



गोविंद बल्लभ पंत स्मृति व्याख्यान – 2026

स्मृति व्याख्यान: XXXII



प्रो. एस. के. बारिक

10 सितंबर, 2026

कोसी-कटारमल, अल्मोड़ा

गोविंद बल्लभ पंत राष्ट्रीय हिमालयी पर्यावरण संस्थान

(पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय, भारत सरकार का एक स्वायत्त संस्थान)

कोसी-कटारमल, अल्मोड़ा – 263 643, उत्तराखंड, भारत



प्रो. एस. के. बारिक

प्रो. सरोज कांता बारिक, *FNA, FASc, FLS, FNAAS, FNASc*, एक प्रतिष्ठित भारतीय वनस्पतिशास्त्री, पारिस्थितिकीविद् एवं वैज्ञानिक प्रशासक हैं। वे पादप पारिस्थितिकी, जैव विविधता संरक्षण, पारिस्थितिक पुनर्स्थापन, पारिस्थितिकी तंत्र की कार्यप्रणाली, जलवायु परिवर्तन तथा जैव-संसाधनों के सतत प्रबंधन के क्षेत्र में विशेषज्ञता रखते हैं। वे वर्तमान में पूर्वोत्तर पर्वतीय विश्वविद्यालय (NEHU), शिलांग के कुलपति, वनस्पति विज्ञान के प्रोफेसर एवं स्कूल ऑफ लाइफ साइंसेज के अधिष्ठाता हैं। इससे पूर्व वे CSIR-राष्ट्रीय वनस्पति अनुसंधान संस्थान (CSIR-NBRI), लखनऊ के निदेशक (2016-2022) तथा साथ ही CSIR-भारतीय विषविज्ञान अनुसंधान संस्थान (CSIR-IITR), लखनऊ के निदेशक (2020-2022) के रूप में कार्य कर चुके हैं। अपने कार्यकाल के दौरान उन्होंने CSIR कृषि-पोषण-जैव प्रौद्योगिकी कार्यक्रम के थीम निदेशक के रूप में भी कार्य किया।

प्रो. बारिक ने अपने वैज्ञानिक करियर की शुरुआत अरुणाचल प्रदेश सरकार के राज्य वन अनुसंधान संस्थान से की और वर्ष 1997 में NEHU से जुड़े वर्ष 2006 में वे वनस्पति विज्ञान के प्रोफेसर बने तथा CSIR-NBRI का नेतृत्व संभालने से पूर्व उन्होंने वनस्पति विज्ञान विभाग के विभागाध्यक्ष के रूप में भी कार्य किया। उनका शोध कार्य जैव विविधता संरक्षण, पारिस्थितिकी तंत्र पारिस्थितिकी, पारिस्थितिक पुनर्स्थापन, वर्गिकी एवं जलवायु परिवर्तन जैसे व्यापक क्षेत्रों में केंद्रित है। उन्होंने हिमालय एवं पूर्वोत्तर भारत से कई नई पादप प्रजातियों की खोज में महत्वपूर्ण योगदान दिया है तथा पादप-आधारित छह स्वास्थ्य उत्पाद विकसित किए हैं। प्रो. बारिक ने उच्च प्रभाव वाली सहकर्मी-समीक्षित शोध पत्रिकाओं में अनेक शोध-पत्र प्रकाशित किए हैं तथा पुस्तकें एवं पुस्तक-अध्याय भी लिखे हैं। उन्होंने कई पीएच.डी. शोधार्थियों का मार्गदर्शन किया है। वे जी. बी. पंत राष्ट्रीय हिमालयी पर्यावरण संस्थान तथा राष्ट्रीय पादप जीनोम अनुसंधान संस्थान (NIPGR) की शासी निकायों में भी कार्य कर चुके हैं। वर्तमान में वे इंडियन बॉटनिकल सोसाइटी के अध्यक्ष तथा नेशनल एकेडमी ऑफ साइंसेज, इंडिया के उपाध्यक्ष हैं।

प्रो. बारिक भारत की सभी प्रमुख विज्ञान अकादमियों तथा लिनियन सोसाइटी ऑफ लंदन के फेलो हैं। उन्हें पादप विज्ञान, जैव विविधता संरक्षण एवं पारिस्थितिक अनुसंधान के क्षेत्र में उनके उत्कृष्ट योगदान के लिए अनेक प्रतिष्ठित सम्मानों से सम्मानित किया गया है, जिनमें समंत चंद्रशेखर पुरस्कार, प्रोफेसर बीरबल साहनी पदक, प्रो. आर. एन. टंडन स्मृति पुरस्कार, डॉ. ब्रैंडिस पुरस्कार तथा डॉ. मोपरी ब्रह्म स्मृति पुरस्कार प्रमुख हैं।

गोविंद बल्लभ पंत स्मृति व्याख्यान – 2026

स्मृति व्याख्यान: XXXII

प्रो. एस. के. बारिक

10 सितंबर, 2026

कोसी-कटारमल, अल्मोड़ा



गोविंद बल्लभ पंत राष्ट्रीय हिमालयी पर्यावरण संस्थान

(पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय, भारत सरकार का एक स्वायत्त संस्थान)

कोसी-कटारमल, अल्मोड़ा – 263 643, उत्तराखंड, भारत

हिमालय में क्षरित पारिस्थितिक तंत्रों एवं संकटग्रस्त पादपों का पुनर्स्थापन: सिद्धांत से क्रियान्वयन तक

परिचय

भारत की बॉन चैलेंज (BONN CHALLENGE) के प्रति प्रतिबद्धता स्पष्ट रूप से उस समय सामने आई जब वर्ष 2019 में आयोजित United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) के 14वें Conference of the Parties (COP14) में भारत ने वर्ष 2030 तक 26 मिलियन हेक्टेयर क्षरित एवं वनों से वंचित परिदृश्यों को पुनर्स्थापित करने का लक्ष्य निर्धारित किया। बॉन चैलेंज का वैश्विक लक्ष्य वर्ष 2030 तक 350 मिलियन हेक्टेयर क्षरित एवं वनों से वंचित परिदृश्यों को पुनर्स्थापना के अंतर्गत लाना है। 17 जून 2026, अर्थात् World day to United Nations Convention to Combat Desertification तक, भारत में 21.76 मिलियन हेक्टेयर भूमि को पुनर्स्थापन प्रयासों के अंतर्गत लाया जा चुका था।

यद्यपि यह उपलब्धि प्रभावशाली है, लेकिन पुनर्स्थापन कार्यक्रमों की रणनीति इस प्रकार तैयार करना आवश्यक है कि पुनर्स्थापित पारिस्थितिक तंत्र अथवा परिदृश्य में उन प्रजातियों की आबादियाँ भी पुनः स्थापित हो सकें, जो पूर्व में इन आवासों में पाई जाती थीं। विशेष रूप से विलुप्ति के जोखिम वाली एवं संकटग्रस्त पादप प्रजातियों की खोज हुई आबादियों की पुनर्प्राप्ति पर ध्यान देना आवश्यक है। इसके साथ-साथ वनस्पति की विभिन्न स्तरों वाली संरचना, समुदाय की अन्य विशेषताओं तथा प्रभावी पारिस्थितिक तंत्रीय कार्यप्रणाली को पुनर्स्थापित करना आवश्यक है, ताकि पारिस्थितिक तंत्र सेवाओं (Ecosystem Services) का प्रवाह निरंतर बना रहे। अतः एक सार्थक पुनर्स्थापन रणनीति में आदर्श रूप से जनसंख्या (Population), समुदाय (Community) और पारिस्थितिक तंत्र (Ecosystem)—इन तीनों स्तरों पर उपायों को शामिल किया जाना चाहिए।

लेखक तथा शिलांग स्थित पूर्वोत्तर पर्वतीय विश्वविद्यालय

(NEHU, Shillong) में उनके शोध समूह द्वारा पिछले चार दशकों से पूर्वोत्तर भारत एवं पूर्वी हिमालय के क्षरित पारिस्थितिक तंत्रों/परिदृश्यों के पुनर्स्थापन पर कार्य किया जा रहा है। इसके लिए विशिष्ट पारिस्थितिक तंत्र एवं परिदृश्य की आवश्यकता के अनुसार जनसंख्या, समुदाय और पारिस्थितिक तंत्र—तीनों स्तरों पर त्रिस्तरीय दृष्टिकोण अपनाया गया। इस प्रस्तुति में परिदृश्य-स्तरीय पुनर्स्थापन प्रयासों को चेरापूंजी पठार (Cherrapunji Plateau) के क्षरित घासभूमि एवं वन पारिस्थितिक तंत्रों के पुनर्स्थापन के उदाहरण के माध्यम से प्रस्तुत किया गया है। ये पारिस्थितिक तंत्र मुख्यतः क्रमशः कोयला खनन और वनों की कटाई से क्षरित हुए थे।

पूर्वोत्तर भारत में स्थानांतरित कृषि/झूम कृषि (shifting cultivation/ jhum cultivation), यद्यपि विभिन्न राज्यों में इसका विस्तार अलग-अलग है तथा पिछले वर्षों में इसमें कमी की प्रवृत्ति देखी गई है, फिर भी भूमि क्षरण के प्रमुख कारकों में बनी हुई है। इसका प्रभाव वन परिदृश्यों की सामुदायिक गतिशीलता तथा पारिस्थितिक तंत्र की कार्यप्रणाली पर पड़ता है।

जलवायु परिवर्तन सहित अनेक कारकों ने कई पादप प्रजातियों की आबादी को महत्वपूर्ण/क्रांतिक सीमा (Critical Threshold) से नीचे ला दिया है, जिससे वे विलुप्ति के कगार पर पहुँच गई हैं और उनकी मेटापोपुलेशन गतिशीलता (Metapopulation Dynamics) गंभीर रूप से प्रभावित हुई है। इसलिए किसी भी पुनर्स्थापन रणनीति को तैयार करने से पहले, उल्लिखित तीनों स्तरों पर प्राकृतिक पुनर्प्राप्ति के प्रतिरूप एवं प्रक्रियाओं को समझना समझना आवश्यक है। लेखकों ने विभिन्न स्थानांतरित कृषि प्रणालियों, विभिन्न स्तर के क्षरण से प्रभावित तथा अलग-अलग तीव्रता के विक्षोभों के संपर्क में रहे वन पारिस्थितिकी

तंत्रों, तथा कोयला खनन से प्रभावित घासभूमि, कृषि और वन पारिस्थितिकी तंत्रों में व्यापक विश्लेषणात्मक अध्ययनों के माध्यम से यह समझ विकसित की (Myllemngap et al. 2015; Myllemngap and Barik 2019)।

अलग-अलग समय और जगह के स्तरों पर किए गए ऐसे अहम अध्ययनों के परिणामों (Upadhaya et al. 2009; Ralte et al. 2005; Barik et al. 1996a और b; Sharma and Barik 2011) पारिस्थितिक पुनर्स्थापन/पुनर्प्राप्ति रणनीतियाँ विकसित की गईं। इन रणनीतियों में पहचाने गए अनुक्रमण एवं पुनर्प्राप्ति मार्ग (Successional/Recovery Pathways), उनमें शामिल जीवों तथा समुदाय एवं जनसंख्या गतिशीलता की गहन समझ का उपयोग किया गया। इन अध्ययनों से प्राप्त समझ ने ऐसी प्रौद्योगिकियों के विकास में योगदान दिया जो विज्ञान-आधारित, लागत-प्रभावी और व्यापक स्तर पर लागू करने योग्य (स्केलेबल) थीं।

इन प्रौद्योगिकियों का क्षेत्रीय स्तर पर प्रदर्शन संबंधित हितधारकों की सक्रिय भागीदारी के साथ किया गया—स्थानांतरित कृषि के मामले में किसानों, अम्लीय खदान जल (Acid Mine Drainage) के मामले में कोयला खदान

मालिकों तथा संकटग्रस्त पादपों के संरक्षण के मामले में वन अधिकारियों की भागीदारी सुनिश्चित की गई। इस शोध-पत्र में मैं प्रस्तुत करता हूँ: (I) ऐसे मूलभूत अनुसंधान के परिणाम, जिन्होंने पुनर्स्थापन रणनीतियों के निर्माण के लिए आधारभूत आधार तैयार किया; तथा (II) पुनर्स्थापन के ऐसे अध्ययन, जो आबादी, समुदाय और पारिस्थितिकी तंत्र—तीनों स्तरों पर किए गए हस्तक्षेपों को दर्शाते हैं और जिन्हें क्षेत्र में निश्चित एवं स्पष्ट परिणामों के साथ लागू किया गया।

पूर्वोत्तर भारत की तीन प्रमुख पर्यावरणीय चुनौतियाँ

स्थानांतरित कृषि/झूम कृषि

महत्वपूर्ण आर्थिक प्रगति के बावजूद झूम कृषि पूर्वोत्तर भारत के अनेक जनजातीय परिवारों के लिए आज भी आजीविका का प्रमुख स्रोत है। झूम कृषि के अंतर्गत आने वाले क्षेत्र तथा इसमें संलग्न परिवारों की संख्या से संबंधित अद्यतन एवं प्रामाणिक आँकड़ों का अभाव इसके प्रभावी प्रबंधन में बाधा उत्पन्न करता है। उपलब्ध आँकड़े पूर्वोत्तर भारत में झूम कृषि के क्षेत्रफल में सामान्यतः कमी की प्रवृत्ति दर्शाते हैं (तालिका 1)। झूम कृषि से प्रभावित व्यापक भौगोलिक क्षेत्र को देखते हुए इन क्षेत्रों के सतत प्रबंधन के लिए उपयुक्त रणनीति विकसित करना आवश्यक है। विशेष चुनौती खेती

तालिका 1. पूर्वोत्तर भारत के विभिन्न राज्यों में झूम कृषि के अंतर्गत क्षेत्रफल में कमी की प्रवृत्ति (स्रोत: Wasteland Atlas of India, 2005, 2010, 2011 एवं 2019)

राज्य	2003	2005/06	2008/09	2015/16
अरुणाचल प्रदेश	111691	102506	85474	50909
असम	43589	16004	8201	5261
मणिपुर	63147	75210	29667	49996
मेघालय	62721	25585	28175	23775
मिजोरम	114695	102853	60208	69156
नागालैंड	111660	123908	141452	97933
त्रिपुरा	28489	8928	3030	3062
कुल	535992	454994	356207	300092

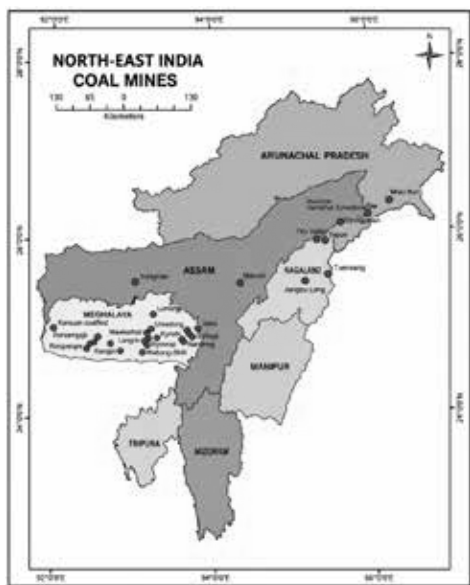
के दूसरे वर्ष के अंत में पोषक तत्वों के प्रबंधन की है। दूसरे वर्ष की खेती के अंत तक मृदा पोषक तत्व लगभग नगण्य स्तर तक पहुँच जाते हैं, जिसके कारण किसान को खेती के लिए वन का नया क्षेत्र काटना पड़ता है। अतः ऐसी कृषि-प्रौद्योगिकी की आवश्यकता है जिससे किसान को नए वन क्षेत्र में जाने की आवश्यकता न पड़े और वह उसी भूमि पर वर्ष-दर-वर्ष खेती जारी रख सके, और उसके साथ मृदा पोषक तत्वों का स्तर तथा भूमि की उत्पादकता बनी रहे।

कोयला खनन

कोल इंडिया लिमिटेड अपनी इकाई नॉर्थ ईस्टर्न कोलफील्ड्स (North Eastern Coalfields) के माध्यम से पूर्वोत्तर राज्यों में, विशेष रूप से असम में, कोयला खनन का संचालन करती है। कोयला मंत्रालय ने मेघालय राज्य में वैज्ञानिक तरीके से कोयला खनन शुरू करने में सफलतापूर्वक मदद की है। यह भारत के पूर्वोत्तर क्षेत्र में नियंत्रित, विनियमित एवं पर्यावरणीय रूप से सतत कोयला

तालिका 2: पूर्वोत्तर भारत के विभिन्न स्थानों पर वर्ष 2007 और 2017 में कोयला खनन क्षेत्र (FTR, MAJOR GRANT, NMHS, 2019)

खनन क्षेत्र	2007 (वर्ग किमी)	2017 (वर्ग किमी)	क्षेत्रफल में वृद्धि (वर्ग किमी)
DilliJoypore	2.45	2.83	0.38
Makum	12.88	16.34	3.46
Mikir Hills	3.77	5.34	1.57
Balpakhram	0.94	1.26	0.32
Darrengiri	11.00	11.94	0.94
Karaibari	1.26	2.20	0.94
Chyrmang	2.04	2.20	0.16
Iokshi	13.19	14.14	0.95
Malwar Lamare	14.46	16.02	1.56
Sutnga	2.04	2.51	0.47
Lumdidon	8.17	8.80	0.63
Mawbehlarkar	1.88	2.20	0.32
MawlongShela	1.60	1.92	0.32
Umreling	4.40	6.28	1.88
Borjan	1.92	2.20	0.28
Jhansi-Disai	1.29	1.57	0.28
Tiru Valley	1.26	3.77	2.51
Tuensang	1.01	1.18	0.17
Namchik Hamphuk	0.33	0.41	0.08
कुल	85.89	103.11	17.22



चित्र 1: पूर्वोत्तर भारत में कोयला खदानों के स्थान एवं वितरण (2017)।

खनन पद्धतियों को बढ़ावा देने की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है। आवश्यक स्वीकृतियाँ प्राप्त होने के बाद मेघालय

में दो कोयला ब्लॉकों में उत्पादन शुरू हो गया है (स्रोत: <https://www.pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=2153719®=48&lang=2>)। फिर भी, संबंधित भूमि स्वामियों के स्वामित्व वाली छोटी कोयला खदानों में अम्लीय खदान जल निकासी (Acid Mine Drainage) का प्रबंधन अभी भी एक गंभीर पर्यावरणीय चुनौती बना हुआ है (तालिका 2 एवं चित्र 1)।

जैव विविधता हास – पादप

Barik et al. (2018) द्वारा 1,031 वंशों (Genera) और 217 कुलों (Familles) से संबंधित 2,704 संकटग्रस्त पादप प्रजातियों की एक सूची तैयार की गई। इस सूची में 2,641 आवृतबीजी (Angiosperms), 23 अनावृतबीजी (Gymnosperms) तथा 44 टेरिडोफाइट (Pteridophyte) प्रजातियाँ शामिल हैं। यह सूची भारत में अनुमानित संवहनी पादप विविधता (Vascular Plant Diversity) का लगभग 13% प्रतिनिधित्व करती है। पादपों में ऑर्किड (Orchids) सबसे अधिक संवेदनशील समूह है, जिसमें कुल संकटग्रस्त प्रजातियों का लगभग

तालिका 3: भारत में विभिन्न एजेंसियों द्वारा रिपोर्ट की गई विभिन्न संकट श्रेणियों के अंतर्गत प्रजातियों की संख्या (Barik et al., 2018B के आधार पर)

IUCN	RDB	CAMP
Extinct – 5	Extinct – 1	Extinct – 2
Critically endangered – 39	Potentially extinct – 61	Critically endangered – 104
Endangered – 96	Endangered – 118	Endangered – 191
Vulnerable – 79	Vulnerable – 109	Vulnerable – 148
Near-threatened – 19	Rare – 237	Near-threatened – 36
Data-deficient – 12	Indeterminate – 72	Data deficient – 10
Least concern – 178	Insufficiently known – 2	Least concern – 2
Not assessed – 45	Data-deficient – 2	Not evaluated – 4
Total – 473	Total – 602	Total – 497
ENVIS	CITES	NBA
Extinct – 3	Appendix I – 11	Endangered – 106
Potentially extinct – 61	Appendix II – 532	
Critically endangered – 9	Appendix III – 5	
Endangered – 245	Total – 549	
Vulnerable – 105		
Indeterminate – 237		
Rare – 958		
Rare, endangered, threatened – 183		
Total – 1801		
		Schedule VI
		Endangered – 13

23% शामिल है, इसके बाद बेगोनिया (Begonias) का स्थान है, जो लगभग 4% है। विभिन्न संस्थाओं एवं

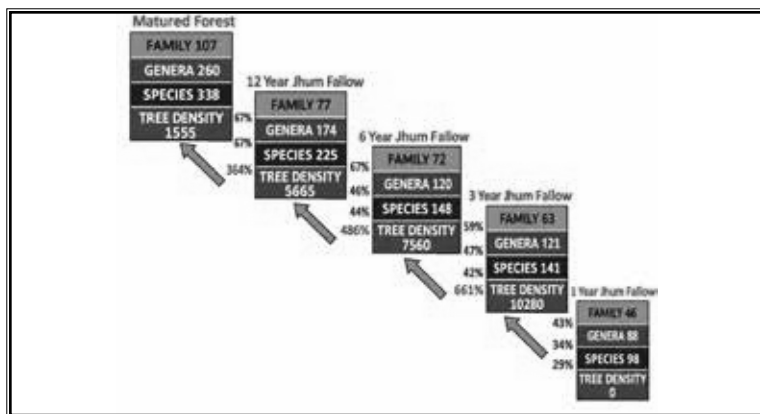
आकलन कार्यक्रमों द्वारा संकटग्रस्त पादप प्रजातियों की संख्या में अंतर पाया गया है। पर्यावरण सूचना प्रणाली

तालिका 4: भारत के विभिन्न पूर्वोत्तर राज्यों में वर्गीकरण-समूह (Taxon) के अनुसार संकटग्रस्त पादप प्रजातियाँ (Barik et al., 2018B के आधार पर)

क्र. सं.	राज्य का नाम	कुल पादप कुलों की संख्या	कुल वंशों की संख्या	कुल प्रजातियों की संख्या
1.	अरुणाचल प्रदेश	60	122	229
2.	असम	51	104	195
3.	मणिपुर	27	48	113
4.	मेघालय	63	128	284
5.	मिजोरम	11	21	47
6.	नागालैंड	18	39	95
7.	सिक्किम	43	113	262
8.	त्रिपुरा	14	20	25

(ENVIS), पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय (MOEF&CC) द्वारा सर्वाधिक 1,803 संकटग्रस्त प्रजातियाँ दर्ज की गई हैं। इसके बाद रेड डेटा बुक (Shastri and Nair) में 601, वन्य जीव-जंतुओं एवं वनस्पतियों की संकटग्रस्त प्रजातियों के अंतरराष्ट्रीय व्यापार पर अभिसमय (CITES) की परिशिष्टियों में 572, संरक्षण

आकलन एवं प्रबंधन योजना (CAMP) कार्यशालाओं में 494, प्रकृति संरक्षण के लिए अंतरराष्ट्रीय संघ (IUCN) द्वारा 473, राष्ट्रीय जैव विविधता प्राधिकरण (NBA) द्वारा 109, तथा वन्यजीव संरक्षण अधिनियम (WPA) की अनुसूची-VI में 13 प्रजातियाँ दर्ज की गई हैं (तालिका 3)।

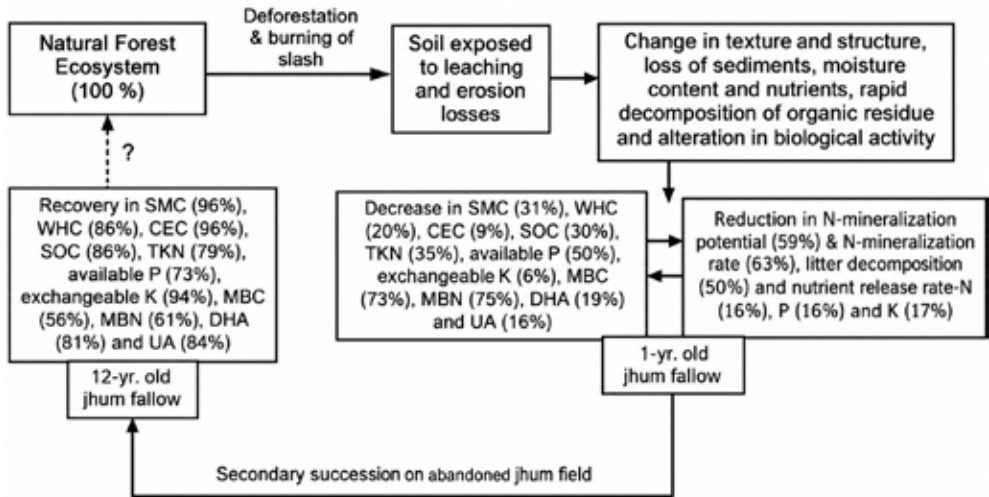


चित्र 2: मेघालय के नोकरेक जैवमंडल आरक्षित क्षेत्र में फसल चरण के बाद परती अवधि के दौरान विभिन्न समुदायों में वर्गीकरणीय पदानुक्रम के अनुसार पादप प्रजातियों की पुनर्प्राप्ति।

पूर्वोत्तर क्षेत्र में वन क्षेत्र के व्यापक विस्तार को देखते हुए, प्रत्येक राज्य में रिपोर्ट की गई कुल पादप प्रजातियों की तुलना में संकटग्रस्त प्रजातियों का अनुपात चिंताजनक है (तालिका 4)।

अप्रभावित वन समुदाय द्वारा किया गया था (चित्र 2)।

मृदा के गुणधर्म तथा पारिस्थितिकी तंत्र के कुछ कार्यात्मक संकेतक अपेक्षाकृत अधिक स्तर तक पुनर्प्राप्त हो सके।

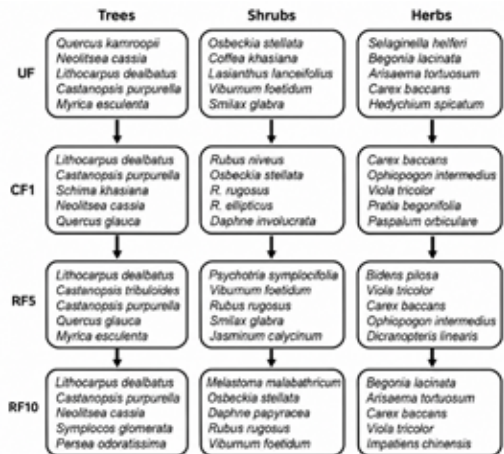


चित्र 3: मेघालय के नोकरेक जैवमंडल आरक्षित क्षेत्र में स्थानांतरण कृषि की परती भूमि की पुनर्प्राप्ति के दौरान मृदा के भौतिक-रासायनिक गुणधर्मों तथा चयनित पारिस्थितिकी तंत्र कार्यात्मक संकेतकों में परिवर्तन (कालानुक्रमिक अनुक्रम दृष्टिकोण)।

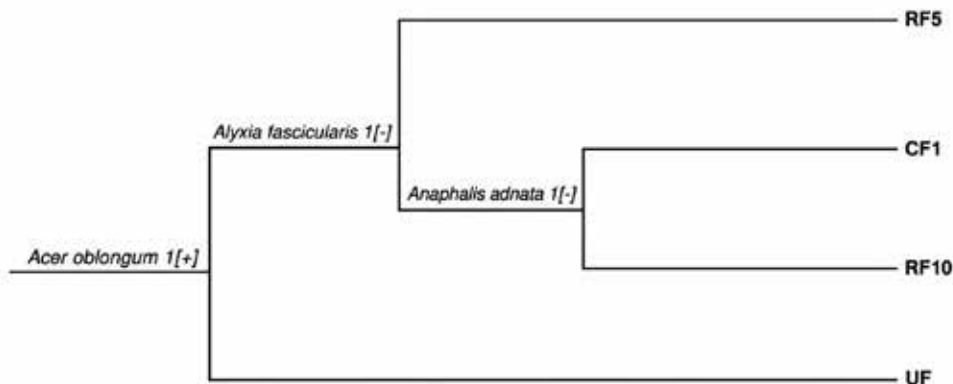
प्राकृतिक पुनर्प्राप्ति प्रक्रियाओं और प्रतिरूपों की समझ

स्थानांतरण खेती के फसल उगाने के बाद खाली छोड़े गए समय के दौरान समुदायों एवं पारिस्थितिक तंत्रों का पुनः विकसित होना

किसी भी समुदाय या पारिस्थितिक तंत्र में व्यवधान के पश्चात होने वाली प्राकृतिक पुनर्प्राप्ति प्रक्रिया को समझना अत्यंत आवश्यक है। इससे प्राप्त ज्ञान पुनर्प्राप्ति की प्रभावी रणनीति तैयार करने में सहायक होता है। स्थानांतरण कृषि चक्र के अंतर्गत 12 वर्षों की परती अवधि के बाद भी प्रजातियों की पुनर्प्राप्ति मूल प्रजातीय संरचना की केवल 67% तक ही हो सकी। मूल प्रजातीय संरचना का प्रतिनिधित्व नोकरेक जैवमंडल आरक्षित (Nokrek Biosphere Reserve) क्षेत्र के बफर जोन में स्थित



चित्र 4: पुनर्प्राप्ति के विभिन्न वर्षों के दौरान वन स्टैंडों में उपनिवेश स्थापित करने वाली पाँच प्रमुख एवं सह-प्रमुख वृक्ष, झाड़ी तथा शाकीय प्रजातियाँ (Myllemngap et al., 2015)



चित्र 5: प्रत्येक विभाजन स्तर पर संकेतक प्रजातियों सहित चार वन स्टैंडों के TWINSpan वर्गीकरण के पदानुक्रमित स्तरों को दर्शाने वाला डेंड्रोग्राम। UF—पुराने, अबाधित प्राकृतिक वन; CF1—1-वर्षीय; RF5—5-वर्षीय तथा RF10—10-वर्षीय पुनर्प्राप्तिशील वन स्टैंड (Myllymngap et al., 2015)

उदाहरण के लिए, धनायन विनिमय क्षमता (Cation Exchange Capacity—CEC) में लगभग 96% तक पुनर्प्राप्ति देखी गई। इसके विपरीत, अन्य संकेतकों में पुनर्प्राप्ति अपेक्षाकृत कम रही—सूक्ष्मजीवी कार्बन (Microbial Carbon) में केवल 56% तथा सूक्ष्मजीवी नाइट्रोजन (Microbial Nitrogen) में 61% तक पुनर्प्राप्ति हुई। यह स्थिति 12 वर्षों की परती अवधि के बाद भी अबाधित

प्राकृतिक वन की तुलना में देखी गई (चित्र 3)।

वनोन्मूलन के बाद क्षरित वनों की पुनर्प्राप्ति: प्रजाति प्रतिस्थापन प्रतिरूप

चेरापूजी पठार में एक क्षरित उपोष्णकटिबंधीय चौड़ी-पत्ती वाले वन की पुनर्प्राप्ति प्रक्रिया एवं प्रतिरूप का अध्ययन कालानुक्रमिक अनुक्रम (Chrono-sequence) दृष्टिकोण

तालिका 5: अबाधित घासभूमियों, खनन से प्रभावित घासभूमियों तथा पुनर्प्राप्तिशील घासभूमियों के मृदा भौतिक-रासायनिक गुणधर्म (माध्य $\pm$ मानक त्रुटि (SE), $N = 64$)। एक पंक्ति में समान अधिलेख (Superscript) वाले मानों में सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण अंतर नहीं है, जबकि भिन्न अधिलेख वाले मान **TUKEY** के **HSD** परीक्षण के अनुसार एक-दूसरे से सांख्यिकीय रूप से महत्वपूर्ण रूप से भिन्न हैं।

Soil parameters	US	MS	RG15	RG30
ST ($^{\circ}\text{C}$)	16.91 ± 1.62^a	17.48 ± 1.85^a	17.81 ± 1.58^a	18.28 ± 1.56^a
SMC (%)	24.65 ± 3.28^b	27.50 ± 2.61^a	16.65 ± 1.91^c	14.92 ± 3.16^c
Soil pH	5.04 ± 0.19^a	3.99 ± 0.23^b	5.39 ± 0.21^a	5.22 ± 0.33^a
CEC ($\text{cmol } 100 \text{ g}^{-1}$)	0.288 ± 0.010^b	0.566 ± 0.060^a	0.101 ± 0.010^c	0.087 ± 0.020^c
SOC (%)	1.93 ± 0.04^b	2.68 ± 0.17^a	1.26 ± 0.19^c	1.18 ± 0.11^c
TKN (%)	0.28 ± 0.012^b	0.35 ± 0.024^a	0.15 ± 0.019^c	0.13 ± 0.014^c
P_{av} ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.666 ± 0.010^a	0.906 ± 0.060^a	0.083 ± 0.011^b	0.104 ± 0.011^b
K_{av} ($\mu\text{g g}^{-1}$)	321.10 ± 21.13^a	304.00 ± 31.39^a	159.38 ± 11.40^b	159.37 ± 15.68^b
Na_{av} ($\mu\text{g g}^{-1}$)	72.29 ± 2.25^a	52.81 ± 1.84^b	36.55 ± 2.37^c	24.17 ± 1.93^d
Ca_{av} ($\mu\text{g g}^{-1}$)	42.58 ± 3.70^a	40.55 ± 6.61^{ab}	51.23 ± 6.69^a	31.69 ± 5.74^b
Mg_{av} ($\mu\text{g g}^{-1}$)	15.78 ± 1.33^a	13.56 ± 1.62^a	13.19 ± 1.68^a	8.76 ± 1.23^b

(Source: Myllymngap and Barik 2019.)

अपनाते हुए तीन वर्षों की अवधि में किया गया। विभिन्न आयु वाले पुनर्प्राप्ति चरणों के तीन-तीन वन स्टैंडों में पाँच प्रमुख/सह-प्रमुख प्रजातियों की संरचना से पारिस्थितिकी तंत्र की पुनर्प्राप्ति के दौरान प्रजातियों के प्रतिस्थापन की एक स्पष्ट प्रवृत्ति सामने आई (चित्र 4)। वृक्ष प्रजातियों में *Castanopsis purpurella* तथा *Lithocarpus dealbatus* पुनर्प्राप्ति की पूरी अवधि में प्रमुख बनी रहीं। पुनर्प्राप्ति के प्रथम वर्ष में ये प्रजातियाँ कटे हुए तनों से निकले नए प्ररोहों के रूप में उपस्थित थीं और पुनर्प्राप्ति के 5वें तथा 10वें वर्ष में भी प्रमुख रहीं। ये दोनों प्रजातियाँ अबाधित वन (UF) स्टैंडों में भी प्रमुख थीं। TWINSpan वर्गीकरण से विभिन्न पुनर्प्राप्ति आयु वाले वन स्टैंडों के लिए तीन-तीन संकेतक प्रजातियों (Indicator Species) की पहचान हुई, जिनमें प्रत्येक प्रजाति संबंधित पुनर्प्राप्ति अवस्था के लिए विशिष्ट थी (चित्र 5) (Mylliemngap et al., 2015)।

कोयला खनन से प्रभावित घासभूमि पारिस्थितिकी तंत्र में समुदाय की गतिशीलता

चेरापूँजी पठार में किए गए कालानुक्रमिक अनुक्रम अध्ययन से पता चला कि आर्द्र उपोष्णकटिबंधीय घासभूमि की पादप विविधता, शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता तथा मृदा पोषक तत्वों की मात्रा, कोयला खनन से उत्पन्न व्यवधान के बाद 50 वर्षों की पुनर्प्राप्ति अवधि के पश्चात भी निम्न स्तर पर बनी रही (तालिका 5 एवं 6)।

संकटग्रस्त पादप प्रजातियों की जनसंख्या में गिरावट के कारक

प्राकृतिक तथा मानवजनित कारणों से विश्वभर में संकटग्रस्त पादप प्रजातियों की जनसंख्या में लगातार गिरावट हो रही है। इन कारणों को समझना तथा समय रहते प्रभावी निवारक उपायों के माध्यम से उनका समाधान करना इन प्रजातियों के संरक्षण की दिशा में पहला महत्वपूर्ण कदम है। कृषि,

तालिका 6: विभिन्न पुनर्प्राप्ति आयु वाली घासभूमियों में जैवभार, वार्षिक शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता, टर्नओवर दर तथा समय।

Compartments	UG	MG	RG15	RG50
Biomass (g m^{-2})				
Live shoot	176.66 $\pm$ 15.2 ^a	23.44 $\pm$ 2.0 ^d	73.63 $\pm$ 3.4 ^c	122.50 $\pm$ 8.2 ^b
Dead shoot	28.44 $\pm$ 5.7 ^a	10.11 $\pm$ 1.3 ^b	39.86 $\pm$ 7.9 ^a	24.40 $\pm$ 6.0 ^a
Fine roots	1499.04 $\pm$ 112.9 ^b	1002.17 $\pm$ 68.8 ^b	981.50 $\pm$ 95.0 ^a	944.58 $\pm$ 61.3 ^a
Coarse roots	210.96 $\pm$ 37.1 ^b	191.04 $\pm$ 30.1 ^b	227.67 $\pm$ 30.3 ^b	359.46 $\pm$ 49.8 ^a
Total	1915.11	1226.76	1322.66	1450.94
Net annual primary productivity ($\text{g m}^{-2} \text{ year}^{-1}$)				
Live shoot	425.30	40.11	80.21	312.51
Fine roots	1213.00	1002.17	1496.17	1262.00
Coarse roots	434.17	402.13	362.29	544.29
Total	2072.47	1444.41	1938.67	2118.80
Turnover rate (year^{-1}) and turnover time (years)				
Turnover rate				
Shoot	2.45	0.30	2.06	2.08
Root	0.38	0.52	0.70	0.68
Turnover time				
Shoot	0.41	3.33	0.49	0.48
Root	2.60	1.93	1.43	1.47

The values represent mean $\pm$ S.E. Within a row, values denoted with the same superscripts are not significantly different while those denoted by different superscripts are significantly different from each other according to Tukey's HSD test

(Source: Mylliemngap and Barik 2019)

शहरी विस्तार तथा अवसंरचना विकास के कारण होने वाला आवासीय क्षरण एवं आवास हानि प्रजातियों के विलुप्त होने का प्रमुख कारक रहा है। प्रजातियों के प्राकृतिक आवास अक्सर वनों, घासभूमियों तथा आर्द्रभूमियों जैसे संपूर्ण पारिस्थितिक तंत्रों को पूरी तरह से परिवर्तित करके किसी नए पारिस्थितिक तंत्र में बदलने के कारण क्षरित या परिवर्तित हो जाते हैं। पारिस्थितिक तंत्रों के खंडीकरण (Fragmentation) के कारण आवासों की निरंतरता भी अक्सर बाधित होती है। इस प्रकार के परिवर्तन प्राकृतिक बीज प्रसार एवं पादप पुनर्जनन पर प्रतिकूल प्रभाव डालते हैं। तापमान एवं वर्षण (Precipitation) के प्रतिरूपों में परिवर्तन के कारण सूक्ष्म-जलवायु तथा संकटग्रस्त पादपों की आवासीय परिस्थितियों में होने वाले बदलाव से जलवायु परिवर्तन इस समस्या को और गंभीर बना देता है। अनेक पारिस्थितिक तंत्रों में वनाग्नि (Forest Fire) की बढ़ती घटनाएँ प्रजातियों के अस्तित्व के लिए जोखिम को और बढ़ा देती हैं।

यद्यपि कुछ प्रजातियाँ अनुकूल आवास एवं जलवायु परिस्थितियों की ओर स्वयं स्थानांतरित हो सकती हैं, अधिकांश प्रजातियाँ प्रवास की गति के साथ तालमेल नहीं बिठा पातीं और उन्हें 'सहायित प्रवासन' (Assisted Migration) की आवश्यकता पड़ती है। बहुत कम प्रजातियाँ परिवर्तित जलवायु एवं आवासीय परिस्थितियों के अनुरूप अनुकूलन कर पाती हैं, जिसके परिणामस्वरूप कई प्रजातियाँ जलवायु-जनित विलुप्ति के जोखिम में आ जाती हैं। आक्रामक प्रजातियों द्वारा स्थानीय पादपों के साथ प्रतिस्पर्धा तथा पादप रोगों का प्रसार भी अन्य प्रमुख खतरे हैं, जो वैश्विक पर्यावरणीय परिवर्तन के साथ अक्सर और अधिक तीव्र हो जाते हैं। इनके अतिरिक्त, अंतर्निहित प्रजनन संबंधी बाधाएँ (Reproductive Bottleneck), मानव उपभोग के लिए कुछ प्रजातियों का अत्यधिक दोहन, अत्यधिक चराई, तथा जनसंख्या का आकार एक महत्वपूर्ण सीमा से नीचे घट जाने के बाद होने वाला आनुवंशिक बहाव (Genetic Drift) भी कई प्रजातियों के विलुप्त होने के जोखिम को बढ़ाने वाले महत्वपूर्ण कारक हैं।

संकटग्रस्त प्रजातियों के संरक्षण कार्यों में होने वाली

लागत को देखते हुए यह निर्धारित करना आवश्यक है कि किन प्रजातियों को तत्काल संरक्षण सहायता की आवश्यकता है। इसे संरक्षण प्राथमिकता निर्धारण (Conservation Prioritization) कहा जाता है और यह संरक्षण कार्यवाई का दूसरा सबसे महत्वपूर्ण चरण है। इसे सही संकट वर्गीकरण (Threat Classification) के साथ सटीक रूप से किया जाना आवश्यक है। इस प्रक्रिया के लिए व्यापक जनसंख्या सर्वेक्षण (जनसंख्या की स्थिति निर्धारित करने हेतु) तथा गहन जनसंख्या सर्वेक्षण (विलुप्ति जोखिम के आकलन हेतु) के माध्यम से जनसंख्या संबंधी आँकड़े एवं उनकी प्रवृत्तियों का संकलन अत्यंत महत्वपूर्ण है। इससे प्रजातियों के सामने मौजूद खतरों तथा उनकी जनसंख्या में गिरावट की गति का निर्धारण किया जाता है। दुर्भाग्यवश, भारत की अधिकांश संकटग्रस्त पादप प्रजातियों के लिए इस प्रकार के आँकड़े बहुत सीमित हैं, जिससे संरक्षण प्राथमिकता निर्धारण की प्रक्रिया बाधित होती है।

वर्ष 1964 में स्थापना के बाद से प्रकृति संरक्षण के लिए अंतरराष्ट्रीय संघ (International Union for Conservation of Nature—IUCN) की संकटग्रस्त प्रजातियों की रेड सूची (Red List of Threatened Species) विकसित होकर विश्वभर में जंतुओं, कवकों तथा पादप प्रजातियों के वैश्विक विलुप्ति जोखिम की स्थिति से संबंधित सबसे व्यापक सूचना स्रोतों में से एक बन गई है। संकट वर्गीकरण के अतिरिक्त, नियमित रूप से अद्यतन की जाने वाली रेड लिस्ट विलुप्ति जोखिम की निगरानी करती है तथा विश्वभर में आवास संरक्षण और लक्षित पुनर्प्राप्ति कार्यों के समन्वय में भी सहायता करती है। (<https://www.iucnredlist.org/about/background-history> downloaded on 5th September, 2026)। IUCN के अनुसार, ज्ञात वृक्ष प्रजातियों में लगभग 38% प्रजातियाँ उच्च विलुप्ति जोखिम श्रेणी में रखी गई हैं। 2026 तक, IUCN की संकटग्रस्त प्रजातियों की रेड सूची में 78,400 से अधिक पादप प्रजातियों का आकलन शामिल है, जो विश्व में ज्ञात पादप विविधता का लगभग 18% है। इस स्थिति को ध्यान में रखते हुए, IUCN ने हाल के वर्षों

तालिका 7: झूम कृषि एवं Sloping Watershed Environmental Engineering Technology (SWEET) मॉडलों का तीन-वर्षीय आर्थिक विश्लेषण

स्थल/भूखंड	वर्ष	सकल आय (रु./ हेक्टेयर)	खेती की लागत (रु./हेक्टेयर)	शुद्ध आय (रु./ हेक्टेयर)	निवेश किए गए प्रत्येक रुपये पर प्रतिफल
Julie/SWEET	प्रथम वर्ष	6060	16870	- 10810	0.36
	द्वितीय वर्ष	9770	12470	- 2700	0.78
	तृतीय वर्ष	22145	3000	+ 19145	7.38
	3-वर्षीय कुल	37975	32340	+ 5635	1.17
Julie/Jhum	प्रथम वर्ष	14950	11244	+ 3706	1.33
	द्वितीय वर्ष	11230	8800	+ 2430	1.28
	तृतीय वर्ष	8940	9363	- 423	0.95
	3-वर्षीय कुल	35120	29407	+ 5713	1.19
Yazali/ SWEET	प्रथम वर्ष	3780	16870	- 13090	0.22
	द्वितीय वर्ष	6962	11370	- 4408	0.61
	तृतीय वर्ष	16710	3000	+ 13710	5.57
	3-वर्षीय कुल	27452	31240	- 3788	0.88
Yazali/Jhum	प्रथम वर्ष	9678	9883	- 205	0.73
	द्वितीय वर्ष	6438	8090	- 1652	0.80
	तृतीय वर्ष	5854	7968	- 2114	0.73
	3-वर्षीय कुल	21970	25941	- 3971	0.85

में संकट आकलन में मौजूद असंतुलन को दूर करने के लिए पादपों एवं कवकों पर विशेष पहल शुरू की है, जैसा कि पूर्व में जंतुओं के लिए किया गया था। 23,000 से अधिक पादप प्रजातियों को औपचारिक रूप से संकट की विभिन्न श्रेणियों—सुभेद्य (Vulnerable), संकटग्रस्त (Endangered) या अत्यधिक संकटग्रस्त (Critically Endangered)—के अंतर्गत वर्गीकृत किया जा चुका है।

नई तकनीकें एवं नवाचारी दृष्टिकोण

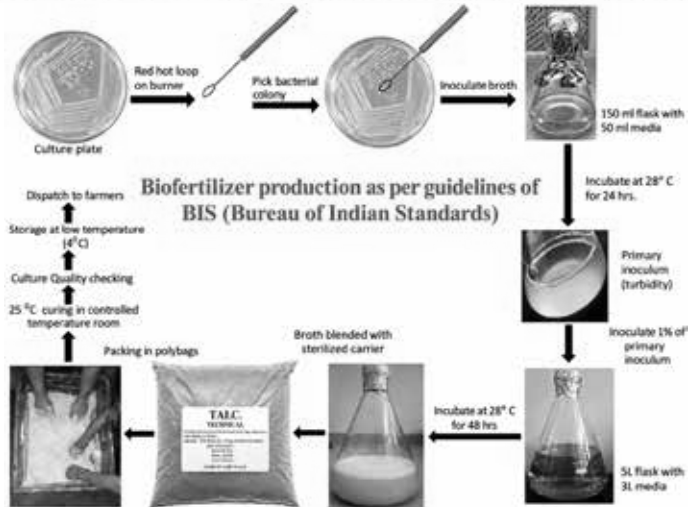
स्थानांतरण कृषि के उन्नत मॉडल: SWEET

पूर्वोत्तर भारत के विभिन्न राज्यों में स्थानांतरण कृषि के विकल्प के रूप में स्थानीय सामाजिक-भौगोलिक परिस्थितियों के अनुरूप कई मॉडलों को पूर्व में आजमाया गया है। इनमें ICAR त्रिस्तरीय मॉडल, स्थलाकृति-आधारित भू-

उपयोग मॉडल जिसमें कृषि-बागवानी-वृक्ष-चारागाह (Agri-Horti-Silvipastoral) प्रणालियाँ, मिजोरम की नई भूमि उपयोग नीति तथा त्रिपुरा में खबर रोपण जैसी नकदी फसलों द्वारा समर्थित ग्राम पुनर्वास योजना प्रमुख हैं। हालांकि, इनमें

से अधिकांश पहले लोगों द्वारा धीमी गति से अपनाए जाने अथवा स्वीकार्यता के अभाव के कारण सफल नहीं हो सकीं। इसलिए, Sloping Watershed Environmental Engineering Technology (SWEET) पर आधारित

Bio-fertilizer field trials in the model plots in different states



चित्र 6: स्थान-विशिष्ट जैव उर्वरकों का विकास तथा छोटे स्तर पर इनके उत्पादन हेतु किसानों का प्रशिक्षण। लघु कोयला खनिकों के लिए अम्लीय खदान जल निकासी उपचार मॉडल

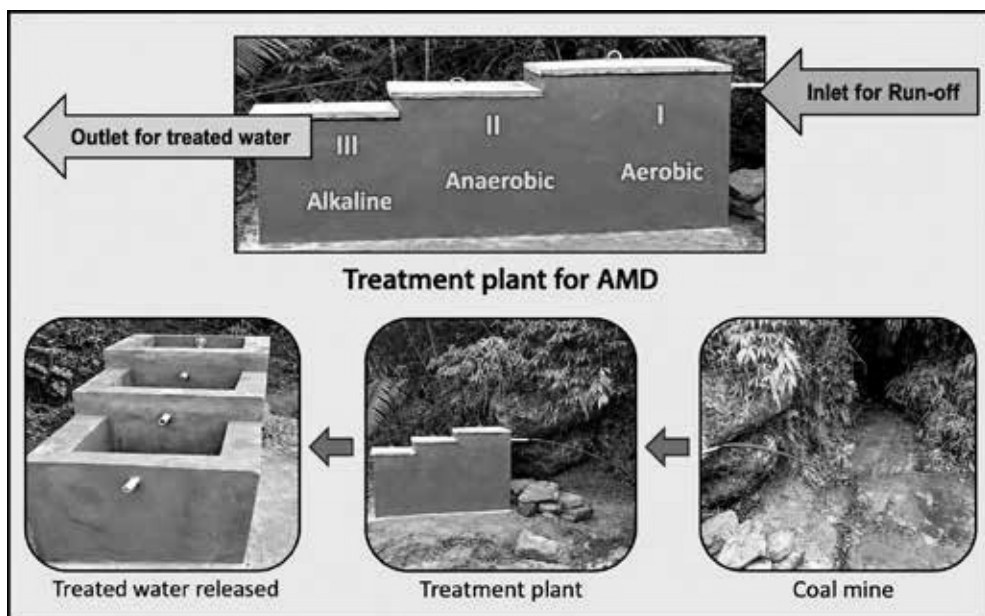
हरित सीढ़ीदार/हेज-पंक्ति आधारित भू-उपयोग मॉडल अरुणाचल प्रदेश के पूर्वी हिमालय के निम्न एवं मध्य ऊँचाई वाले पर्वतीय क्षेत्रों में विकसित किए गए। इन मॉडलों में समय के साथ मृदा पोषक तत्वों की स्थिति में सुधार देखा गया तथा एक ही भूखंड पर तीन वर्षों से अधिक समय तक निरंतर खेती करना संभव हुआ। स्थानांतरण कृषि के भूखंडों के विपरीत, इन मॉडलों में दूसरे वर्ष से शुद्ध आय में लगातार वृद्धि हुई (तालिका 7) और मृदा के गुणधर्मों में भी महत्वपूर्ण सुधार पाया गया।

स्थान-विशिष्ट बायो-इनोक्युलेंट्स के माध्यम से स्थानांतरण कृषि के भूखंडों को चार-स्तरीय मॉडलों द्वारा स्थायी कृषि में परिवर्तित करना

ऊँचाई तथा जनजाति-विशिष्ट चार-स्तरीय कृषि-वनीकरण (Agroforestry) मॉडल विकसित किए गए।

इनमें किसानों की पसंद की प्रजातियों का रोपण किया गया ताकि उनकी विभिन्न आवश्यकताओं की पूर्ति की जा सके। शीर्ष छत्र स्तर में उपयोगिता वाली वृक्ष प्रजातियाँ शामिल थीं, जैसे *Parkia timoriana*, *Artocarpus integrifolia*, *Aquilaria malaccensis*, *Delinia indica*, *Moringa oleifera*, *Phyllanthus emblica* तथा *Litchi chinensis* आदि। मध्य वृक्ष स्तर में फलदार पौधों जैसे अनानास, आम, नारियल, सुपारी (लता के रूप में काली मिर्च के साथ), पपीता, अमरुद, संतरा आदि को शामिल किया गया। तीसरे स्तर में मक्का और धान जैसी मुख्य खाद्य फसलों के साथ झूम कृषि में उगाई जाने वाली सब्जियाँ शामिल थीं, जिनमें दलहनी फसलों की प्रधानता थी। भूमिगत स्तर में अदरक, हल्दी, *Colocasia* तथा *Amorphophallus* को शामिल किया गया।

Acid Mine Drainage treatment model for small coal miners



चित्र 7: मेघालय के छोटे कोयला खदानों से निकलने वाले कोयला खदान जल एवं अम्लीय खदान जल (AMD) के उपचार हेतु एक प्रोटोटाइप मॉडल।

प्रजातियों के चयन और मॉडलों के डिजाइन के दौरान वृक्ष प्रजातियों की छत्र संरचना (Canopy Architecture) तथा कृषि-वनीकरण के लिए उपयुक्त अन्य गुणों के साथ-साथ अंतर- एवं अंतरा-फसल प्रतिस्पर्धा को ध्यान में रखा गया। वृक्षारोपण के साथ उपयुक्त मृदा एवं नमी संरक्षण उपाय, जैसे अर्धचंद्राकार सीढ़ियाँ (Half-moon terraces), बनाए गए। स्थानांतरण कृषि के भूखंडों से मृदा के नमूने लेकर जीवाणु पृथक्करण किए गए तथा बीज अंकुरण और गमला प्रयोगों द्वारा पौध वृद्धि संवर्धक (Plant Growth Promoting) गुणों की जाँच एवं परीक्षण किया गया। *Rhizobium* तथा फॉस्फोरस घुलनशीलकारी जीवाणुओं से जैव उर्वरक विकसित किए गए और उनका खेतों में परीक्षण किया गया। खेत परीक्षणों में उपज के संदर्भ में सकारात्मक परिणाम प्राप्त हुए। ऐसे जैव उर्वरकों को छोटे स्तर पर तैयार करने की विधि का प्रदर्शन किसानों को भी कराया गया (चित्र 6)।

मेघालय की छोटी कोयला खदानों से निकलने वाले अम्लीय खदान जल (Acid Mine Drainage—AMD) के उपचार के लिए एक प्रोटोटाइप मॉडल विकसित किया गया। AMD उपचार मॉडल के अंतर्गत एक पायलट-स्तरीय उपचार संयंत्र डिजाइन किया गया और कोयला खनन क्षेत्रों में स्थल पर इसका निर्माण किया गया (चित्र 7)। इसमें तीन क्रमिक कक्ष बनाए गए थे, ताकि कोयला खदानों से निकलने वाला अपशिष्ट जल (AMD) आसपास के पर्यावरण में छोड़े जाने से पहले इन तीनों कक्षों से होकर गुजरे।

पहले दो कक्षों में दो प्रकार के सूक्ष्मजीवी संघ (Microbial

Consortia)—वायवीय (Aerobic) और अवायवीय (Anaerobic)—मुख्य सक्रिय उपचार घटक थे। इनमें स्थानीय मूल के जीवाणुओं का उपयोग किया गया, जिनकी माध्यम में क्षारीयता उत्पन्न करने की क्षमता तथा भारी धातुओं की उपस्थिति में जीवित रहने और जैव-उपचार करने की क्षमता का परीक्षण किया गया। इन जीवाणु उपभेदों की पहचान जैवरासायनिक एवं आणविक विधियों द्वारा की गई। तीसरे कक्ष में स्थानीय रूप से उपलब्ध चूना-पत्थर की परत को निष्क्रिय उपचार माध्यम के रूप में इस्तेमाल किया गया। पायलट संयंत्र की कुल लागत 50,000 रुपये से कम थी। वायवीय एवं अवायवीय कक्षों में प्रयुक्त जीवाणु संघ सक्रिय उपचार के दौरान 3 दिनों में AMD का PH बढ़ाकर 5.9 तक करने में सक्षम थे, जबकि चूना-पत्थर वाले कक्ष के निष्क्रिय उपचार के बाद PH 6.4 तक बढ़ गया (तालिका 8)।

संकटग्रस्त पादपों का संरक्षण

संकटग्रस्त पादपों के प्राकृतिक आवास वाले पारिस्थितिक तंत्रों की सुरक्षा जैसे यथास्थल (*In-situ*) संरक्षण के अतिरिक्त, छोटी जंगली जनसंख्या वाली प्रजातियों के संरक्षण के लिए बहिःस्थल (*Ex situ*) संरक्षण उपाय भी अपनाए जाने आवश्यक हैं। इनमें तीव्र/उन्नत गुणन तकनीकें, वनस्पति उद्यान, बीज बैंक तथा क्रायोसंरक्षण शामिल हैं। चूंकि आधे से अधिक संकटग्रस्त पादपों को पुनर्प्रवेश (Reintroduction) और रोग प्रबंधन जैसी प्रत्यक्ष एवं सक्रिय पुनर्प्राप्ति कार्यवाहियों की आवश्यकता है, इसलिए लक्षित कार्यवाई, प्राथमिकता प्राप्त प्रजातियों तथा प्रौद्योगिकी आधारित हस्तक्षेपों वाली नई पहलों को अपनाना आवश्यक है।

तालिका 8: प्रोटोटाइप में जीवाणु संघ एवं चूना-पत्थर के उपयोग से AMD के PH का उदासीनीकरण

Treatment	pH changes			
	Control	1st Day	2nd Day	3rd Day
Tank with consortium	3.28	4.12	4.57	5.9
Tank with consortium and limestone	3.30	5.5	5.6	6.4

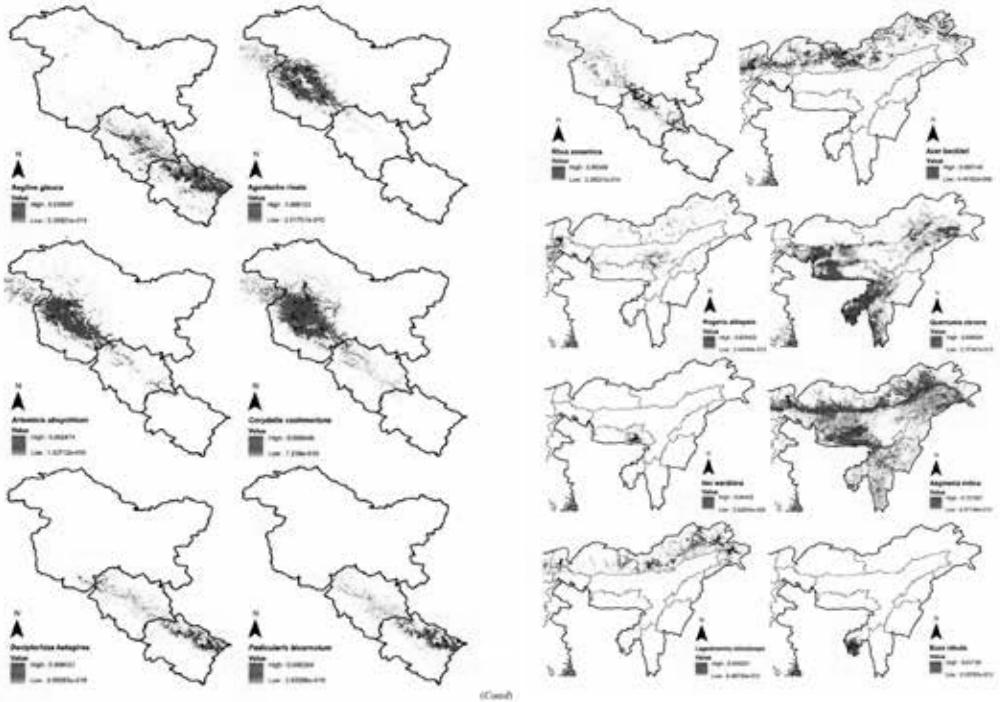
यद्यपि बीज बैंकों और वनस्पति उद्यानों के माध्यम से महत्वपूर्ण बहिःस्थल संग्रहण प्रयास किए गए हैं, जो प्राकृतिक आवास से बाहर पादपों के संरक्षण एवं प्रसार तथा पुनर्प्रवेश के लिए बीज या पौध तैयार करने में सहायता करते हैं, फिर भी उनके प्राकृतिक आवासों में उपयुक्त प्रौद्योगिकी के साथ यथास्थल संरक्षण भविष्य में उनकी सतत जनसंख्या एवं प्राकृतिक पुनरुत्पादन सुनिश्चित करने में अधिक प्रभावी होगा।

संकटग्रस्त पादपों के संरक्षण उद्देश्यों को सबसे प्रभावी ढंग से तब प्राप्त किया जा सकता है जब खतरों की समुचित समझ तथा उनके उन्मूलन की रणनीति को व्यवहार में लागू किया जाए। साथ ही, “छोटी जनसंख्या प्रतिमान (Small Population Paradigm)” अथवा “संरक्षण आनुवंशिकी प्रतिमान (Conservation Genetics Paradigm)” को “आवास गुणवत्ता प्रतिमान (Habitat Quality Paradigm)” के साथ एकीकृत किया जाना चाहिए। इन

दोनों बिंदुओं को ध्यान में रखते हुए, अखिल भारतीय संकटग्रस्त पादप संरक्षण कार्यक्रम की संकल्पना की गई और इसे लागू किया गया। इस कार्यक्रम में भारत सरकार के विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी मंत्रालय के DBT के वित्तीय सहयोग से 70 संकटग्रस्त पादप प्रजातियों को शामिल किया गया। कार्यक्रम वर्ष 2012 में प्रारंभ होकर 2019 में पूर्ण हुआ तथा देशभर के 37 संस्थानों के 150 वैज्ञानिक इसमें शामिल हुए। हिमालयी प्रजातियों तथा अन्य जैव विविधता हॉटस्पॉट की प्रजातियों पर विशेष ध्यान दिया गया। कार्यक्रम में निम्नलिखित चरण अपनाए गए;

1. नई प्रजाति की खोज के साथ उसकी संरक्षण स्थिति का निर्धारण आवश्यक है

अधिकांश नई खोजी गई प्रजातियाँ किसी न किसी संकट श्रेणी में आती हैं। इसलिए उनके प्रभावी संरक्षण के लिए उनकी संकट स्थिति का गंभीरता से आकलन करना अनिवार्य



चित्र 8: पूर्वोत्तर एवं कश्मीर हिमालय में नई जनसंख्याओं का पता लगाने के लिए पारिस्थितिक निच मॉडल (ENM) (Adhikari et al., 2018)

है। उदाहरण के लिए, *Aconitum* वंश का पूर्वी हिमालयी क्षेत्र एवं पूर्वोत्तर भारत में वर्ष 2016 से 2018 के दौरान व्यापक सर्वेक्षण किया गया। *A. haridasanii* का उपस्थिति विस्तार (Extent of Occurrence—EOO) केवल 0.13 वर्ग किमी तथा अधिवास क्षेत्र (Area of Occupancy—AOO) 0.02 वर्ग किमी था। दो जनसंख्याएँ Shuguster Lake तथा Taksang Chu क्षेत्र में 3678–3798 मीटर की ऊँचाई पर पाई गईं। अध्ययन अवधि के दौरान पौधों की संख्या में वर्ष-दर-वर्ष अत्यधिक उतार-चढ़ाव दर्ज किया गया। इस प्रजाति का आवास आवासीय विखंडन, पर्यटन, सड़क निर्माण एवं अन्य विकास गतिविधियों से संकटग्रस्त था। चरवाहे एवं पशुपालक भी आकस्मिक पशु विषाक्तता एवं मृत्यु को रोकने के लिए चरागाहों से इस प्रजाति को चुनिंदा रूप से उखाड़ देते थे। इसके औषधीय महत्व के कारण इसका दोहन भी जनसंख्या में कमी का एक प्रमुख कारण था। इन सभी कारकों के कारण प्रजाति की जनसंख्या बहुत कम हो गई थी। दोनों जनसंख्याओं में परिपक्व व्यक्तियों की संख्या 15–20, अर्थात् 50 से कम, थी। इस नई प्रजाति को IUCN 2017 संस्करण 13 के अनुसार अत्यधिक संकटग्रस्त (Critically Endangered) श्रेणी में वर्गीकृत किया गया: B1B(I,II,III,V)C(I,II,III)+2B(I,II,III,V)C; C2A(I); D (Tiwarly et al., 2020)।

2. संकटग्रस्त पादपों की सही वर्गिकी स्थिति का निर्धारण
प्रत्येक लक्षित प्रजाति की वर्गिकी पहचान का सत्यापन क्षेत्र से एकत्रित नमूनों, हर्बेरियम सामग्री, प्रोटोलॉग, प्रकार-विवरण (Type Descriptions) तथा संबंधित वर्गिकी साहित्य के समेकित परीक्षण के माध्यम से किया गया।

3. पारिस्थितिक निच मॉडलिंग द्वारा नई जनसंख्या एवं प्रजातियों की खोज (Adhikari et al., 2018)

लक्षित प्रजातियों के मौजूदा उपस्थिति अभिलेख क्षेत्रीय सर्वेक्षणों, हर्बेरियम नमूनों, प्रकाशित साहित्य, जैव विविधता डेटाबेस तथा प्रमाणित संस्थागत अभिलेखों से संकलित किए गए। सभी उपस्थिति बिंदुओं का भू-संदर्भीकरण (Georeferencing) किया गया और उनका वर्गिकी तथा स्थानिक सत्यापन किया गया। दोहराए गए अभिलेखों,

संदिग्ध पहचान वाले अभिलेखों तथा अपर्याप्त भौगोलिक सटीकता वाले बिंदुओं को हटा दिया गया। जहाँ आवश्यक था, नमूना पक्षपात तथा स्थानिक स्वसहसंबंध को कम करने के लिए स्थानिक विरलन (Spatial Thinning) किया गया। प्रासंगिक जलवायवीय, स्थलाकृतिक, मृदा-संबंधी, जलवैज्ञानिक, वनस्पति तथा भू-उपयोग चर का उपयोग करके पारिस्थितिक निच मॉडल विकसित किए गए। इन मॉडलों के माध्यम से नई जनसंख्याओं की भविष्यवाणी एवं उनका स्थलीय पता लगाया गया (चित्र 8)।

4. वर्तमान वितरण का मानचित्रण एवं प्रजातियों के वितरण पर जलवायु परिवर्तन के प्रभाव का आकलन (Singh et al., 2023)

प्रत्येक लक्षित प्रजाति के वर्तमान वितरण का मानचित्रण सत्यापित उपस्थिति अभिलेखों, व्यवस्थित क्षेत्रीय अवलोकनों, हर्बेरियम अभिलेखों तथा दूरसंवेदी पर्यावरणीय सूचना को एकीकृत करके किया गया। प्रत्येक उपस्थिति के लिए भौगोलिक निर्देशांक, ऊँचाई, आवास प्रकार, भू-उपयोग श्रेणी, संबद्ध वनस्पति तथा व्यवधान की स्थितियाँ दर्ज की गईं। वर्तमान वितरण मानचित्र भौगोलिक सूचना प्रणाली (GIS) में तैयार किए गए।

IUCN दिशानिर्देशों के अनुसार अधिवास क्षेत्र (Area of Occupancy) और उपस्थिति विस्तार (Extent of Occurrence) की गणना की गई। AOO का अनुमान अनुशंसित ग्रिड-आधारित पद्धति से लगाया गया, जबकि EOO का निर्धारण सत्यापित उपस्थिति बिंदुओं को घेरने वाले न्यूनतम उत्तल बहुभुज (Minimum Convex Polygon) से किया गया। वितरणीय विखंडन, स्थानों की संख्या तथा जनसंख्याओं के बीच अलगाव की मात्रा का भी आकलन किया गया।

जलवायु परिवर्तन के प्रभावों का आकलन सत्यापित पारिस्थितिक निच मॉडलों को चयनित CMIP6 जलवायु परिदृश्यों के अंतर्गत प्रक्षेपित करके किया गया। किसी एक जलवायु मॉडल पर निर्भरता कम करने के लिए अनेक सामान्य परिसंचरण मॉडलों (General Circulation

तालिका 9: IUCN संकट वर्गीकरण के मानदंड (संस्करण 3.1)

	Critically endangered	Endangered	Vulnerable
B. Geographic range in the form of either B1 (extent of occurrence) and/or B2 (area of occupancy)			
B1 Extent of occurrence (EOO; sq. km)	<100	<5000	<20,000
B2 Area of occupancy (AOO; sq. km) and at least two of the following three conditions:	<10	<500	<2000
(a) Severely fragmented or number of locations	≤1	≤5	≤10
(b) Continuing decline observed, estimated, inferred or projected in any of (i) extent of occurrence, (iii) area of occupancy, (iii) area, extent and/or quality of habitat, (iv) number of locations or subpopulations and (v) number of mature individuals.			
(c) Extreme fluctuations in any of (i) extent of occurrence, (ii) area of occupancy, (iii) number of locations or subpopulations, (iv) number of mature individuals.			
C. Small population size and decline			
Number of mature individuals and at least one of C1 and C2	<250	<2500	<10,000
C1 Observed, estimated or projected continuing decline of at least (up to a maximum of 100 years in future):	25% in three years or one generation (whichever is longer)	20% in five years or two generations (whichever is longer)	10% in ten years or three generations (whichever is longer)
C2 Observed, estimated, projected or inferred continuing decline and at least one of the following three conditions:			
(a) (i) Number of mature individuals in each subpopulation	≤50	≤250	≤1000
(ii) Percentage of mature individuals in one subpopulation	90–100%	95–100%	100%
(b) Extreme fluctuations in the number of mature individuals			
D. Very small or restricted population			
D1 Number of mature individuals	<50	<250	D1. 1000
D2 Only applies to the VU category	–	–	D2. Typically: AOO <20 sq. km or number of locations ≤5
Restricted area of occupancy or number of locations with a plausible future threat that could drive the taxon to CR or EX in a very short time.			

VU, Vulnerable; CR, Critically endangered; EX, Extinct.

Models) की भविष्यवाणियों को संयुक्त किया गया। उपयुक्त आवास में होने वाले परिवर्तनों को आवास हानि, आवास वृद्धि, आवास स्थायित्व तथा संभावित वितरण क्षेत्र परिवर्तन के रूप में मापा गया। उपयुक्त आवास में ऊँचाई एवं भौगोलिक परिवर्तन का भी आकलन किया गया। विभिन्न परिदृश्यों के अंतर्गत भविष्य में भी उपयुक्त बने रहने वाले स्थिर क्षेत्रों को Climate Refugia के रूप में चिन्हित किया गया और यथास्थल संरक्षण, जनसंख्या सुदृढ़ीकरण तथा पुनर्प्रवेश के लिए प्राथमिकता दी गई।

5. जनसंख्या आकार एवं प्रवृत्ति का आकलन

लक्षित प्रजातियों की सभी ज्ञात एवं नई खोजी गई जनसंख्याओं का वृद्धि-रूप-विशिष्ट नमूना विधियों का उपयोग करके सर्वेक्षण किया गया। जनसंख्या की प्रवृत्तियों को बढ़ती हुई, स्थिर, घटती हुई या अनिश्चित श्रेणियों में वर्गीकृत किया गया तथा प्रत्येक वर्गीकरण के समर्थन में उपलब्ध प्रमाणों का दस्तावेजीकरण किया गया।

6. जनसंख्या आँकड़ों के आधार पर संकट की सही श्रेणी का निर्धारण (Barik et al., 2018a)

संकट का आकलन IUCN की नवीनतम लाल सूची श्रेणियों एवं मानदंडों का उपयोग करके किया गया। इस आकलन में जनसंख्या में कमी, सीमित भौगोलिक विस्तार, AOO, EOO, छोटी जनसंख्या का आकार, निरंतर गिरावट, गंभीर विखंडन, अत्यधिक उतार-चढ़ाव तथा मानदंड A–E के अंतर्गत विलुप्ति जोखिम के मात्रात्मक अनुमानों को शामिल किया गया (तालिका 9)।

7. प्रवर्धन के लिए प्रौद्योगिकी का विकास (Panda et al., 2018)

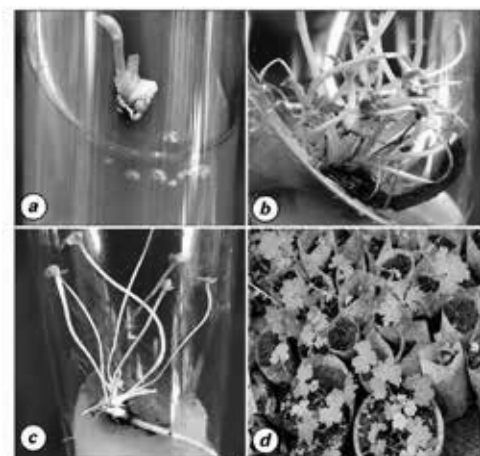
प्रत्येक प्रजाति की प्रजनन जीवविज्ञान एवं संरक्षण आवश्यकताओं के आधार पर बीज, कायिक प्रवर्धक (Vegetative Propagules) अथवा उतक संवर्धन तकनीकों का उपयोग करके प्रवर्धन प्रोटोकॉल विकसित किए गए (चित्र 9)। सर्वाधिक प्रभावी प्रोटोकॉल का नर्सरी

परिस्थितियों में सत्यापन किया गया। बीज संग्रह, पूर्व-उपचार, प्रवर्धन, नर्सरी प्रबंधन, कठोरीकरण (Hardening), परिवहन तथा क्षेत्र में स्थापना के लिए मानक संचालन प्रक्रियाएँ (Standard Operating Procedures—SOPs) तैयार की गईं।

8. आवास-उपयुक्तता (Habitat Suitability) मानचित्रण के आधार पर पुनर्प्रवेश

संभावित पुनर्प्रवेश स्थलों की पहचान प्रजाति-विशिष्ट आवास-उपयुक्तता (Habitat Suitability) मॉडलों का उपयोग करके की गई। ये मॉडल जलवायवीय, स्थलाकृतिक, मृदा, जलवैज्ञानिक, वनस्पति तथा व्यवधान संबंधी चरों पर आधारित थे। स्थलों का वर्तमान उपयुक्तता, भविष्य की जलवायवीय स्थिरता, भूमि स्वामित्व, आवास की अखंडता, संपर्कता, संरक्षण स्थिति तथा दीर्घकालिक प्रबंधन की व्यवहार्यता के आधार पर चयन किया गया।

9. विलुप्ति की संभावना के आकलन एवं रोपित किए जाने वाले पौधों की इष्टतम संख्या निर्धारित करने के लिए मेटापोपुलेशन मॉडलिंग (Lyngdoh et al., 2018)

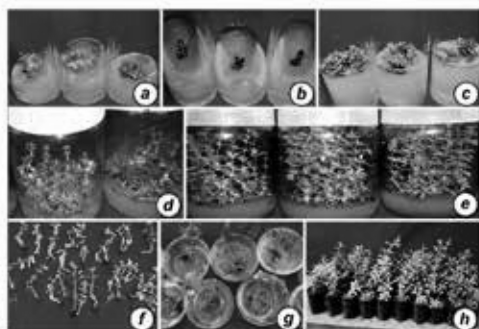


Different *in vitro* propagation stages of *Aconitum nigrum*. a. Excised shoot bud cultured on initiation medium showing signs of morphogenic response by releasing the meristematic loci. b. Multiple shoots/micro-shoots developed in culture. c. Rooted plant. d. Regenerates transplanted in potting mix maintained in the polyhouse.

प्राकृतिक जनसंख्याओं को स्थानिक रूप से पृथक आवास पैचों के रूप में दर्शाया गया, जो संभावित प्रसार के माध्यम से एक-दूसरे से जुड़े होते हैं। प्रत्येक जनसंख्या के लिए पैच का आकार, वहन क्षमता, बहुतायत, जीवन-अवस्था संरचना, भर्ती, मृत्यु दर, प्रजनन उत्पादन, प्रसार दूरी, आवास गुणवत्ता तथा व्यवधान की आवृत्ति संबंधी आँकड़े संकलित किए गए।

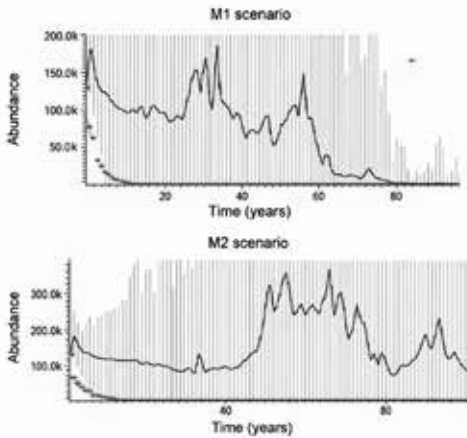
जनसंख्या व्यवहार्यता एवं मेटापोपुलेशन मॉडल अवस्था-संरचित मैट्रिक्स मॉडल, स्टोकेस्टिक सिमुलेशन अथवा उपयुक्त स्थानिक मॉडलिंग प्लेटफॉर्म का उपयोग करके विकसित किए गए। बीजांकुर, किशोर तथा वयस्क अवस्थाओं के बीच संक्रमण संभावनाओं का अनुमान क्षेत्रीय अवलोकनों, प्रकाशित सूचनाओं तथा प्रवर्धन या पुनर्प्रवेश परीक्षणों से लगाया गया। जहाँ आँकड़े उपलब्ध थे, वहाँ पर्यावरणीय एवं जनसांख्यिकीय स्टोकेस्टिसिटी, आकस्मिक घटनाएँ, आवास में गिरावट तथा जलवायु-संबंधी परिवर्तन भी मॉडल में शामिल किए गए।

विभिन्न प्रबंधन परिदृश्यों का अनुकरण किया गया, जनसंख्या सुदृढ़ीकरण, नई उप-जनसंख्या की स्थापना, विभिन्न रोपण



Direct plant regeneration of *Hypericum perforatum*. a, b. Proliferation of leaf and internodal explants (b) grown on MS medium supplemented with 1.0 mg l^{-1} BA after 4 weeks of culture. c, d. Development of shoots from internodal and leaf explants on MS medium supplemented with 1.0 mg l^{-1} BA and 3% sucrose after 4 weeks of subculture. e. Elongation of shoots on MS liquid medium supplemented with 1.0 mg l^{-1} BA and 3% sucrose after 4 weeks of third subculture. f. Induction of roots from micro-shoots on half-strength MS medium supplemented with 1.0 mg l^{-1} IBA and 2% sucrose after three weeks of culture. g. *In vitro* raised plantlets acclimatized in distilled water and ready for transfer to greenhouse. h. *In vitro* raised plants grown in the greenhouse after 2 months of transfer.

चित्र 9: प्रयुक्त स्थूल एवं सूक्ष्म प्रवर्धन विधियाँ



Comparison of expected metapopulation change in M1 and M2 scenarios over 100 years. The mean and 95% confidence intervals of the means after 1000 replications are presented. Minimum and maximum populations are represented by red arrows. Some of the maximum confidence intervals and range are not shown to confine the scale of the curve for better representation.

चित्र 10: मेटापोपुलेशन मॉडलिंग के परिणाम

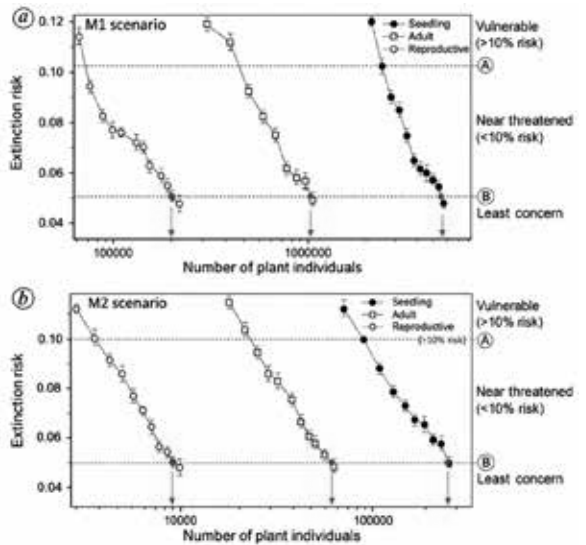
आकार, बार-बार रोपण तथा संपर्कता में सुधार शामिल थे। उपयुक्त समय-सीमा में विलुप्ति की संभावना, अपेक्षित जनसंख्या आकार, विलुप्ति तक का समय, जनसंख्या के बने रहने की संभावना तथा जनसांख्यिकीय मापदंडों के प्रति संवेदनशीलता का अनुमान लगाया गया (चित्र 10)। पौधों/बीजकों की इष्टतम संख्या उस न्यूनतम रोपण आकार की पहचान करके निर्धारित की गई, जिससे वास्तविक मृत्यु दर एवं व्यवधान की परिस्थितियों में जनसंख्या के बने रहने की पूर्वनिर्धारित संभावना प्राप्त हो सके।

10. हर्बेरियम निर्माण

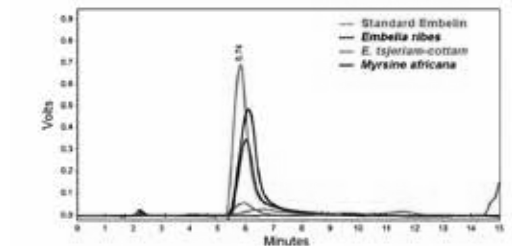
प्राकृतिक जनसंख्याओं से प्रतिनिधि वाउचर नमूने एकत्र किए गए। मानक हर्बेरियम प्रक्रियाओं के अनुसार इनका प्रसंस्करण किया गया, जिसमें आवश्यकतानुसार दबाना, सुखाना, विषाकीकरण/कीटाणुशोधन, माउंटिंग, लेबलिंग तथा अभिलेखीकरण (Accessioning) शामिल थे।

11. संकटग्रस्त पादप संरक्षणगार की स्थापना

CSIR-NBRI में एक संकटग्रस्त पादप संरक्षणगार (Threatened Plant Conservatory) को *Ex-situ* संरक्षण सुविधा के रूप में स्थापित किया गया (Haridasan et al., 2018)।



HPTLC fingerprint of *Berberis* spp. (methanol extract; mobile phase: *n*-butanol : glacial acetic acid : water 7 : 1.5 : 2) ratio visualized under (a) white light, (b) UV 254 nm, (c) 366 nm, and (d) after derivatization with ninhydrin-sulphuric acid reagent. Lane 1, *Berberis* standard (R_f 0.42); lanes 2-4, *Berberis* aristata; 5 and 6, *Berberis* unguiculata; lanes 7 and 9, *Berberis* lycium showing the presence of berberine.



HPLC profile of *E. ribes*, *E. tsjerum-cottam* and *Myrsine africana* with standard embelin. Overlay of HPLC profiles of the methanolic extracts of *E. ribes*, *E. tsjerum-cottam* and *Myrsine africana* with standard embelin C18 column (Kromasil, 250 × 4.6 mm); methanol : water : acetic acid : triethylamine (85 : 15 : 1 : 1.6 v/v/v/v, 280 nm).

चित्र 11: जैव-अन्वेषण से प्राप्त HPTLC एवं HPLC परिणाम

12. चयनित प्रजातियों का जैव-अन्वेषण: सतत उपयोग के माध्यम से संरक्षण

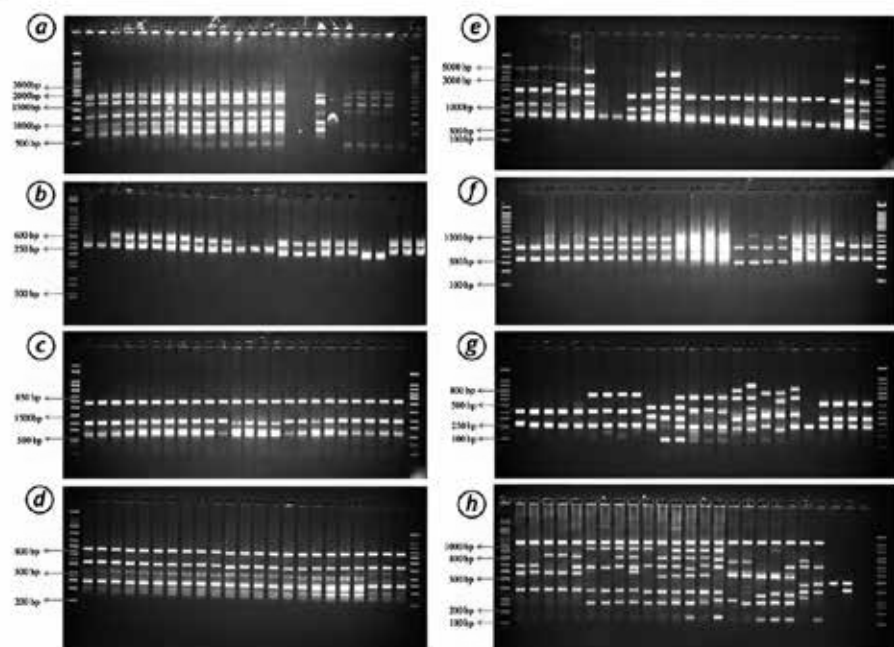
जैव-अन्वेषण केवल चयनित प्रजातियों के लिए किया गया (चित्र 11) तथा इसे लागू जैव विविधता, पहुँच एवं लाभ-साझाकरण तथा संस्थागत विनियमों के अनुरूप किया गया (Venkatsubramanyam et al., 2018)

13. आनुवंशिक विविधता अध्ययनों के आधार पर चयनित प्रजातियों का आनुवंशिक संवर्धन (Chrungoo et al., 2018)

चयनित प्रजातियों की प्रतिनिधि जनसंख्याओं में आनुवंशिक विविधता का आकलन किया गया। संगत पौधों की संख्या एवं जनसंख्याओं के बीच सुव्यवस्थित

Nucleotide sequence analysis with respect to the *matK* region of *Embelia ribes*, *Embelia floribunda* and *Embelia subcoracoe* from populations located in Meghalaya and Arunachal Pradesh

<i>matK</i>	Taxon	Indels	Sequence divergence (%)	CS (%)	VS (%)	PIS (%)	SS (%)	ii	si	sv	R (si/sv)
	<i>E. ribes</i> + <i>E. subcoracoe</i> + <i>E. floribunda</i>	0	4.09	86.67	13.32	11.23	2.08	828	15.00	21.0	0.70
	<i>E. ribes</i>	0	2.56	92.35	7.64	5.90	1.73	841	9.00	13.0	0.75
	<i>E. subcoracoe</i>	0	1.22	96.75	3.24	1.96	1.27	852	3.00	7.0	0.43
	<i>E. floribunda</i>	0	0.11	99.76	0.23	0.00	0.23	563	38.00	47.0	0.80



Agarose gel electrophoresis profile of ISSR amplification in *Embelia ribes*, *Embelia floribunda* and *Embelia subcoracoe* from Meghalaya and Arunachal Pradesh. Amplification profile with (a-h) primers: a, ISSR809; b, ISSR810; c, ISSR819; d, ISSR826; e, ISSR834; f, ISSR842; g, ISSR857; h, ISSR859. Ladder M, 50 bp/100 bp represented in left side and 1st well of all gel pictures.

चित्र 12: *Embelia* प्रजातियों में आनुवंशिक संवर्धन हेतु आनुवंशिक विविधता का अध्ययन।

जनसंख्या सुदृढ़ीकरण अथवा संकरण के माध्यम से आनुवंशिक संवर्धन किया गया (चित्र 12)।

14. प्रजनन संबंधी बाधाओं का समाधान

प्रजातियों में बीज उत्पादन में विफलता के कारणों को समझने के लिए प्रजनन जीवविज्ञान संबंधी अध्ययन किए गए।

निष्कर्ष

उपरोक्त तीनों पर्यावरणीय चुनौतियों के समाधान के लिए विकसित की गई तीनों प्रौद्योगिकियों का विभिन्न स्तरों पर सफलतापूर्वक प्रायोगिक परीक्षण एवं प्रदर्शन किया जा चुका है। स्थानीय परिस्थितियों एवं आवश्यकताओं को ध्यान में रखते हुए इन प्रौद्योगिकियों का व्यापक स्तर पर विस्तार (Upscaling) तथा नए क्षेत्रों के लिए अनुकूलन किया जाना आवश्यक है। इन प्रौद्योगिकियों को लोकप्रिय बनाने के लिए प्रभावी जागरूकता एवं प्रशिक्षण गतिविधियाँ इनके सफल विस्तार एवं व्यापक स्तर पर अपनाए जाने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाएंगी।

आभार

मैं अपने सहयोगी, पूर्वोत्तर पर्वतीय विश्वविद्यालय (NEHU), शिलांग के जैव प्रौद्योगिकी एवं जैव-सूचना विज्ञान विभाग के प्रो. एस.आर. जोशी, तथा पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय (MoEF&CC) के जी.बी. पंत राष्ट्रीय हिमालयी पर्यावरण संस्थान की NMHS परियोजना के सह-प्रधान अन्वेषक (CO-PI), प्रो. किरणमय शर्मा, इंद्रप्रस्थ विश्वविद्यालय, नई दिल्ली, तथा DBT द्वारा वित्तपोषित संकटग्रस्त पादप संरक्षण परियोजना के प्रधान अन्वेषकों (PIs) एवं सह-प्रधान अन्वेषकों (CO-PIs) के योगदान के लिए आभार व्यक्त करता हूँ। इन कार्यों में संलग्न मेरे सभी शोधार्थियों के योगदान को भी सादर एवं कृतज्ञतापूर्वक स्वीकार करता हूँ, जिनमें डॉ. विशुफुली म्येलिएमनौप, वैज्ञानिक, जी.बी. पंत राष्ट्रीय हिमालयी पर्यावरण संस्थान, पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय (MoEF&CC) का विशेष योगदान रहा है। इस आलेख में वर्णित कार्य जैव

प्रौद्योगिकी विभाग (DBT) तथा पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय (MoEF&CC) की NMHS परियोजना से प्राप्त वित्तीय सहायता से किए गए।

संदर्भ

1. अधिकारी, डी., बारिक, एस. के., एवं उपाध्याय, के. (2012)। *Ilex khasiana Purk.*, उत्तर-पूर्वी भारत की एक अत्यंत संकटग्रस्त वृक्ष प्रजाति के पुनर्प्रवेश हेतु आवास वितरण मॉडलिंग। *Ecological Engineering*, 40, 37–43।
2. अधिकारी, डी., रेशी, जेड., दत्ता, बी. के., सामंत, एस. एस., छेत्री, ए., उपाध्याय, के., शाह, एम. ए., सिंह, पी. पी., तिवारी, आर., मजूमदार, के., प्रधान, ए., ठाकुर, एम. एल., सलाम, एन., ज़हूर, जेड., मीर, एस. एच., कलू, जेड. ए., एवं बारिक, एस. के. (2018)। पारिस्थितिक निकेतन मॉडलिंग के माध्यम से नई आबादियों का सूचीकरण एवं लक्षण-निर्धारण, जिससे संकट आकलन में सुधार हुआ। *Current Science*, 114, 519–531।
3. बारिक, एस. के., राव, बी. आर. पी., हरिदासन, के., अधिकारी, डी., सिंह, पी. पी., एवं तिवारी, आर. (2018A)। IUCN मानदंडों का उपयोग करते हुए भारत की संकटग्रस्त प्रजातियों का वर्गीकरण। *Current Science*, 114, 588–595।
4. बारिक, एस. के., राव, पी., त्रिपाठी, आर. एस., एवं पांडे, एच. एन. (1996B)। विशोभ के संदर्भ में उत्तर-पूर्वी भारत के आर्द्र उपोष्णकटिबंधीय वन में वृक्ष पौधशाला (seedling) आबादी की गतिशीलता। *Canadian Journal of Forest Research*, 26(4), 584–589।
5. बारिक, एस. के., तिवारी, ओ. एन., अधिकारी, डी., सिंह, पी. पी., तिवारी, आर., एवं बरुआ, एस.

- (2018B)। भारत के संकटग्रस्त पादपों के भौगोलिक वितरण का प्रतिरूप एवं उनके संरक्षण हेतु उठाए गए कदम। *Current Science*, 114, 470–503।
6. बारिक, एस. के., त्रिपाठी, आर. एस., पांडे, एच. एन., एवं राव, पी. (1996A)। उपोष्णकटिबंधीय आर्द्र वन में वृक्षों का पुनर्जनन: बीज उत्पादन, प्रसार एवं अंकुरण पर मानवीय/सांस्कृतिक विक्षोभ का प्रभाव। *Journal of Applied Ecology*, 33, 1551–1560।
 7. छूंगू, एन. के., राउत, जी. आर., बालासुब्रमणि, एस. पी., राजशेखरन, पी. ई., हरिदासन, के., राव, बी. आर. पी., मंजुनाथ, आर., नागदुवार, जी., वेंकटसुब्रमणियन, पी., नोंगबेट, ए., हिन्नीवटा, एम., स्वैन, डी., सलम्मा, एस., सौरवी, के., जेना, एस. एन., एवं बारिक, एस. के. (2018)। आणविक मार्करों का उपयोग करके संकटग्रस्त पादपों की वर्गिकी पहचान स्थापित करना तथा संरक्षण हेतु आनुवंशिक रूप से विविध आबादियों का चयन। *Current Science*, 114, 539–553।
 8. हरिदासन, के., माओ, ए. ए., जनार्दनम, एम. के., पांडे, ए. के., बारिक, एस. के., श्रीवास्तव, एस. के., पांडा, पी. सी., गीता, एस., बोर्थाकुर, एस. के., दत्ता, बी. के., एवं राव, बी. आर. पी. (2018)। संकटग्रस्त पादपों के संरक्षण में पादप वर्गिकी, हर्बेरियम एवं क्षेत्रीय जर्मप्लाज्म बैंक का योगदान: हिमालय तथा पूर्वी एवं पश्चिमी घाटों के केस अध्ययन। *Current Science*, 114, 512–518।
 9. लिंगदोह, एम. के., छेत्री, ए., अधिकारी, डी., एवं बारिक, एस. के. (2018)। संरक्षण स्थिति का आकलन करने तथा न्यूनतम व्यवहार्य आबादी के आकार का निर्धारण करने हेतु संकटग्रस्त पादपों का मेटापोपुलेशन मॉडलिंग। *Current Science*, 114, 532–538।
 10. माइल्लिमनगाप, डब्ल्यू., एवं बारिक, एस. के. (2019)। कोयला खनन से उत्पन्न विक्षोभ के बाद 50 वर्षों की पुनर्प्राप्ति के पश्चात भी आर्द्र उपोष्णकटिबंधीय घासभूमि में पादप विविधता, शुद्ध प्राथमिक उत्पादकता एवं मृदा पोषक तत्वों की मात्रा निम्न बनी रही। *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 697।
 11. माइल्लिमनगाप, डब्ल्यू., नाथ, डी., एवं बारिक, एस. के. (2015)। मानवजनित विक्षोभ के पश्चात उत्तर-पूर्वी भारत के पर्वतीय उपोष्णकटिबंधीय चौड़ी पत्ती वाले वन की पुनर्प्राप्ति के दौरान वनस्पति एवं नाइट्रोजन खनिजीकरण में परिवर्तन। *Ecological Research*।
 12. पांडा, पी. सी., कुमार, एस., सिंह, जे. पी., गजुरेल, पी., कामिला, पी. के., काशुंग, एस., कुलौली, आर. एन., सिंह, पी. पी., अधिकारी, डी., एवं बारिक, एस. के. (2018)। संकटग्रस्त प्रजातियों के संरक्षण हेतु वृहद् प्रवर्धन एवं बीज अंकुरण तकनीकों में सुधार। *Current Science*, 114, 562–566।
 13. राल्टे, वी., पांडे, एच. एन., बारिक, एस. के., त्रिपाठी, आर. एस., एवं प्रभु, एस. डी. (2005)। उत्तर-पूर्वी भारत के उपोष्णकटिबंधीय सदाबहार वन पारिस्थितिकी तंत्र में स्थानांतरित कृषि एवं बागवानी पद्धतियों के संबंध में सूक्ष्मजीवी जैवभार एवं गतिविधि में परिवर्तन। *Acta Oecologica*, 28, 163–172।
 14. सरमा, के., एवं बारिक, एस. के. (2011)। भारत के मेघालय स्थित नोकरेक जैवमंडल आरक्षित क्षेत्र की वनस्पति पर कोयला खनन का प्रभाव। *Biodiversity*, 12(3), 154–164।
 15. तिवारी, आर., सिंह, एच., अधिकारी, डी., सिंह, पी. पी., एवं बारिक, एस. के. (2020)। *Aconitum haridasanii* (Ranunculaceae) की खोज: अरुणाचल प्रदेश, भारत से एक नई प्रजाति। *Phytotaxa*, 440(3), 232–238।

16. उपाध्याय, के., बारिक, एस. के., अधिकारी, डी., बैश्य, आर., एवं लाकाडोंग, एन. जे. (2009)। उत्तर-पूर्वी भारत में एक अत्यंत संकटग्रस्त एवं स्थानिक वृक्ष प्रजाति (*Ilex khasiana Purk.*) की पुनर्जनन पारिस्थितिकी एवं आबादी की स्थिति। *Journal of Forestry Research*, 20(3), 223–228।
17. वेंकटसुब्रमणियन, पी., बालासुब्रमणि, एस. पी., नंदी, एस. के., एवं तारिक, एम. (2018)। उत्कृष्ट जर्मप्लाज्म की पहचान हेतु जैवसक्रिय मेटाबोलाइट प्रोफाइलिंग: संकटग्रस्त औषधीय पादपों के संरक्षण की एक रणनीति। *Current Science*, 114, 554–561।

गो० ब० पंत स्मारक व्याख्यान

I

डॉ. एम. एस. स्वामीनाथन, निदेशक, सीआरएसएआरडी,
मद्रास-1991

II

डॉ. टी.एन. खुशबू, जवाहरलाल नेहरू फेलो, टीईआरआई, नई दिल्ली- 1992

III

श्री वी. राजगोपालन, उपाध्यक्ष, विश्व बैंक- 1993

IV

प्रोफेसर यू.आर. राव, सदस्य, योजना आयोग, नई दिल्ली-1994

V

डॉ. एस.जेड. कासिम, सदस्य, योजना आयोग, नई दिल्ली- 1995

VI

प्रोफेसर एस.के. जोशी, विक्रम साराभाई प्रोफेसर, पूर्व महानिदेशक,
सीएसआईआर और सचिव, डीएसआईआर, भारत सरकार- 1996

VII

प्रोफेसर के.एस. वल्लिया, भटनगर अनुसंधान प्रोफेसर, जेएनसीएसआर,
बैंगलोर- 1997

VIII

प्रोफेसर वी.के. गौर, प्रतिष्ठित प्रोफेसर, आईआईए, बैंगलोर- 1998

IX

प्रोफेसर एच.वाई. मोहन राम, आईएनएसए वरिष्ठ वैज्ञानिक, दिल्ली
विश्वविद्यालय, नई दिल्ली- 2000

X

प्रोफेसर जे. एस. सिंह, एमेरिटस प्रोफेसर, बीएचयू, वाराणसी- 2004

XI

प्रोफेसर माधव गादगिल, पारिस्थितिक विज्ञान केंद्र, आईआईएससी, बैंगलोर-
2005

XII

प्रोफेसर एस.एस. हांडा, पूर्व निदेशक, पीआरएल (सीएसआईआर), जम्मू-
2006

XIII

डॉ. लालजी सिंह, डायरेक्टर, सीसीएमबी, हैदराबाद- 2007

XIV

प्रोफेसर रोहम नरसिम्हा, चेयरमैन, एफएमयू, जेएनसीएसआर, बैंगलोर-
2008

XV

डॉ. आर. एस. टोलिया, मुख्य सूचना आयुक्त, उत्तराखंड सरकार, देहरादून-
2009

XVI

प्रोफेसर राघवेंद्र गडगकर, सीईएस और सीसीएस, आईआईएससी, बैंगलोर- 2010

XVII

प्रोफेसर वी. नंजुंदैया, जेएनसीएसआर, बैंगलोर- 2011

XVIII

डॉ. किरिट एस. पारिख, आईआरएडी, नई दिल्ली & पूर्व सदस्य, योजना
आयोग- 2012

XIX

प्रोफेसर जयन्त बंधोपाध्याय, पूर्व प्रो. एवं प्रमुख, आईआईएम, कलकत्ता-
2013

XX

प्रोफेसर टी.एस. पपोला, औद्योगिक विकास अध्ययन संस्थान, नई दिल्ली-
2014

XXI

डॉ. डेवडि मोल्डन, महानिदेशक, आईसीआईएमओडी, नेपाल- 2015

XXII

डॉ. विजय राघवन, सचिव, जैव प्रौद्योगिकी विभाग, नई दिल्ली-2016

XXIII

प्रोफेसर एस.पी. सिंह, पूर्व कुलपति, एचएनबी गढ़वाल विश्वविद्यालय,
उत्तराखंड- 2017

XXIV

प्रोफेसर पी.एस. रॉय, पूर्व निदेशक, भारतीय रिमोट सेंसिंग संस्थान, देहरादून-
2018

XXV

प्रोफेसर रमन सुकुमार, पारिस्थितिकी के प्रोफेसर, भारतीय विज्ञान संस्थान,
बैंगलोर- 2019

XXVI

प्रोफेसर तेज प्रताप, कुलपति जी.बी. पंत कृषि एवं प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय,
पंतनगर- 2020

XXVII

डॉ. आर. राघवेंद्र राव, अध्यक्ष, कर्नाटक राज्य पर्यावरण मूल्यांकन समिति-
2021

XXVIII

डॉ. नवीन जुयाल, पूर्व वरिष्ठ वैज्ञानिक,
भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला, अहमदाबाद, गुजरात, भारतीय भूभौतिकीय
संघ के फेलो- 2022

XXIX

प्रोफेसर मोहम्मद लतीफ खान, विशिष्ट वरिष्ठ प्राध्यापक वनस्पति विज्ञान, डॉ.
हरिसिंह गौर विश्वविद्यालय (सेंट्रल यूनिवर्सिटी), सागर, मध्य प्रदेश

XXX

प्रोफेसर ज़फ़र अहमद रेशी, प्रोफेसर, कश्मीर विश्वविद्यालय,
वनस्पति विज्ञान विभाग, श्रीनगर

XXXI

डॉ. गोपाल सिंह रावत, भारतीय वन्यजीव संस्थान, देहरादून