

डॉ. विद्यानाथ झा



# भविष्य में जल संकट के समाधान का सूत्र

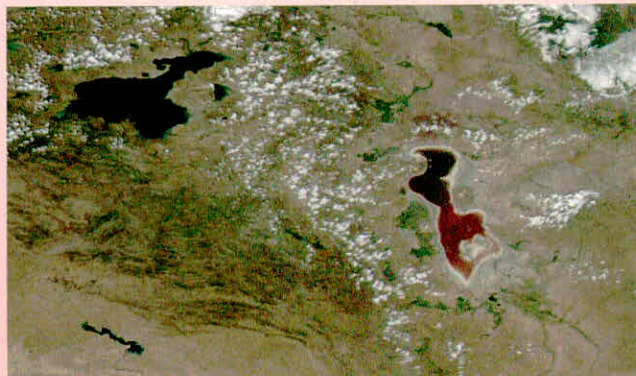
## “ लोटस इफैक्ट ”

आज आवश्यक है कि जिस तरह ऊर्जा संकट के समाधान हेतु सौर, पवन, जलविद्युत्, भूतापीय एवं हाइड्रोजन ऊर्जा सद्दृश नये एवं नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को विकसित करने की कोशिश चल रही है उसी तरह जल के भी अक्षय स्रोत की खोज की जाय। ऐसी स्थिति में वैज्ञानिक जल के नये स्रोतों की तलाश में हैं। वायु से जल प्राप्त करने की प्रक्रिया को व्यावसायिक रूप देने हेतु वैज्ञानिक प्रयत्नशील हैं।

**वि**श्व की बढ़ती जनसंख्या आज अपने जीवन निर्वाह के लिए तरह-तरह के संसाधनों की कमी की समस्या से जूझ रही है। आवासीय जरूरतों के लिए भूमि कम होती चली जा रही है। इसी तरह ऊर्जा संकट भी दिनोदिन गहराता चला जा रहा है। ऊर्जा एवं खाद्य सुरक्षा हेतु राज्य एवं केन्द्रीय सरकारों की चिन्ता लगातार बढ़ती चली जा रही है। इन सभी समस्याओं के साथ हर व्यक्ति को स्वच्छ पानी उपलब्ध कराना भी एक गंभीर चुनौती का रूप लेता जा रहा है। प्रति व्यक्ति स्वच्छ जल की उपलब्धता दिनोदिन घटती जा रही है। नदियों में जल की निश्चित मात्रा को बनाये रखने के दृष्टिकोण से देश में

एक बहुआयामी 'नदी जोड़ो योजना' को मूर्त रूप देने के लिए गंभीर मन्थन चल रहा है।

ईरान में हाल के आम चुनावों के बाद बने नये राष्ट्रपति हसन रोहानी की



ईरान की उर्मिया झील सूखने की कगार पर

प्रमुख चिन्ता अपने परमाणु कार्यक्रमों को लेकर विश्व महाशक्ति के साथ तालमेल बिठाने की नहीं बल्कि उस देश के उर्मिया झील (Lake Urmieh) को बचाने की है जो खारे पानी की दुनिया की सबसे बड़ी झील है और जो पिछली शताब्दी में 80 प्रतिशत सूख कर अब 1000 वर्ग किलोमीटर में सिमट गई है। ऐसी स्थिति में झील की चारों ओर की जमीन में लगी फसलों की सिंचाई एवं झील में बहकर आने वाली नदियों पर बनाये गये डैमों में पानी को रोके जाने के कारण उत्पन्न हुई है। ऐसा माना जा रहा कि पिछली सरकार की लोक लुभावन नीतियों के कारण यह संकट उत्पन्न हुआ है।

अब नई सरकार का यह सोचना है कि रसायनों के माध्यम से Cloud seeding कर वर्षापात बढ़ाने एवं पाइपलाइन के माध्यम से झील में पानी की मात्रा बढ़ाने के उपायों से झील को अपनी पूर्व की स्थिति में लौटाया जा सकेगा।

यह कहा जा रहा है कि भविष्य में तीसरा विश्वयुद्ध यदि होगा तो वह पानी के मुद्दे पर होगा। गर्मी के महीनों में देश के विभिन्न राज्यों के बीच या फिर पड़ोसी देशों के बीच जल बटवारे को लेकर विवाद चरम पर पहुँच जाता है।

जाहिर है इस कारण पूरे विश्व के वैज्ञानिक खाद्यान्न उत्पादन में बढ़ोत्तरी के संग ऊर्जा सुरक्षा और जल संकट का निदान ढूँढने में लगे हुए हैं। कम पानी में अधिक उपज देने वाली फसलों को बढ़ावा दिया जा रहा है। उपयोग में लाये गए जल का पुनः संशोधन करने के साथ-साथ कम पानी की खपत वाले शौचालयों का निर्माण किया जा रहा है। समुद्र किनारे अवस्थित शहरों में समुद्री जल को विलवणीकृत कर साफ पेयजल की आपूर्ति की जा रही है। अन्तःदेशीय क्षेत्र में आर्सेनिक, लौह, फ्लोराइड एवं अन्य हानिकारक रसायनों की बहुलता वाले जल के शोधन में वैज्ञानिक अहर्निष लगे हुए हैं।

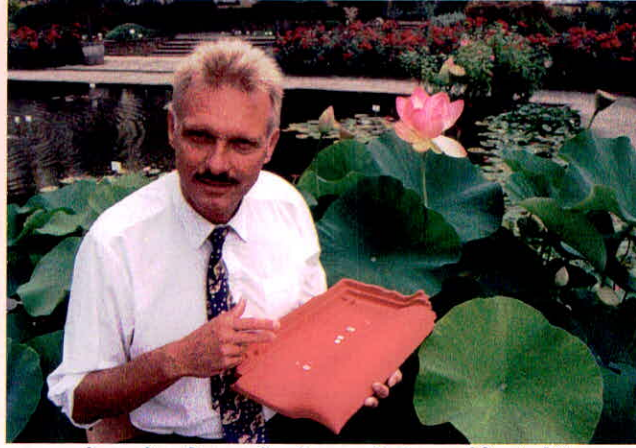
आज आवश्यक है कि जिस तरह ऊर्जा संकट के समाधान हेतु सौर, पवन, जलविद्युत्, भूतापीय एवं हाइड्रोजन ऊर्जा सद्दृश नये एवं नवीकरणीय ऊर्जा स्रोतों को विकसित करने की कोशिश चल रही है उसी तरह जल के भी अक्षय स्रोत की खोज की जाय। ऐसी स्थिति में वैज्ञानिक जल के नये स्रोतों की तलाश में हैं। वायु से जल प्राप्त करने की प्रक्रिया को व्यावसायिक रूप देने हेतु वैज्ञानिक प्रयत्नशील हैं।

ऐसी ही एक लोटस इफैक्ट

## भविष्य में जल संकट...

नामक खोज है जो विगत शताब्दी के अन्त में जर्मनी में हुई। पिछली बीसवीं शताब्दी के छठे-सातवें दशक में स्कैनिंग इलेक्ट्रॉन माइक्रोस्कोप के आविष्कार और इसके माध्यम से नैनोमीटर ( $10^{-9}$  मीटर) के माप की सूक्ष्म आकृति को देखना और समझना संभव हुआ और इसकी परिणति जर्मन वनस्पतिशास्त्री विलहेम बार्थलोट (Wilhelm Barthlott) द्वारा कमल प्रभाव (Lotus Effect) की मौलिक अवधारणा की खोज के रूप में हुई कमल के पत्तों एवं फूल की बाह्यत्वचा (Epidermis) पर मोम की तरह आवेपित अति सूक्ष्म उभार होते हैं जो जल को विकर्षित करते हैं। यही कारण है कि जल की बूँदें एक जगह स्थिर होकर पत्ते को भिगोने के बदले गोल होकर इधर-उधर डोलती रहती हैं और पत्ते पर उपस्थित किसी भी गन्दगी को अपने साथ समेट कर उसे स्वच्छ बनाती हैं। अपने इसी गुण के कारण कमल को पवित्रता का प्रतीक माना जाता है। बार्थलोट ने अपने शोधपत्र में यह लिखा है कि भारत के प्राचीन संस्कृत-ग्रन्थ में कमल के इस गुण का सन्दर्भ पूर्व से उपलब्ध है। ज्ञातव्य है कि श्रीमद्भगवद्गीता में उल्लिखित “पद्मपत्रमिवाम्भसा” नामक दार्शनिक सिद्धान्त इस तथ्य को इंगित करता है कि मनुष्य को संसार में अपना जीवन पुरैन (कमल) के पत्ते पर पानी की बूँद की स्थिति की तरह निर्लिप्त भाव से जीना चाहिए।

वैज्ञानिकों ने दक्षिण पश्चिम अफ्रीका में भूड.ग समूह के स्टेनोकारा



लोटस इफेक्ट सिद्धान्त के अविष्कारक विलहेल्म बार्थलोट (जर्मनी)

ग्रेसीलीपिस (Stenocara gracilipes) नामक कीट (जिसे सामान्यतः Namib Desert Beetle कहा जाता है) की खोज की है जो वहाँ मरुकुहासा (Desert Fog) से पानी के संग्रह का काम करता है। इसका मूल आधार ‘लोटस इफेक्ट’ अर्थात् कमल प्रभाव है। यह कीट अपने सिर के भाग को नीचे एवं पूँछ वाले सिरे को उलटा कर ऊपर से गिरने वाले कुहासे को पानी की बूँदों के रूप में संचयित कर जमा करता है जो नीचे उसके मुँह में गिरता है। इस कीट में यह जल संग्रहण क्षमता वस्तुतः इसके शरीर के अधिकांश भाग में मोम के रूख उभार (Bumpy outgrowth) की उपस्थिति के कारण होती है जिसकी प्रवृत्ति जलभीरुता (Hydrophobicity) की है। नामीव मरुकुहासा में लोटस इफेक्ट प्रक्रिया को आधार बनाकर अमेरिका स्थित मैसाचुसेट्स इन्स्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलाजी के विज्ञानिकों ने एक

ऐसी युक्ति बनायी है जिससे स्वतः संक्रमणशील (Self Contaminating) सतह पर रोगाणुओं (Germs) को हटाकर उन्हें निष्क्रिय बना देना संभव होगा।

एम.आई.टी. के वैज्ञानिकों ने एक ऐसा सुपरप्लास्टिक बनाया है जिससे वायु से जल को एकत्र किया जा सकता है। इस प्रक्रिया में एक ही सतह पर जलाकर्ष (Hydrophilic) एवं जलविकर्षक (Hydrophobic) दोनों गुणों का समावेश किया गया है। इस पर धनात्मक एवं ऋणात्मक दोनों प्रकार के आवेशों से आवेशित बहुलक (Polymer) एवं सिलिका के

**आने वाले दिनों में पेय जल के संकट को देखते हुए**

**वैज्ञानिकों ने पानी के नये स्रोत की खोज शुरू कर दी है। लोटस इफेक्ट पर**

**आधारित एक शोध में अमेरिका के मैसाचुसेट्स इन्स्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी के वैज्ञानिकों ने एक ऐसा सुपरप्लास्टिक बनाया है जिसमें जलाकर्षण**

**(Hydrophilicity और जलविकर्षण (Hydrophobicity) दोनों गुणों का एक संग समावेश कर जल को एकत्र किया जा सकता है।**

सूक्ष्म कणों (Nanoparticles) का आवेशन होता है। इस फिल्म पर मोम से आवेशित फ्लोरोरीनेटेड सिलेन होता है जो बूँद के रूप में पानी को आसानी से टपकने योग्य बना देता है। इस नयी तकनीक को Desert fog वाले क्षेत्र में लगाने से कम प्रयास से जलापूर्ति को सुगम बनाया जाना संभव हुआ है। अभी हाल में संयुक्त अरब अमीरात के वैज्ञानिकों ने एम.आई.टी. अमेरिका के वैज्ञानिकों के साथ मिलकर एक ऐसा अति सूक्ष्म जाल बनाया है जिस पर क्वार्टज आयल सदृश स्नेहक का प्रयोग करने से संपर्क कोण शैथिल्य का कमकर इस सतह पर संग्रहीत जल की लुडकने की गति तीव्र हो जाती है। स्वयंस्वच्छता (Self-cleaning) का यह गुण कमल के साथ केला (Musa sp.), अरूड़ (Colocasia sp.) या फिर मैना (Alocasia sp.) सहित अनेक वनस्पतियों में पाया जाता है जिसकी व्याख्या लोटस इफेक्ट के अन्तर्गत की जाती है। इस प्रभाव के कारण इन सभी वनस्पतियों पर कवक एवं अन्य रोगों का आक्रमण कम होता है क्योंकि रोग फैलाने हेतु आवश्यक संरचना (स्पोर, कोनिडिया आदि) के अंकुरण हेतु जल उपलब्ध नहीं हो पाता। कमल के पत्ते में उपस्थित रवादार मोम (Epicuticular wax crystalloids) को माइक्रोरिलीफ (Microrelief) कहा गया है जिनके बीच हवा भरी रहती है। कमल के पत्ते पर पानी की बूँदें अपने पृष्ठ तनाव (Surface tension) एवं  $90^\circ$  से अधिक के सम्पर्क कोण (Contact Angle) बनाने के कारण फैलने के बदले गोल आकृति में दोलायमान होती हैं और इस क्रम में सूक्ष्म गंदगी को अपने साथ समेट लेती हैं। कमल के पत्ते में उपस्थित अतिषयजलभीरुता (Super hydrophobicity) में मोम की कम सतह मुक्त ऊर्जा (Surface free energy) भी सहायक होती है। इस मोम में 5 से 9 माइक्रोमीटर के व्यास वाले उभार (Bumps) होते हैं जिन पर 124 नैनो मीटर की सूक्ष्मशक्ति संरचना होती है।

जलभीरुता के कारण विभिन्न



स्टेनोकारा ग्रेसीलीपिस कीट मरुकुहासा से जल संग्रहित करते हुए

प्रकार के जन्तु एवं वनस्पतियों में स्वतः शुद्ध होने के गुण का समावेश लाखों वर्षों के विकास क्रम में हुआ है जो उन्हें विभिन्न प्रकार की विषम परिस्थितियों में अनुकूलित होने की क्षमता प्रदान करती है। इस सिद्धान्त के कारण वायु से जल प्राप्त करने की क्षमता के विकास के साथ अनेक महत्वपूर्ण तकनीकी एवं जैवचिकित्सीय समस्याओं के समाधान का रास्ता खुल गया है।

अतिशयजलभीरुता का यह गुण मात्र कमल या मरुभृङ्ग (Desert beetle) तक सीमित नहीं रह कर पंख वाले अन्य कीटों जैसे तितली एवं ड्रेगनफ्लाई में भी पाया जाता है जो कुछ अन्य कीटों की तरह पैरों से अपने पंखों को साफ करने में सक्षम नहीं होते। परन्तु प्रकृति में जेरिस रेमिजिस (Gerris remigis जिसे Water strider) के अंग्रेजी नाम से जाना जाता है) नामक ऐसा कीट भी पाया जाता है जो पानी पर सपाट दौड़ता है। वैज्ञानिकों ने इस कीट के पैर में अनेक सूक्ष्म उपगुणों जिन्हें माइक्रोसीटी (Microsetae) कहा जाता है की खोज की है जो 20° के Inclined angle पर व्यवस्थित होकर एक विलक्षण संस्तरीय (Unique hierarchical) संरचना का निर्माण करते हैं और इसे अतिशयजलभीरुता का गुण प्रदान करते हैं। इस खोज से सूक्ष्मद्रविकी (Microfluidics) के अन्तर्गत जलीय रोबोटों (Aquatic Robots) का भी निर्माण संभव हो सकेगा।

जलाकर्षण एवं जलविकर्षण के सिद्धान्त पर मरुभूमि में पाये जाने वाले कैक्टस समूह के वनस्पति भी मरुकुहासे से जलसंग्रहण का काम बखूबी सम्पन्न करते हैं। इस तरह प्रकृति स्वयं कठिन वातावरण में भी मानव सहित अन्य विभिन्न प्रकार के जीव जन्तुओं हेतु जीवनदायी जल की व्यवस्था करती है। वैज्ञानिकों ने नागफणि कुल के ओपुन्सिया माइक्रोडैसायस (Opuntia Microdasys) नामक पौधे को भी कुहासे से जल निष्कर्षण के काम में उपयोगी पाया है। इसके बाह्य भाग



पाइनस कैनारियेन्सिस वृक्ष जल निष्कर्षण प्रक्रिया में उपयोगी है

पर उपस्थित कांटों (Spines) एवं तन्तुवत् रोम (Trichomes) जलसंग्रह हेतु अनुकूल संरचना प्रदान करते हैं। वैज्ञानिकों ने नग्नबीज समूह की चीड़ प्रजाति के पाइनस कैनारियेन्सिस (Pinus Canariensis) नामक वृक्ष को भी कुहासे से जल निष्कर्षण प्रक्रिया में उपयोगी पाया है।

आने वाले दिनों में पेय जल के संकट को देखते हुए वैज्ञानिकों ने पानी के नये स्रोत की खोज शुरू कर दी है। लोटस इफेक्ट्स पर आधारित एक शोध में अमेरिका के मैसाचुसेट्स इन्स्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी के वैज्ञानिकों ने एक ऐसा सुपरप्लासिटिक बनाया है जिसमें जलाकर्षण (Hydrophilicity) और जलविकर्षण (Hydrophobicity) दोनों गुणों का एक संग समावेश कर जल को एकत्र किया जा सकता है। एक ही सतह पर धनात्मक एवं ऋणात्मक दोनों प्रकारों के आवेशों से आवेशित बहुलक (Polymer) पर सिलिका के सूक्ष्म कणों का आवेष्टन रहता है। इस फिल्म पर मोम से आवेशित फ्लोरीन युक्त सिलेन (Fluorinated Silane) अवस्थित होता है जो बूंदों के रूप में पानी को सुगमता से टपकने योग्य बना देता है। यह नई तकनीक मरुभूमि के कुहासे (Desert fog) वाले क्षेत्र में विशेष कारगर होती है एवं इस प्रक्रिया से उस क्षेत्र में जलापूर्ति को अधिक सुगम बनाया जा सकता है। वैज्ञानिक इस दिशा में भी क्रियाशील हैं कि जीवाणुनाशी जलसंशोधन प्रक्रम को

भी इस प्रक्रिया में समावेशित कर दिया जाए।

चीनी वैज्ञानिकों ने मकड़े के जाल में उपस्थित रेशे को भी वायु से जलनिष्कर्षण में उपयोगी पाया है। इन रेशों पर लट्टू के आकार की जलाकर्षक गांठें (Spindle Knots) एवं जलविकर्षक सन्धियां (Joints) होती हैं जो इस प्रक्रिया से आवश्यक भौतिक संरचना प्रक्रम उपलब्ध कराती हैं। इस आधार पर वैज्ञानिकों ने संच्लेशित गांठें बनायी हैं जिनसे सम्पर्कित होकर छोटी-छोटी बूंदों को सुगमतापूर्वक बड़ी बूंदों के रूप में परिणत कर आसानी से लुढ़कने योग्य बनाया जा सकता है। आज पेरू, इक्वेडोर, ग्वाटेमाला, दक्षिण अफ्रीका, यमन, इथियोपिया, ओमान, इजरायल सहित अनेक देशों में कुहासा से पानी के संग्रह का काम किया जा रहा है। चिली के वैज्ञानिकों का अनुमान है कि यदि कुहासे में उपस्थित मात्र चार प्रतिशत जल को ही निष्कर्षित कर लिया जाय तो देश के अटाकामा मरुभूमि क्षेत्र के चार उत्तरी भागों में जल की सभी जरूरतों की पूर्ति की जा सकती है।

आस्ट्रेलिया के समुद्री तट की वायु से प्रतिघनमीटर 30 ग्राम जल की निष्कर्षण क्षमता का आंकलन किया गया है। इस तकनीक के व्यावसायिक उपयोग से वहां पिछले कई वर्षों से जारी सूखे के संकट का समाधान किया जा सकता है। यदि एक ओर यह सच्चाई है कि विश्व भर में एक अरब

लोगों को स्वच्छ पेयजल नसीब नहीं हो रहा तो दूसरी ओर यह भी सच है कि स्वयं प्रकृति ने ऐसी तरकीबें संजो रखी हैं जिनका अबलम्बन कर इस संकट से मुक्ति पायी जा सकती है। यहां “आवश्यकता अविष्कार की जननी है” (Necessity is the mother of invention) के सिद्धान्त के आधार पर वैज्ञानिक दुनिया में जल कमी की विकट समस्या का समाधान खोजने में लगे हुए हैं।

पेरू देश की राजधानी लीमा में वार्षिक वृष्टिपात मात्र 1.5 सेंटीमीटर होता है। लेकिन वहां प्रशान्त महासागर में जून से नवम्बर महीने तक कुहासे का संचरण होता है। ज्ञातव्य है कि समुद्रतटीय देशों के वातावरण में जिस कुहासे का निर्माण होता है उसके पीछे समुद्री खारे जल से वाष्पण एवं विलवणीकरण की क्रियाओं का योगदान है जो प्रकृति स्वयं सम्पादित करती है। कुहासे में उपस्थित इसी शुद्ध जल के निष्कर्षण हेतु जल संकट से ग्रस्त क्षेत्रों में अभियान चलाये जा रहे हैं। ‘फौग क्वेस्ट’ परियोजना के अन्तर्गत वहां के वेलाविस्टा ग्राम में कुहासे से प्रतिदिन हजारों लीटर स्वच्छ जल निष्कर्षित किया जा रहा है। यह जल वहां के लोगों की पेयजल आवश्यकताओं की पूर्ति के साथ बगीचों को सीचने में भी प्रयुक्त होता है। इन बगीचों में ‘टारा’ (Caesalpinia Spinosa) के वृक्ष लगाये जाते हैं जिनमें उपस्थित ‘टैनिन’ का प्रयोग चर्मप्रशोधन में किया जाता है। ये वृक्ष इस पानी का स्वयं उपयोग कर इसके साथ-साथ भू-जल संभरण में भी महत्वपूर्ण योगदान करते हैं।

जैव-भौतिकी के क्षेत्र में हुई लोटस इफेक्टस सिद्धान्त की खोज पर आधारित व्यावसायिक उत्पादों का बाजार आज 10 करोड़ डॉलर की सीमा को पार कर गया है। स्वयं स्वच्छ सतहों का आर्थिक महत्व दिनों-दिन बढ़ता जा रहा है।

संपर्क करें:

डॉ. विद्यानाथ झा  
एम.आर.एम. कॉलेज, ल.ना. मिथिला  
विश्वविद्यालय, दरभंगा  
मो.न. 09931463352