



आंशिक प्रतिकृति अभिकल्पनाओं की संरचना विधि

एल.एन. विनयकुमार¹, सिनी वर्गीस¹, सीमा जग्गी², एल्धो वर्गीस³, मोहम्मद हारुन¹,
सायंतनी कर्माकर¹, देवेन्द्र कुमार¹

सारांश

पृष्ठभूमि: पौधों के प्रजनन कार्यक्रमों में प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण (EGBTs) बहुत महत्वपूर्ण हैं। अधिकतर मामलों में, बहुत कम उपलब्ध संसाधनों के साथ बड़ी संख्या में प्रजनन लाइनों का परीक्षण करना होता है, और इन परीक्षणों को कई वातावरणों में दोहराने की भी आवश्यकता होती है। ऐसे परीक्षणों के लिए, आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पना एक विकल्प के रूप में है, जहां प्रत्येक पर्यावरण में परीक्षण लाइनों के अनुपात को दोहराया जाता है।

विधियाँ: यहां, प्रारंभिक खण्डों के माध्यम से समान खण्ड आकारों में EGBTs के लिए दक्ष आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं की एक श्रृंखला की संरचना हेतु एक सामान्य विधि विकसित की गई है।

परिणाम: सभी वातावरणों को एक साथ लेते हुए, प्राप्त अभिकल्पनाएं समान-प्रतिकृति हैं तथा आंशिक रूप से संतुलित हैं। वे संसाधनों के मामले में लागत प्रभावी हैं क्योंकि उन्हें कम प्रतिकृति की आवश्यकता होती है।

शब्द कुंजी: प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण, बहु-पर्यावरण परीक्षण, आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाएं, आंशिक रूप से संतुलित।

A Method of Constructing p-rep Designs

L.N. Vinaykumar¹, Cini Varghese¹, Seema Jaggi², Eldho Varghese³, Mohd Harun¹,
Sayantani Karmakar¹, Devendra Kumar¹

10.18805/BKAP561

ABSTRACT

Background: Early generation breeding trials (EGBTs) are very important in plant breeding programmes. In most cases, a large number of breeding lines are to be tested, often with very few available resources and it is also required to repeat these trials in a number of environments. For such trials, an alternative is to use partially replicated designs, where a proportion of the test lines are replicated at each environment.

Methods: Here, a general method of constructing a series of efficient partially replicated designs for EGBTs in equal block sizes, through initial blocks is developed.

Result: Taking all environments together, the designs obtained are equi-replicate and are partially balanced. They are cost effective in terms of resources as they require lesser replications.

Key words: Early generation breeding trials, Multi-environmental trials, Partially balanced, Partially replicated designs.

परिचय

बहु पर्यावरण परीक्षण का उपयोग अक्सर पादप प्रजनन में विविध लक्ष्य क्षेत्र में अलग-अलग पर्यावरणीय परिस्थितियों में लाइनों का मूल्यांकन करने के लिए किया जाता है। प्रजनन एक ऐसी अभिकल्पना चुनना चाहेगा जो आनुवंशिक लाभ को अधिकतम करे ताकि उपलब्ध संसाधनों का उपयोग पादप प्रजनन परीक्षणों के आयोजन के दौरान यथासंभव दक्षता से किया जा सके। यह प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षणों के मामले में, जहां संसाधन दुर्लभ हैं, विशेष रूप से सही है। नई लाइनों या परीक्षण लाइनों की संख्या अपेक्षाकृत बड़ी होती है, प्रयोग के लिए प्रदान की गई आनुवंशिक सामग्री पूरी परीक्षण

¹ICAR-Indian Agricultural Statistics Research Institute, Pusa-110 012, New Delhi, India.

²Human Resource Development, Krishi Anusandhan Bhavan II, ICAR, New Delhi-110 012, India.

³Division of Fishery Resources Assessment, ICAR-Central Marine Fisheries Research Institute, Kochi-682 018, Kerala, India.

Corresponding Author: Sayantani Karmakar, ICAR-Indian Agricultural Statistics Research Institute, Pusa-110 012, New Delhi, India. Email: sayantanikarmakar20@gmail.com

How to cite this article: Vinaykumar, L.N., Varghese, C., Jaggi, S., Varghese, E., Harun, M., Karmakar, S. and Kumar, D. (2023). A Method of Constructing p-rep Designs. *Bhartiya Krishi Anusandhan Patrika*. 38(3): 223-226. doi: 10.18805/BKAP561.

Submitted: 13-07-2022 **Accepted:** 02-06-2023 **Online:** 04-10-2023

लाईनों को एक साथ दोहराने के लिए अपर्याप्त हो सकती है और इससे क्षेत्र की कमी हो सकती है। कई शोधकर्ताओं ने पादप-प्रजनन कार्यक्रमों में ग्रीड-प्लॉट अभिकल्पनाओं के उपयोग पर जोर दिया है। वे पंक्ति-स्तंभ अभिकल्पनाएं हैं जो ज्ञात व्यावसायिक किस्मों की प्रतिकृति का उपयोग करती हैं, किस्मों एवं बिना प्रतिकृति वाले परीक्षण की लाईनों की जाँच करते हैं (केम्पटन, 1982)। ग्रीड-प्लॉट अभिकल्पनाओं के विकल्प के रूप में, कलिस और अन्य (2006) ने हल किए गए पंक्ति-स्तंभ अभिकल्पनाओं को प्रस्तावित किया, जिन्हें उन्होंने आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाएं कहा, जहां परीक्षण लाईनों की $p\%$ को जाँच किस्मों को प्रतिस्थापित करने के लिए प्रतिकृत किया जाता है।

आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाएं ग्रीड-प्लॉट अभिकल्पनाओं की तुलना में प्रजनन लाईनों के चयन हेतु सटीकता में सुधार करते हैं। हाल के वर्षों में, शोधकर्ताओं ने पादप प्रजनन कार्यक्रमों में आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं के उपयोग पर जोर दिया है। अनाज की गुणवत्ता परीक्षण के लिए, स्मिथ और अन्य (2009) ने आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पना का प्रस्ताव दिया। यह अनाज की उपज और अनाज की गुणवत्ता के लक्षणों, दोनों के लिए दक्ष मिश्रित मॉडल विश्लेषण के उपयोग को सक्षम बनाता है। क्लार्क और स्टेफानोवा (2011) द्वारा प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण के लिए इष्टतम अभिकल्पना जिसमें बिना प्रतिकृति या केवल आंशिक रूप से प्रतिकृति परीक्षण रेखाएँ सम्मिलित हैं, विकसित किए गए थे। विलियम्स और अन्य, (2011) द्वारा दक्ष आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पना के लिए एक संरचना प्रक्रिया प्रारम्भ की गई है जो α -सरणी से अवयवों को हटाने पर आधारित है। विलियम्स और अन्य, (2014) ने आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं के चुनाव में अधिक लचीलेपन की अनुमति देने वाले आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं के अधिक व्यापक वर्ग की संरचना करने के लिए इस दृष्टिकोण को और आगे बढ़ाया। इसके अतिरिक्त, मोहरिंग और अन्य, (2014) ने ट्राइटिकल और मक्का के प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पना के प्रदर्शन का अध्ययन। पिएफो और अन्य, (2016) ने दर्शाया है कि कैसे स्थानिक विचरण-सहप्रसरण संरचनाओं का उपयोग आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं सहित समान और असमान रूप से प्रतिकृत अभिकल्पनाओं के लिए पूरे क्षेत्र में उपचार प्रतिकृति के अधिक समान वितरण को प्राप्त करने के लिए किया जा सकता है। हारून और अन्य, (2016a,b) ने परीक्षण

बनाम नव-निर्मित लाईनों एवं परीक्षण लाईनों के बीच मूल्यांकन हेतु पूर्ण एवं आंशिक त्रि-पथ क्रॉस अभिकल्पनाओं की निर्माण विधि विकसित की है। हाल ही में, कुलिस और अन्य, (2020) ने 34 शीघ्र चरण के परीक्षणों का एक केस स्टडी प्रस्तुत किया। इसके बाद, सेर्मरिनी और अन्य, (2020) ने प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण के लिए आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पना तैयार कर परीक्षणात्मक स्थितियों की एक विस्तृत श्रृंखला के लिए मजबूत अभिकल्पनाओं की पहचान करने के लिए अनुरूपता परीक्षण किया।

इस लेख में हम प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण के लिए दक्ष आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं की एक श्रृंखला बनाने के लिए एक पद्धति प्रस्तुत करते हैं। इन अभिकल्पनाओं के मापदंडों का भी अध्ययन किया गया है।

प्रारंभिक

इस खण्ड में संरचना विधि के बारे में चर्चा करने से पहले कुछ महत्वपूर्ण परिभाषाएँ एवं प्रारंभिक जानकारी दी गई हैं।

चिह्न पद्धति

मान लीजिए कि एक परीक्षण कई वातावरणों में प्रतिकृत किया गया है। यहाँ प्रयुक्त संकेतन निम्नलिखित हैं v =लाईनों की संख्या, e =पर्यावरण की संख्या, b =खण्डों की संख्या, t =प्रतिकृति की संख्या और k =अपूर्ण खण्डों का अंतिम आकार।

आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाएं

आंशिक रूप से प्रतिकृति अथवा p-rep अभिकल्पनाएं ऐसी अभिकल्पनाएं होती हैं जिनमें प्रजनन परीक्षण सम्मिलित होती हैं और जिन्हें पूरे पर्यावरण में प्रतिकृत किए जाने की आवश्यकता होती है और प्रत्येक पर्यावरण में लाईनों के p प्रतिशत को प्रतिकृत किया जाता है। जब e परिवेश होते हैं, तो कोई एक परिवेश में प्रविष्टियों के $\left(\frac{1}{e}\right)$ वें भाग को इस प्रकार प्रतिकृत किया जा सकता है कि प्रत्येक प्रविष्टि का परीक्षण m परिवेशों में से एक में दो प्रतिकृति के साथ किया जाता है। इन अभिकल्पनाओं से अन्य अभिकल्पनाओं की तुलना में प्रजनन लाईनों के चयन की सटीकता में सुधार होने की संभावना है।

मॉडल एवं परीक्षणात्मक विन्यास

आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं की स्थिति को ध्यान में रखते हुए, ऐसे अभिकल्पनाओं के लिए परीक्षणात्मक मॉडल को इस प्रकार दिया जा सकता है: जहां उपचार के अनुरूप अवलोकन है:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

जहाँ,

$y_{ij} = j$ वे ($j=1, 2, \dots, b$) खण्ड में i वे ($i=1, 2, \dots, v$) उपचार के अनुरूप अवलोकन हैं।

$\mu =$ सामान्य माध्य प्रभाव हैं।

$\tau_i = i$ वा उपचार प्रभाव हैं।

$\beta_j = j$ वा खण्ड प्रभाव हैं।

$\varepsilon_{ij} =$ यादृच्छिक त्रुटि घटक है जो $\text{iid}N(0, \sigma^2)$ का अनुसरण करता है। इस आलेख के बाद के खंड में, शब्द "लाईन" एवं उपचार समान रूप से उपयोग किए गए हैं।

संरचना विधि

इस अनुसंधान पद्धति का विकास वर्ष 2021–2022 में भा०कृ० अ०प – भारतीय कृषि सांख्यिकी अनुसंधान संस्थान, नई दिल्ली के परीक्षण अभिकल्पना विभाग में किया गया था।

उपचार संरचना $v=s(s-1)$ के साथ प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण के लिए आंशिक रूप से प्रतिकृति (p-rep) अभिकल्पना की एक श्रृंखला नीचे दिए गए चरणों का उपयोग करके प्राप्त की जा सकती है:

प्रथम चरण: $v=s^2$ उपचारों पर विचार करें, जहाँ $s \geq 5$ अवयवों के साथ एक विषम अभाज्य या $(1, 2, \dots, s)$ अवयवों की अभाज्य घात हो। तब, प्रारंभिक पंक्तियों का उपयोग करते हुए, $s \times s$ आकार के $(s-1)$ वर्ग सारणियों की संरचना प्रारंभिक पंक्तियों का उपयोग करके निम्नानुसार करें:

- प्राकृतिक क्रम में s अवयवों की पहली प्रारंभिक पंक्ति लें।
- पहली प्रविष्टि को अपरिवर्तित रखते हुए, पिछली प्रारंभिक पंक्तियों के बाद की प्रत्येक आने वाली प्रविष्टियों में क्रमशः $\text{mod } s$ के साथ $1, 2, \dots, s-1$ की वृद्धि जोड़ें।
- इन प्रारंभिक पंक्तियों को चक्रीय रूप से $(\text{mod } s)$ के साथ विकसित करें ताकि प्रत्येक के लिए $s \times s$ आकार की $(s-1)$ वर्ग सारणियाँ प्राप्त की जा सकें।

द्वितीय चरण: s^2 उपचारों को $s \times s$ सारणी में व्यवस्थित करें और इसे चरण 1 में विकसित $(s-1)$ सारणियों पर अधिरोपित करें।

तृतीय चरण: संबंधित s वे स्तम्भ में प्रविष्टियों के रूप में किसी विशेष s वे प्रतीक के लिए सामान्य उपचार संख्याओं पर विचार करके चरण 2 में आरोपित सारणी से $s \times s$ क्रम की एक और $(s-1)$ नई सारणी विकसित करें।

चतुर्थ चरण: चरण 3 में प्राप्त सारणियों से s^2 उपचारों के अंतिम s अवयवों वाली पंक्ति को हटा दें।

पंचम चरण: अंत में, चरण 4 में $(s-1)$ सारणियों से क्रमशः पहली, दूसरी, ..., $(s-1)$ वीं पंक्ति को हटाकर और पहले $(\frac{s-1}{2})$ को पर्यावरण 1 से, और शेष पर्यावरण 2 से जोड़कर परिणामी

आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाएं प्राप्त करें। संबंधित सारणियों की पंक्तियाँ मापदंडों $v=s(s-1)$ उपचारों की संख्या, प्रत्येक उपचार को 3 बार प्रतिकृत किया जाता है अर्थात्, $r=3$, $e \geq 2$ पर्यावरण की संख्या, खण्ड आकार $k=s-2$ वाले $b=s(s-1)$ खण्डों की संख्या के साथ परिणामी अभिकल्पनाओं के खण्ड बनाती हैं।

चित्रण: मान लीजिए $s=5, v=25$ उपचारों को जन्म देता है। $s \times s$ क्रम की चार सारणियों की संरचना चक्रीय रूप से 4 प्रारंभिक पंक्तियों $(1, 2, 3, 4, 5)$, $(1, 3, 5, 2, 4)$, $(1, 4, 2, 5, 3)$ और $(1, 5, 4, 3, 2)$ को विकसित करके इस प्रकार की गई है:

1	2	3	4	5	1	3	5	2	4	1	4	2	5	3	1	5	4	3	2
2	3	4	5	1	2	4	1	3	5	2	5	3	1	4	2	1	5	4	3
3	4	5	1	2	3	5	2	4	1	3	1	4	2	5	3	2	1	5	4
4	5	1	2	3	4	1	3	5	2	4	2	5	3	1	4	3	2	1	5
5	1	2	3	4	5	2	4	1	3	5	3	1	4	2	5	4	3	2	1

अब, पिछली चार सारणियों पर 25 उपचारों की 5×5 सारणी को सुपरइम्पोज करके जैसा कि चरण 3 में बताया गया है अन्य चार नई सारणियाँ विकसित करें, इसे नीचे दिया गया है:

1	2	3	4	5	1	4	2	5	3	1	3	5	2	4	1	5	4	3	2
10	6	7	8	9	8	6	9	7	10	9	6	8	10	7	7	6	10	9	8
14	15	11	12	13	15	13	11	14	12	12	14	11	13	15	13	12	11	15	14
18	19	20	16	17	17	20	18	16	19	20	17	19	16	18	19	18	17	16	20
22	23	24	25	21	24	22	25	23	21	23	25	22	24	21	25	24	23	22	21

प्रत्येक सारणी से अंतिम पंक्ति हटाएं और पुनः, संबंधित चार सारणी से पहली, दूसरी, तीसरी और चौथी पंक्तियों को हटाएं। पंक्तियों को खण्ड के रूप में देखते हुए, पहली दो सारणियों को पर्यावरण 1 और अन्य दो सारणियों को पर्यावरण 2 से संबद्ध करें ताकि प्राचल $v=20, e=2, b=20, r=3$ और $k=3$ के साथ आंशिक रूप से प्रतिकृति (चदृतमच) अभिकल्पना नीचे दिखाये अनुसार प्राप्त की जा सके:

पर्यावरण-1										पर्यावरण-2									
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
1	2	3	4	5	1	4	2	5	3	1	3	5	2	4	7	6	10	9	8
10	6	7	8	9	8	6	9	7	10	12	14	11	13	15	13	12	11	15	14
14	15	11	12	13	17	20	18	16	19	20	17	19	16	18	19	18	17	16	20

उपरोक्त अभिकल्पनाओं का औसत विचरण और कैनोनिकल दक्षता कारक क्रमशः 1.2923 और 0.5158 हैं। जैसे-जैसे संख्या रेखाएं बढ़ती हैं, अभिकल्पनाओं की कैनोनिकल दक्षता

कारक भी बढ़ती हैं। उदाहरण के लिए, कैनोनिकल दक्षता कारक $v=20$ लाइनों के लिए 0.5152 और $v=42$ लाइनों के लिए 0.7943 है।

परिचर्चा

प्रारंभिक पीढ़ी के प्रजनन परीक्षण में, विभिन्न वातावरणों में बड़ी संख्या में (>1000) प्रजनन लाइनों या प्रविष्टियों का मूल्यांकन समान्यतः 4 और प्रत्येक पर्यावरण में प्रतिकृति के साथ 2 से कम करने की आवश्यकता होती है। संसाधनों और बीज की कमी जैसी सीमा पर्यावरण और प्रत्येक प्रजनन रेखा के लिए भूखंडों की संख्या कम कर देती है। ऐसी स्थितियों में, आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पनाओं में अच्छी अनुप्रयोग क्षमता होती है और इसका लाभप्रद उपयोग किया जा सकता है। इस प्रकार की अभिकल्पनाओं हेतु एक संरचना प्रक्रिया विलियम्स और अन्य (2011, 2014) द्वारा दी गई, जो जटिल और समय लेने वाली थी। यहां, आंशिक रूप से प्रतिकृति अभिकल्पना की संरचना हेतु एक नई पद्धति प्रस्तावित की गई है, जो उनकी अनुप्रयोग क्षमता में वृद्धि करते हुए, विलियम्स और अन्य (2011, 2014) द्वारा दी गई पद्धति की तुलना में आसान है।

संदर्भ

- Clarke, G.P.Y. and Stefanova, K.T. (2011). Optimal design for early generation plant breeding trials with unreplicated or partially replicated test lines. *Australian and New Zealand Journal of Statistics*. 53(4): 461-480.
- Cullis, B.R., Smith, A.B. and Coombes, N.E. (2006). On the design of early generation variety trials with correlated data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*. 11(4): 381-393.
- Cullis, B.R., Smith, A.B., Cocks, N.A. and Butler, D.G. (2020). The design of early-stage plant breeding trials using genetic relatedness. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*. 25(4): 553-578.
- Harun, M., Varghese, C., Varghese, E. and Jaggi, S. (2016a). Three-way cross designs for test lines vs. control line comparisons. *Electronic Journal of Plant Breeding*. 7(1): 42-47.
- Harun, M., Varghese, C., Jaggi, S., Varghese, E., Bhowmik, A., Datta, A. and Kumar, N. (2016b). Designs for breeding trials involving trial crosses. *Bhartiya Krishi Anushandhan Patrika*. 31(2): 158-160.
- Kempton, R.A. (1982). The design and analysis of unreplicated field trials. *Vortrage fur Panzenzuchtung*. 7: 219-242.
- Moehring, J., Williams, E.R. and Piepho, H.P. (2014). Efficiency of augmented p-rep designs in multi-environmental trials. *Theoretical and Applied Genetics*. 127(5): 1049-1060.
- Piepho, H.P., Williams, E.R. and Michel, V. (2016). Nonresolvable row-column designs with an even distribution of treatment replications. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*. 21(2): 227-242.
- Smith, A.B., Thompson, R. and Cullis, B.R. (2009). Embedded partially replicated designs for grain quality testing. [Conference paper - <https://ro.uow.edu.au/infopapers/2073>].
- Sermarini, R.A., Brien, C., Demétrio, C.G.B. and dos Santos, A. (2020). Impact on genetic gain from using misspecified statistical models in generating p rep designs for early generation plant breeding experiments. *Crop Science*. 60(6): 3083-3095.
- Williams, E., Piepho, H.P. and Whitaker, D. (2011). Augmented p rep designs. *Biometrical Journal*. 53(1): 19-27.
- Williams, E.R., John, J.A. and Whitaker, D. (2014). Construction of more flexible and efficient p-rep designs. *Australian and New Zealand Journal of Statistics*. 56(1): 89-96.