NEW ERA AGRICULTURE MAGAZINE

जंगली पौधों की जनसंख्या में अंत:प्रजनन अवसाद की अनुक्रमिक पारिस्थितिकी एवं इसका पौधे की प्रजनन प्रणालियों पर प्रभाव

नेतराम[1], राजवीर सिंह[2]

परिचय:-

अंत:प्रजनन द्वारा प्राप्त पौधों वाली सब्जियां, बाहरी पौधों की तुलना में कम प्रभावी थी, इससे आगे चलकर अंत:प्रजनन अवसाद के बारे मे जानकारी मे मदद मिली, जोकि केवल पौधों तक ही सीमित नहीं थी; सभी द्विगुणित और बहुगुणित जीवो द्वारा इस घटना को प्रदर्शित किया जा सकता हैं। एक शताब्दी के बाद, जनसंख्या आनुवंशिकी के विकास ने अंत:प्रजनन अवसाद का एक तर्कसंगत और यंत्रवत मॉडल प्रदान किया (Charlesworth and Charlesworth, 2010)। प्राकृतिक जनसंख्या में अंत:प्रजनन अवसाद अपना एक बहुत सारे कारणों से केंद्रीय महत्व रखता है। अंत:प्रजनन अवसाद द्वारा चयनित लक्षण सबसे महत्वपूर्ण संभोग प्रणाली है जिसके द्वारा आसानी से अंत:प्रजनन अवसाद आउटब्रीडिंग रणनीतियों का चयन करके अंत:प्रजनन के हानिकारक प्रभावों से बचने मे मदद करेगा। पौधे के वर्तिकाग्र पर अंकुरित होने वाले पराग के स्व-प्रजनन से बचने यह एक कुशल और व्यापक तंत्र स्व-असंगति प्रणाली है (Nettancourt , 1977)। जब अंत:प्रजनन अवसाद सस्ता होता है, तो स्व- प्रजनन फायदेमंद हो सकता है जिसे स्व-निषेचन पौधों (उदाहरण के लिए, Winn and Moriuchi, 2009) या जानवरों (Ostrowski at al., 2003) द्वारा अपनाया जाता है। एक लक्षण उस लक्षण के लिए कोडिंग करने वाले एलील के प्रभुत्व के आधार पर अंत:प्रजनन अवसाद पर निर्भर होगा और ऐसे एलील की आवृत्ति नियमित अंत:प्रजनन के साथ बदल सकती इस प्रकार पौधों में क्योंकि पौधे अधिकांशत: उभयलिंगी होते हैं, उनमे नियंत्रित क्रॉस के माध्यम से प्रयोगात्मक रूप से अंत:प्रजनन और बहि:प्रजनन द्वारा संतान उत्पादन आसान है।

अंत:प्रजनन अवसाद की जनसंख्या आनुवंशिकी:

इसके अंतर्गत स्व-प्रजनन की फिटनेस जोकि आउटब्रेड संतानों की फिटनेस की तुलना में कम होती है जैसे कि यह मनुष्यों, कीटों, पक्षियों, मछलियों, क्रस्टेशियंस, फर्न और उच्च पौधों (Lynch and Walsh, 1997) एवं विभिन्न जीवों में दर्ज एक सर्वव्यापी घटना है। इनब्रीडिंग डिप्रेशन का कारण बढ़ी हुई होमोजाइगोसिटी है, जो क्रॉस के माध्यम से या स्व-प्रजनन के माध्यम से, जिनमें से बाद वाला नियमित इनब्रीडिंग के अंतिम रूप का प्रतिनिधित्व करता है।

अंत:प्रजनन अवसाद का आनुवंशिक आधार

इनब्रीडिंग डिप्रेशन के जनसंख्या आनुवंशिकी सिद्धांत को Charlesworth and Willis, (2009) के द्वारा संश्लेषित किया गया है सवाल यह है: किसी आबादी में होमोजाइगोसिटी बढ़ने के कारण फिटनेस मूल्यों में कमी के लिए आवश्यक आनुवंशिक विशेषताएँ क्या हैं? इसका उत्तर किसी आबादी में किसी भी विशेषता को एन्कोड करने वाले एकल लोकस पर विचार करके और उस आबादी की फिटनेस पर इनब्रीडिंग के

नेतराम[1], राजवीर सिंह[2]
[1](फार्म मैनेजर), कृषि महाविद्यालय, कुम्हेर, डीग
[2]सहायक आचार्य (शस्य विज्ञान), कृषि महाविद्यालय, कुम्हेर, डीग

तत्काल परिणामों का विश्लेषण करके निर्धारित किया जा सकता है। सरलता के लिए, हमने उभयलिंगी जीवों का उपयोग किया जो स्वयं प्रजनन करने में सक्षम हैं।

उत्परिवर्तन मापदंडों को मापने वाले अनुभवजन्य अध्ययनों ने निष्कर्ष निकाला है कि नए हानिकारक उत्परिवर्तन की दर प्रति पीढ़ी प्रति युग्म 0.1 से 1.0 की सीमा में होती अंतःप्रजनन अवसाद के जनसंख्या आनुवंशिकी सिद्धांत का निहितार्थ यह है कि यह स्थिर नहीं है और लक्षणों (जैसे, उत्परिवर्तन और प्रभुत्व) और चयन की आनुवंशिक संरचना पर निर्भर करता है, जो हानिकारक एलील की आवृत्ति को कम करता है। बड़ी आबादी में उत्परिवर्तन/चयन संतुलन पर हानिकारक एलील को बनाए रखने की उम्मीद की जाती है।

अंतःप्रजनन अवसाद का निवारण अथवा जनसंख्या अंतःप्रजनन के साथ अंतःप्रजनन अवसाद किस प्रकार बदलता है:

अंतःप्रजनन अवसाद का आनुवंशिक आधार यह बताता है कि यह आबादी में नियमित अंतःप्रजनन के साथ बदल सकता है। जब हानिकारक अप्रभावी उत्परिवर्तन अंतःप्रजनन अवसाद का कारण बनते हैं, तो अंतःप्रजनन अवसाद (δ) की मात्रा हानिकारक उत्परिवर्तन की आवृत्ति पर निर्भर करती है। आंशिक प्रभुत्व की परिकल्पना के तहत, शुद्धिकरण प्रक्रिया के द्वारा अंतःप्रजनन आबादी में हानिकारक उत्परिवर्तनों की आवृत्ति को कम केआर सकते है, एवं आउटक्रॉसिंग आबादी में हानिकारक उत्परिवर्तन विषमयुग्मी अवस्था में बनाए रखा जा सकता है क्योंकि उनका फिटनेस पर बहुत कम प्रभाव पड़ता है, अंतःप्रजनन आबादी से अपेक्षा की जाती है कि वे उस आबादी में उच्च शुद्धिकरण का सिद्धांत अंतःप्रजनन अवसाद की जनसंख्या आनुवंशिकी के लिए केंद्रीय रहा है और यह भविष्यवाणी करता है कि बाहरी पारियों को स्व-प्रजनन आबादी की तुलना में अधिक मजबूत अंतःप्रजनन अवसाद प्रदर्शित करना चाहिए। जनसंख्या स्व-प्रजनन दर (Charlesworth at al., 1990 ; Charlesworth and Willis, 2009) के एक फ़ंक्शन के रूप में पूरे जीनोम पर अंतःप्रजनन अवसाद की मात्रा की भविष्यवाणी करने के लिए मल्टीलोकस मॉडल विकसित किए गए हैं। हालाँकि आंशिक प्रभुत्व जंगली आबादी में अंतःप्रजनन अवसाद के लिए जिम्मेदार हो सकता है, इसलिए यह ध्यान रखना महत्वपूर्ण है कि अतिप्रजनन परिकल्पना में, अंतःप्रजनन अवसाद जनसंख्या स्व-प्रजनन दरों के साथ बढ़ने की उम्मीद है।

पौधों में अंतःप्रजनन अवसाद का अनुभवजन्य अनुमान

पौधों में अंतःप्रजनन अवसाद की फेनोटाइपिक अभिव्यक्ति:

उभयलिंगी पौधे अंतःप्रजनन अवसाद का अनुमान लगाने के लिए बहुत महतावपूर्ण हैं क्योंकि प्रयोगात्मक क्रॉस (जैसे, हाथ से परागण) आसानी से स्वपोषित संतान (एसआई प्रजातियों को छोड़कर) और एक ही मातृ पौधे से बाहरी संतान उत्पन्न करते है। वार्षिक पौधों में, यह जीवन चक्र के चार चरणों में पारंपरिक रूप से अनुमानित है: बीज सेट, अंकुरण, प्रजनन से पहले अस्तित्व, और अंतिम बायोमास या संतान संख्या के लिए एक प्रॉक्सी के रूप में फूलों की संख्या (Husband and Schemske 1996)। हालाँकि प्रयोगों की अवधि के कारण इस पैरामीटर का सीधे अनुमान लगाना अक्सर मुश्किल होता है, लेकिन इस बात के प्रमाण हैं कि उत्तरजीविता चरण इनब्रीडिंग डिप्रेशन (Delmas at al., 2014) के अधीन हो सकते

हैं, इस तथ्य के अनुसार कि बारहमासी ज़्यादातर आउटक्रॉस होते हैं (Morgan at al., 1997)।

क्या जनसंख्या स्वप्रजनन दर के साथ अंत:प्रजनन अवसाद कम हो जाता है?

Winn at al.,(2011) ने सुझाव दिया कि चयनात्मक हस्तक्षेप शुद्धिकरण को रोक सकता है और अनुभवजन्य अध्ययनों में देखे गए अंत:प्रजनन अवसाद और स्व-प्रजनन के बीच कमजोर संबंध की व्याख्या की। ये परिकल्पनाएं आगे सुझाव देती हैं कि अंत:प्रजनन अवसाद की गतिशीलता को हानिकारक उत्परिवर्तन मॉडल द्वारा पूरी तरह से कैप्चर नहीं किया गया है। प्रायोगिक क्रॉसिंग अक्सर कीट-रोधी ग्रीनहाउस में की जाती है और आउटक्रॉसिंग से अक्सर बड़ी मात्रा में पराग कण उत्पन्न होते हैं, इसलिए संभावना है कि क्रॉसिंग की कथित " सेल्फिंग " श्रेणी आउटक्रॉसिंग घटनाओं से प्रदूषित हो सकती है। पराग प्रदूषण को संतान की जीनोटाइपिंग के माध्यम से नियंत्रित किया जा सकता है, जो सटीक अंत:प्रजनन अवसाद अनुमानों के लिए आनुवंशिक मार्करों के उपयोग की वकालत करता है।जबकि हमारा अधिकांश सैद्धांतिक ज्ञान द्विगुणित पर आधारित है, पॉलीप्लॉइडी प्रजातियों में अंत:प्रजनन अवसाद का अनुमान लगाया गया है। Clo and Kolar, (2022) ने बताया कि फ़ायलोजेनेटिक रूप से युवा पॉलीप्लॉइड वंशों में उनके द्विगुणित रिश्तेदारों की तुलना में अंत:प्रजनन अवसाद की मात्रा कम होती है। फसलों में, Li and Brummer, (2009) सुझाव देते हैं कि कुछ टेट्राप्लॉइड में देखा गया उच्च अंत:प्रजनन अवसाद एक स्थान के भीतर बहु-एलीलिक अंत:क्रियाओं के तेजी से नुकसान का परिणाम हो सकता है।

अंत:प्रजनन अवसाद के क्षेत्र आकलन और अंत:प्रजनन अवसाद की पारिस्थितिकी:

डार्विन ने अपनी पुस्तक 'द इफेक्ट ऑफ क्रॉस-एण्ड सेल्फ-फर्टिलाइजेशन इन द वेजिटेबल किंगडम' मे बताया कि कई मामलों में इसका नतीजा यह हुआ (लेकिन हमेशा की तरह नहीं, जैसा कि उम्मीद की जा सकती थी) कि क्रॉस किए गए पौधे स्व-निषेचित पौधों की ऊंचाई से उतने अधिक नहीं बढ़े, जितने गमलों में जोड़े में उगने पर होते हैं। इस प्रकार, डिजिटेलिस पौधों के साथ, जो गमलों में एक साथ प्रतिस्पर्धा करते हैं, क्रॉस किए गए पौधे स्व-निषेचित पौधों की ऊंचाई में 100 से 70 तक थे; जबकि जो अलग-अलग उगाए गए थे, वे केवल 100 से 85 तक थे। इस प्रकार पर्यावरणीय स्थितियां अंत:प्रजनन अवसाद मूल्यों को प्रभावित कर सकती हैं। Ronce at al., (2009) ने बताया कि तनावपूर्ण परिस्थितियों में अंत:प्रजनन अवसाद कम हो जाएगा।

प्राकृतिक आबादी में अंत:प्रजनन अवसाद के जनसांख्यिकीय परिणाम

पादप प्रजाति जेंटियनेला कैंपेस्ट्रिस में , Lennartsson, (2002) ने बताया कि आउटक्रॉस की तुलना में सेल्फर्स जनसांख्यिकीय नुकसान से ग्रस्त हैं और आउटक्रॉस की तुलना में सेल्फर्स में विलुप्त होने का समय बहुत कम था। अनुभवजन्य डेटा और मॉडल के बीच विसंगति से पता चलता है कि अन्य ताकतें अंत:प्रजनन अवसाद को प्रभावित कर सकती हैं। उदाहरण के लिए, यह संभव है कि आबादी संतुलन तक नहीं पहुंची है, खासकर जब लुप्तप्राय प्रजातियां अपने विकासवादी संतुलन से बाहर हो सकती हैं।

प्राकृतिक आबादी में अंत: प्रजनन अवसाद के विकासवादी परिणाम:

जंगली आबादियों में, हम परंपरागत रूप से फैलाव और संभोग को अंत:प्रजनन अवसाद से दो प्रमुख लक्षण प्रभावित होते हैं। विकास के काफी कारणों में,

फैलाव की पहचान अंत:प्रजनन के हानिकारक प्रभावों से बचने के रूप में की गई है हालांकि आबादी आनुवंशिक रूप से संरचित होती है (Bengtsson, 1978)। शास्त्रीय मॉडल (Lande and Schemske, 1985) से, यह बताया गया है कि अंत:प्रजनन अवसाद एकमात्र पैरामीटर है जो स्व-निषेचन के विकास को प्रभावित करता है। यदि अंत:प्रजनन अवसाद $\delta > 0.5$ है, तो बहिर्संकरण हमेशा अनुकूल होता है और जनसंख्या में 100% बहिर्संकरण विकसित होगा। इसके विपरीत, यदि अंत:प्रजनन अवसाद $\delta < 0.5$ है, तो स्वजनन हमेशा अनुकूल होता है और जनसंख्या में 100% स्वजनन विकसित होगा। इन मॉडलों में, शुद्धिकरण स्वप्रजनन पर सकारात्मक प्रतिक्रिया के रूप में कार्य करता है क्योंकि शुद्धिकरण अंत:प्रजनन अवसाद को कम करता है और स्वप्रजनन के विकास को बढ़ावा देता है । स्व - निषेचन के विकास का विश्लेषण करने के लिए कई सैद्धांतिक मॉडल विकसित किए गए हैं , विशेष रूप से स्थिर मिश्रित संभोग प्रणालियों (Goodwillie at al., 2005) को समझाने के 2001 में, Cheptou and Mathias (2001) ने प्रस्ताव दिया कि, प्राकृतिक आबादी में, अंत:प्रजनन अवसाद की परिमाण पर्यावरणीय विविधताओं (जैसे, अजैविक या जैविक कारक) के कारण समय या स्थान में उतार-चढ़ाव के अधीन हो सकती है। उन्होंने दिखाया कि स्वप्रजनन के विकास में गुणात्मक परिवर्तन अंत:प्रजनन अवसाद भिन्नता के कारण होते हैं; विशेष रूप से, मिश्रित स्वप्रजनन दरें स्थिर होती हैं। सबसे पहले, उन्होंने पाया कि अस्थायी लेकिन स्थानिक भिन्नता मिश्रित स्वप्रजनन को बनाए रख सकती है। दूसरा, उन्होंने दिखाया कि स्थानिक-समय भिन्नता स्वप्रजनन दरों में बहुरूपता में विकसित हो सकती है।

एपिजेनेटिक्स के नजरिए से अंत:प्रजनन अवसाद पर पुनर्विचार:

हाल ही में, कई अध्ययनों ने अंत:प्रजनन अवसाद की भयावहता में एपिजेनेटिक्स की संभावित भूमिका का पता लगाया है। जबकि अंत:प्रजनन अवसाद के एपिजेनेटिक्स अभी भी अपनी प्रारंभिक अवस्था में हैं, ये परिणाम प्राकृतिक आबादी में अंत:प्रजनन अवसाद के बारे में हमारी समझ को बदल सकते हैं और चर्चा के लायक हैं। सेंसु लेटो एपिजेनेटिक्स को किसी भी जैविक कारक के रूप में परिभाषित किया जा सकता है जो डीएनए अनुक्रम को बदले बिना फेनोटाइप को प्रभावित करता है। यह परिणाम हैरान करने वाला है और सुझाव देता है कि डीएनए अनुक्रम से परे अंत:प्रजनन अवसाद की भयावहता में एपिजेनेटिक तंत्र शामिल हैं। Nebert at al. (2010) ने निष्कर्ष निकाला कि अंत:प्रजनन अवसाद पर एपिजेनेटिक्स लाभकारी या हानिकारक हो सकता है। चर्चा किए गए प्रयोगों से पता चलता है कि इनब्रीडिंग डिप्रेशन विकासवादी रूप से अस्थिर हो सकता है और इसमें एपिजेनेटिक विनियमन शामिल है। भविष्य में, पारिस्थितिक कारकों के संबंध में एपिजेनेटिक्स (जैसे मिथाइलेशन) के पैटर्न का विश्लेषण करने से यह स्पष्ट करने में मदद मिलेगी कि एपिजेनेटिक्स इनब्रीडिंग डिप्रेशन को कैसे नियंत्रित करता है और क्या ऐसे एपिजेनेटिक पैटर्न जंगली में प्राकृतिक चयन के संबंध में अनुकूली हैं।

संदर्भ

1. Bengtsson, B. O. (1978). Avoiding inbreeding: at what cost? *J. Theor. Biol*. 73, 439–444.

2. Charlesworth, B., Charlesworth, D. (2010). *Elements of Evolutionary genetics* (Greenwood Village, Colorado: Ben Roberts).
3. Charlesworth, D., Willis, J. H. (2009). The genetics of inbreeding depression. *Nat. Rev. Genet.* 10, 783–796.
4. Cheptou, P. O., Mathias, A. (2001). Can varying inbreeding depression select for intermediairy selfing rates? *Am. Nat.* 157, 361–373.
5. Charlesworth, D., Morgan, M. T., Charlesworth, B. (1990). Inbreeding depression, genetic load, and the evolution of outcrossing rates in a multilocus system with no linkage. *Evolution* 44, 1469–1489.
6. Clo, J., Kolar, F. (2022). Inbreeding depression in polyploid species: a meta-analysis. *Biol. Lett.* 18, 1–6.
7. Delmas, C. E. L., Cheptou, P. O., Escaravage, N., Pornon, A. (2014). High lifetime inbreeding depression counteracts the reproductive assurance benefit of selfing in a mass-flowering shrub. *BMC Evol. Biol.* 14, 1–12.
8. Goodwillie, C., Kalisz, S., Eckert, C. G. (2005). The evolutionary enigma of mixed mating systems in plants: Occurrence, theoretical explanations, and empirical evidence. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 36, 47–79.
9. Husband, B., Schemske, D. W. (1996). Evolution of the magnitude and timing of inbreeding depression in plants. *Evolution* 50, 54–70.
10. Lande, R., Schemske, D. W. (1985). The evolution of self fertilization and inbreeding depression in plants. *I. Genet. Models Evol.* 39, 24–40.
11. Lennartsson, T. (2002). Extinction thresholds and disrupted plant-pollinator interactions in fragmented plant populations. *Ecology* 83, 3060–3072.
12. Li, X. H., Brummer, E. C. (2009). Inbreeding depression for fertility and biomass in advanced generations of inter- and intrasub specific hybrids of tetraploid alfalfa. *Crop Sci.* 49, 13–19.
13. Lynch, M., Walsh, J. B. (1997). *Genetics and Analysis of Quantitative Characters* (Sunderland Massachusetts: Sinauer Associations).
14. Morgan, M. T., Schoen, D. J., Bataillon, T. M. (1997). The evolution of self fertilization in perennials. *Am. Nat.* 150, 618–638.
15. Nebert, D. W., Gálvez-Peralta, M., Shi, Z. Q., Dragin, N. (2010). Inbreeding and epigenetics: beneficial as well as

deleterious effects. *Nat. Rev. Genet.* 11, 662–662.

16. Nettancourt, d. (1977). *Incompatibility in Angiosperms* (Berlin: Springer-Verlag).

17. Ostrowski, M.-F., Jarne, P., David, P. (2003). A phallus for free? Quantitative genetics of sexual trade-offs in the snail *Bulinus truncatus*. *J. Evol. Biol.* 16, 7–16.

18. Ronce, O., Shaw, F. H., Rousset, F., Shaw, R. G. (2009). Is inbreeding depression lower in maladapted populations? A quantitative genetics model. *Evolution* 63, 1807–1819.

19. Winn, A. A., Elle, E., Kalisz, S., Cheptou, P. O., Eckert, C. G., Goodwillie, C., et al. (2011). Analaysis of inbreeding depression in mixed-mating plants provides evidence for selective interference and stable mixed mating. *Evolution* 65, 3339–3359.

20. Winn, A. A., Moriuchi, K. S. (2009). The maintenance of mixed mating by cleistogamy in the perennial villet *Viola septemloba* (Violasceae). *Am. J. Bot.* 96, 2074–2079.