स्मार्ट सिंचन पद्धती'

हवामान अंदाज, उपग्रहाद्वारे मिळालेली मृदा आर्द्रतेची माहिती आणि संगणकीय प्रतिमान यांचा वापर करून संशोधकांनी जिल्हा-उपजिल्हा पातळीवर कार्यक्षम जलसिंचन व्यवस्थापन पद्धती विकसित केली.



प्रतिमा श्रेय : [Freepix](https://www.freepix.com)

पाणी व पैसे या दोन्ही संसाधनांचे व्यवस्थापन अतिशय महत्वाचे असते. जसे बँकेत पैसे मर्यादित असतील तर माणूस ते जपून खर्च करतो तसाच दुष्काळप्रवण क्षेत्रातील शेतकरी पाण्याविषयी चिंतित असतो. त्याला दररोजच्या सिंचनाचे योग्य व्यवस्थापन करावे लागते. अनिश्चित पर्जन्यमान आणि मर्यादित भूजल उपलब्ध असल्यामुळे परिस्थिती आव्हानात्मक बनते. परंतु, येत्या काही आठवड्यांमध्ये पावसाचे साधारण किती पाणी मिळणार आहे याचा अंदाज जर शेतकऱ्यांना आधीच मिळाला तर त्यांना सिंचनासाठी मिळणाऱ्या पाण्याचे व्यवस्थापन आणि भूजल संधारण अधिक प्रभावीपणे करता येईल.

याच उद्दिष्टाने, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था, मुंबई (आयआयटी मुंबई) येथील स्थापत्य अभियांत्रिकी विभाग व हवामान संशोधन केंद्र आणि भारतीय उष्णकटिबंधीय हवामानशास्त्र संस्था (आयआयटीएम), पुणे यांनी संयुक्तपणे एक पद्धती विकसित केली. एका [नवीन संशोधनांतर्गत](#) त्यांनी आयआयटीएमद्वारे दिले गेलेले दीर्घकालीन (पुढील १ ते ३ आठवड्यांसाठी) हवामान अंदाज, आयआयटी मुंबईने गोळा केलेली उपग्रहाद्वारे मिळालेली मृदा आर्द्रतेची माहिती (soil moisture data) आणि एक संगणकीय प्रतिमान यांचा एकत्रित वापर करून पुढील तीन आठवड्यांपर्यंत सिंचनासाठी साधारणपणे किती पाणी आवश्यक असेल याचा अंदाज बांधण्याचा प्रयत्न केला. हा प्रयोग जिल्हा-उपजिल्हा पातळीवर करण्यात आला.

महाराष्ट्र राज्यातील नाशिक जिल्ह्यामधील काही प्रस्थापित द्राक्ष बागायतदार स्थानिक आर्द्रता संवेदकाचा वापर करतात असे प्रारंभिक अभ्यासात संशोधकांना आढळले. आर्द्रता संवेदकाने जर माती कोरडी झाल्याचा संकेत दिला तर द्राक्ष बागेला सिंचन केले जाते. परंतु, जर त्यानंतर पाऊस पडला तर मात्र सिंचनाचे पाणी वाया जाते. आधीच भूजल मर्यादित असलेल्या प्रदेशात अशा प्रकारे पाण्याचा होणारा व्यय कमी करण्यासाठी संशोधकांनी सिंचनाचे निर्णय घेताना हवामान अंदाजाचा अंतर्भाव करावा असे सुचवले.

“नाशिकमध्ये केलेल्या प्रारंभिक अभ्यासात आम्ही मृदा आर्द्रतेच्या माहितीस स्थानिक हवामान अंदाजाची जोड देऊन साधारणपणे ३०% भूजल वाचवणे शक्य आहे असे शेतकऱ्यांना दाखवले. सुरवातीला आम्ही अल्पाकालीन म्हणजे एक आठवड्यापर्यंतचा अंदाज दिला,” आयआयटी मुंबई मधील प्रा. सुबिमल घोष म्हणाले.

सदर अल्पाकालीन अंदाजांतर्गत, संशोधकांनी हवामान अंदाज आणि मृदा आर्द्रतेची माहिती एका संगणकीय प्रतिमानामध्ये (computer model) प्रविष्ट केली. हे प्रतिमान संभाव्य पर्जन्यमान, मातीची जलधारण क्षमता आणि प्रत्येक पिकाची पाण्याची गरज या तपशीलांची तपासणी करते. कोणत्या पिकाला केव्हा आणि किती पाणी आवश्यक असेल याची माहितीही हे प्रतिमान देते. जर प्रतिमानाने पुढील काही दिवसात पाऊस पडणार नाही असा अंदाज दिला तर पिकाला आत्ता सिंचन करावे असा इशारा ते देते. तसेच, जर प्रतिमानाने पुढील काही दिवसांत पाऊस पडेल व मातीची आर्द्रता वाढेल असा अंदाज दिला तर आत्ता पिकाला जलसिंचन करणे टाळावे असा इशारा मिळतो. संशोधकांच्या निरीक्षणानुसार असे आढळले की असे प्रतिमान वापरून पिकावर दुष्परिणाम न होता द्राक्ष बागांच्या जलसिंचनात १० ते ३०% कपात करता आली. त्यामुळे, सदर पद्धती वापरून पिकांना अतिरिक्त सिंचन झाल्याने होणारा पाण्याचा व्यय कमी करता येतो असे लक्षात आले.

संशोधकांनी सदर पद्धती पुढे पश्चिम बंगालमधील दुष्काळप्रवण असलेल्या बांकुरा जिल्ह्यातील १२ उपजिल्ह्यांमध्ये राबवली. या प्रयोगातील पीक गट व्यापक असावा यासाठी तृणधान्य, तेलबिया आणि नगदी पीक अशा प्रमुख वर्गांमधील मका, गहू, सूर्यफूल, भुईमूग आणि ऊस या पाच महत्वाच्या पिकांचा विचार केला गेला. या प्रदेशात मोठ्या प्रमाणात घेतल्या जाणाऱ्या या पिकांची वाढ प्रक्रिया आणि पाण्याची गरज वेगवेगळी आहे. प्रत्येक पिकाच्या वनस्पतींची मुळे पाणी व पोषक घटकांच्या शोधात जमिनीत किती खोलवर पसरतात ते क्षेत्र देखील पिकानुसार वेगवेगळे आहे; त्यामुळे जमिनीत त्या पातळीपर्यंत ओलावा राखणे गरजेचे असते. जर वनस्पतींना पाण्याची उणीव भासली तर त्यांना पाण्याच्या अभावामुळे जलताणाची संवेदना होते आणि त्या पर्णरंध्रे (वायू विनिमय करणारी पानांच्या पृष्ठभागावरील छिद्रे) बंद करून घेतात.

प्रयोगासाठी समावेशक माहिती आवश्यक होती, उदाहरणार्थ वनस्पतींच्या मूलसंस्थेची खोली, मातीचा पोत, सच्छिद्रता, जलधारण क्षमता, जलवहन क्षमता आणि पर्णरंध्रांचे बंद होणे. यासाठी संशोधकांनी जागतिक मृदा नकाशांचा वापर केला आणि उपग्रहांद्वारे मिळालेली माहिती व प्रत्यक्ष क्षेत्रअभ्यासात मिळालेली माहिती (field data) यांचा एकत्रित वापर करून त्याला मृदा आर्द्रतेच्या माहितीची जोड दिली. पाणी वापर, मासिक पर्जन्यमान, मुळांची खोली, आणि सिंचन जल मागणी याविषयीची माहिती संशोधकांनी अन्न आणि कृषी संघटना (एफएओ) संसाधने, हवामान खात्याचा माहिती साठा आणि आयआयटीएम, पुणे येथून गोळा केली.

या प्रयोगात वापरलेल्या संगणकीय प्रतिमानाबद्दल माहिती देताना प्रा. घोष यांनी सांगितले, “वनस्पतींची मुळे जमिनीतून पाणी कसे शोषतात, जलताणाशी जुळवून घेण्याच्या त्यांच्या प्रक्रिया आणि सिंचन किंवा पावसामुळे पुन्हा पाणी मिळाले की त्यांच्यात होणारे बदल या सगळ्याच्या नैसर्गिक प्रक्रिया आमच्या या संगणकीय मॉडेलमध्ये दाखवण्यात आल्या आहेत.”

या अभ्यासपद्धतीने पाणी व्यवस्थापनासाठी प्रत्यक्ष स्थितीतील सल्लागारासारखे काम केले. संशोधकांनी संगणकीय प्रतिमान येत्या तीन आठवड्यांसाठी माती, हवामान आणि पिकांच्या गरजांच्या प्रत्यक्ष माहितीच्या आधारे सर्व पिकांसाठी तपासून पहिले. या योजनेचा वापर केल्यास पारंपरिक सिंचन पद्धतीने जितके पाणी जाते त्याच्या १० ते ३०% कमी पाण्यावर पिके वाढू शकतात अशी निरीक्षणे सर्व १२ उपजिल्ह्यांमध्ये दिसून आली.

“आम्हाला हे मॉडेल अगदीच पीक-विशिष्ट बनवायचे नव्हते. त्यामुळे आम्ही अधिक सर्वसामान्य समीकरणे विकसित केली आहेत. आम्ही अगदी सोपे पारिस्थितिक जल शास्त्रीय (ecohydrological) मॉडेल वापरले. त्यामध्ये प्रदेश आणि पिकानुसार हवामान अंदाज आणि मृदा आर्द्रतेची माहिती निश्चित करून वापरता येते,” असे प्रा. घोष यांनी सांगितले.

दीर्घकालीन हवामान अंदाजाचा उपयोग जिल्हास्तरीय पाणी मागणीचा अंदाज बांधण्यासाठी तसेच एकूण पाणी व्यवस्थापनासाठी सहाय्यक म्हणून होऊ शकतो. ही पद्धती अनेक वेगवेगळी पिके आणि मातीच्या प्रकारांसाठी वापरता येऊ शकते आणि सुधारित पाणी व्यवस्थापनासाठी तिची मदत होऊ शकते. या प्रयोगाची व्याप्ती कशी वाढवावी याबाबत सांगताना प्रा. घोष म्हणाले, “इतर जिल्ह्यांमध्ये हा प्रयोग विस्तृत करण्यासाठी तेथील शेतकऱ्यांना या मॉडेलच्या उपयुक्ततेची खात्री पटवून द्यावी लागेल. काही गावांमधील शेतकऱ्यांशी बोलून त्यांना काही सेन्सर बसवण्याची आणि एक सल्लागार यंत्रणा तयार करण्याची आमची योजना आहे.”

या अभ्यासाद्वारे प्रामुख्याने, हवामान अंदाज (weather forecast), दूरस्थ संवेदन (remote sensing) आणि संगणकीय प्रतिमान यांचा एकत्रित वापर करून शेतकरी व पाणी व्यवस्थापकांना प्रभावी जलसिंचन करण्यासाठी आणि भूजलावरील अवलंबित्व कमी करण्यासाठी मदत होऊ शकते हे दिसून आले.

निधी: या अभ्यासाला, पर्यावरण विभाग, पश्चिम बंगाल सरकार; डीएसटी-स्वर्णजयंती फेलोशिप योजना; स्ट्रॅटेजिक प्रोग्रॅम्स, लार्ज इनिशिएटिव्ह्ज अँड कोऑर्डिनेटेड अॅक्शन एनेबलर (SPLICE) आणि क्लायमेट चेंज प्रोग्रॅम (सीसीपी) चा काही भाग; ओरॅकल कॉर्पोरेट सोशल रिस्पॉन्सिबिलिटी फंड या संस्थांकडून निधी लाभला.

|                                                  |                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VETTED / UNVETTED</b>                         | Vetted                                                                                                                      |
| <b>Title of Research Paper</b>                   | District to subdistrict scale optimum irrigation water management planning at multi-week lead time                          |
| <b>DOI of the Research Paper as a link</b>       | <a href="https://doi.org/10.1007/s12040-025-02553-x">https://doi.org/10.1007/s12040-025-02553-x</a>                         |
| <b>List of all researchers with affiliations</b> | Adrija Roy,<br>Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai-400076, India.<br>A.K. Sahai, |

|                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VETTED / UNVETTED</b>                                                                         | Vetted                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                  | <p>Indian Institute of Tropical Meteorology, Dr. Homi Bhabha Road, Pashan, Pune-411008, India.</p> <p>Subimal Ghosh<sup>1&amp;2</sup>,<br/> <sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai-400076, India.<br/> <sup>2</sup>Interdisciplinary Program in Climate Studies, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai-400076, India.</p>                                                                  |
| <b>Email of researcher/s</b>                                                                     | <a href="mailto:adrijaroy1994@gmail.com">adrijaroy1994@gmail.com</a> , <a href="mailto:sahai@tropmet.res.in">sahai@tropmet.res.in</a> ,<br><a href="mailto:subimal@iitb.ac.in">subimal@iitb.ac.in</a> , <a href="mailto:subimal.ghosh@gmail.com">subimal.ghosh@gmail.com</a>                                                                                                                                                                           |
| <b>Writer name</b>                                                                               | Divyapriya Chandrasekaran                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Transcreator name</b>                                                                         | Shweta Bhide                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Credits to Graphic:</b>                                                                       | Image from <a href="#">Freepix</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>Subject [FOR EDITOR]<br/>- Please Highlight in RED (Multiple allowed)</b>                     | Science/Technology/Engineering/Ecology/Health/Society                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Article to be Sectioned Under [FOR EDITOR]<br/>- Please Highlight in RED</b>                  | Deep Dive/Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Social Media TAGS separated by Comma</b>                                                      | #WeatherForecast, #IrrigationPlanning, #SoilMoisture, #SustainableFarming, #WaterManagement, #Ecohydrology, #SmartFarming                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Social Media Posts Suggestions/ Links to interesting relevant content [optional] [writer]</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planning your water is like budgeting your money! Researchers from IIT Bombay and IITM Pune show how forecasts and satellites help farmers save and spend water. Read more at &lt;link&gt;</li> <li>2. Researchers combine weather forecasts, satellite soil moisture data, and a computer simulation for smart irrigation water management in drought-prone areas. Read about it at &lt;link&gt;</li> </ol> |
| <b>Social Media Handles to be added</b>                                                          | @iitbombay, @iitmpune                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Social Media handles of writer</b>                                                            | Instagram: @divyapriya_iora                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VETTED / UNVETTED</b>                                                            | Vetted                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Social Media handles of researchers</b>                                          | @subimal_ghosh (Twitter)                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Funding information (Source: Research paper)</b>                                 | Department of Environment, Government of West Bengal, Department of Science and Technology-Swarnajayanti Fellowship Scheme, Strategic Programs, Large Initiatives and Coordinated Action Enabler (SPLICE), a part of the Climate Change Program (CCP), Oracle Corporate Social Responsibility Fund. |
| <b>Conflict of Interest/Competing Interest information (Source: Research paper)</b> | None                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Co-PI information (Source: Research paper)</b>                                   | None                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Location:</b>                                                                    | Mumbai                                                                                                                                                                                                                                                                                              |