



دانشکده علوم زراعی  
گروه بیوتکنولوژی و اصلاح نباتات

## پایان نامه جهت دریافت درجه دکتری (Ph.D.)

عنوان:

بررسی پایداری عملکرد دانه و ارزیابی مولکولی کیفیت پخت در ژنوتیپ های امید بخش برنج

استاد راهنما :

دکتر نادعلی باباییان جلودار

استاد مشاور:

دکتر سید کمال کاظمی تبار

تحقیق و پژوهش:

سید امیر عباس موسوی میرکلایی

بهار 92

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

سپاسگزاری:

تقدیم به او که درظلمات جهل وجودم چراغی برافروخت و از آن پس اندیشیدن و راه رفتنم آموخت. حال که این تحقیق پایان یافته بر خود لازم میدانم از همه استادان و عزیزانی که اگر همت و یاری آنان نبود این اثر به سرانجام نمی‌رسید، تشکر و قدردانی کنم.

شایسته است از استاد راهنمای گرانقدرم جناب آقای دکتر نادعلی باباییان به پاس همراهی‌های دلسوزانه و حسن برخورد و صبر و حوصله‌ی ایشان در طی مدت تحصیل و انجام مراحل مختلف پایان نامه سپاسگزاری نمایم.

از زحمات بی دریغ استاد مشاور ارجمندم جناب آقای دکترسید کمال کاظمی تبار که طی مراحل مختلف انجام امور پایان نامه پیوسته یاری‌گر اینجانب بوده‌اند و تجربیات ارزنده خود را در اختیار بنده گذارده‌اند، کمال تشکر و امتنان را دارم.

درود و سپاس خود را نثار کلیه اساتید و اعضای محترم گروه اصلاح نباتات، به پاس زحمات بی‌دریغشان در طی دوران تحصیل می‌نمایم.

تقدیم به بهترین ستاره های آسمان زندگیم :

پدرم اسوه عشق و مهربانی

که با دستان پرتلاش و دل دریایی اش محبت و آرامش را به من هدیه می دهد و همچون کوهی استوار در تمام ناخوشی های روزگار تکیه گاه من بوده است .

مادرم

اسوه صبوری و محبت

که وجودش به من امید ، صدایش آرزو و نفسش به من جان می دهد .

همسر عزیزم

که در تمامی مراحل زندگی و اجرای این طرح همراه همیشگی من بود .

و فرزند عزیزم کسری

که عاشقانه دوستش دارم .

## فهرست مطالب

---

### بخش اول

بررسی پارامترهای مختلف پایداری عملکرد در ژنوتیپ های امید بخش برنج

صفحه

عنوان

---

چکیده ..... 1

### بخش اول

بررسی پایداری عملکرد دانه در ژنوتیپ های امید بخش برنج

---

#### فصل اول: مقدمه

1- مقدمه ..... 4

#### فصل دوم: کلیات

- 2- کلیات ..... 7
- 2-1- اثر متقابل ژنوتیپ محیط ..... 7
- 2-2- روش های مطالعه ی پایداری ..... 10
- 2-2-1- روش های مبتنی بر تجزیه واریانس ..... 11
- 2-2-1-1- واریانس محیطی رومر ..... 13
- 2-2-1-2- ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ ..... 14
- 2-2-1-3- اکووالانس ریک ..... 14
- 2-2-1-4- واریانس پایداری شوکلا ..... 15
- 2-2-2-3- واریانس پلسند و پترسون ..... 16
- 2-2-2-6- واریانس پلسند ..... 16
- 2-2-2- تجزیه پایداری بر مبنای روش رگرسیون ..... 17

- 17.....2-2-2-1 ضریب تغییرات فیولی و ویلکینسون
- 19.....2-2-2-2 واریانس انحراف از رگرسیون
- 20.....2-2-2-3 ضریب تبیین

صفحه

عنوان

- 21.....2-2-2-4 گروه بندی آماره های تک متغیره
- 22.....2-2-4 تجزیه پایداری به روش چند متغیره AMMI
- 23.....2-2-4-1 تجزیه واریانس به روش مدل AMMI
- 26.....2-2-4-2 تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی
- فصل سوم: مرور منابع
- 29 .....2-2-4-3 بررسی منابع
- فصل چهارم: مواد و روش
- 44.....4- مواد و روش ها
- 44.....1-4- مواد گیاهی و طرح آزمایشی
- 44.....2-4- مکان و زمان آزمایش
- 44.....3-4- مشخصات خاک محل آزمایش
- 46.....4-4- عملیات زراعی
- 48.....5-4- تجزیه آماری
- فصل پنجم: نتیجه گیری و بحث
- 52.....5- نتایج و بحث
- 54.....1-5- تجزیه واریانس
- 56.....2-5- پارامتر های پایداری I
- 56.....1-2-5- واریانس محیطی رومر
- 59.....2-2-5- ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کانبرگ

61.....	3-5- پارامترهای پایدار نوع II
61.....	1-3-5- اکووالانس ریک
63.....	2-3-5- واریانس پایداری شوکلا
64.....	5-3-3- واریانس پلستد و پترسون
65.....	5-3-4- واریانس پلستد

صفحه

عنوان

65.....	5-5- تجزیه پایداری بر مبنای روش رگرسیونی (آماره‌های نوع II و III)
75.....	6-5- تجزیه پایداری به روش چند متغیره AMMI
76.....	1-6-5- تجزیه واریانس به روش مدل AMMI
78.....	2-6-5- محاسبه‌ی کمیت‌های موردنیاز AMMI
83.....	3-6-5- تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی
93.....	7-5- نتیجه‌گیری
94.....	8-5- پیشنهادات
95.....	6- منابع

## بخش دوم

### بررسی پارامترهای مولکولی در ژنوتیپ‌های امید بخش برنج

	فصل اول: مقدمه
103.....	1-1- مقدمه
	فصل دوم: کلیات
107.....	1-2- ویژگی‌های برنج
107.....	1-1-2- منشاء و طبقه‌بندی گیاهی

107.....	2-1-2- مرفولوژی و رشد و نمو برنج .....
108.....	3-1-2- اهمیت اقتصادی و سطح زیر کشت .....
109.....	2-2- واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز یا PCR.....
109.....	3-2- نشانگرها در برنامه‌های اصلاحی .....
109.....	1-3-2- نشانگر چیست؟ .....
110.....	2-3-2- انواع نشانگر .....
110.....	1-2-3-2- نشانگرهای مورفولوژیک .....

صفحه

عنوان

110.....	2-2-3-2- نشانگرهای بیوشیمیایی .....
110.....	3-2-3-2- نشانگرهای سیتوژنتیک .....
110.....	4-2-3-3- نشانگرهای مولکولی .....
110.....	1-4-2-3-2- نشانگرهای مبتنی بر هیبریداسیون .....
112.....	2-4-2-3-2- نشانگرهای مولکولی مبتنی بر PCR.....
115.....	3-4-2-3-2- نشانگرهای مولکولی مبتنی بر PCR و هیبریداسیون.....
115.....	4-4-2-3-2- نشانگرهای مبتنی بر توالی‌یابی (SNPs) و تراشه DNA.....
116.....	3-3-2- انتخاب نشانگر مناسب .....
117.....	4-3-2- نشانگرهای ریزماهواره .....
118.....	1-4-3-2- خصوصیات ریزماهواره‌ها .....
119.....	2-4-3-2- مزایا و معایب نشانگرهای ریزماهواره .....
119.....	3-4-3-2- ریزماهواره‌ها در برنج .....
120.....	4-2- تعیین فاصله ژنتیکی .....
120.....	1-4-2- خوشه‌ای کردن .....
121.....	5-2- صفات مهم در اصلاح برنج .....



121.....	1-5-2- عطر و طعم .....
122.....	2-5-2- آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینه شدن .....
125.....	6-2- انتخاب به کمک نشانگر (MAS).....
فصل سوم: مرور منابع	
130.....	1-3- آمیلوز و قوام ژل .....
134.....	2-3- درجه حرارت ژلاتینی شدن .....
136.....	3-3- عطر و طعم .....
فصل چهارم: مواد و روش	
141.....	1-4- نحوه اجرای آزمایش .....

142.....	2-4- واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز .....
142.....	3-4- ترکیبات مورد نیاز واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز.....
142.....	1-3-4- DNA نمونه .....
143.....	1-1-3-4- استخراج DNA ژنومی .....
145.....	2-1-3-4- تعیین کمیت و کیفیت DNA.....
145.....	الف) تعیین غلظت DNA با استفاده از اسپکتروسکوپی ماورای بنفش .....
147.....	ب) روش الکتروفورز ژل آگارز .....
148.....	2-3-4- نشانگرها .....
150.....	3-3-4- غلظت $MgCl_2$ .....
150.....	4-3-4- $dNTP_s$ .....
150.....	5-3-4- بافر PCR .....
150.....	6-3-4- Taq DNA Polymerase .....
151.....	4-4- آماده‌سازی مخلوط واکنش .....

152.....	5-4- تنظیم شرایط اجرای PCR
153.....	6-4- الکتروفورز، رنگ آمیزی و مشاهده محصولات تکثیر شده
153.....	1-6-4- الکتروفورز آگارز
153.....	7-4- تجزیه و تحلیل آماری داده‌های فیزیولوژی و مولکولی
	فصل پنجم: نتایج و بحث
155.....	1-5- آزمایش کیفیت دانه برنج
155.....	1-1-5- آمیلوز
156.....	2-1-5- غلظت ژل
156.....	3-1-5- درجه حرارت ژلاتینی شدن
159.....	2-5- ارزیابی مولکولی برای کیفیت پخت دانه
159.....	1-2-5- آمیلوز
163.....	2-2-5- غلظت ژل
صفحه	عنوان

166.....	3-2-5- درجه حرارت ژلاتینی شدن
170.....	4-2-5- عطر و طعم
174.....	4-5- نتیجه گیری
175.....	5-5- پیشنهادات
176.....	6- منابع
186.....	چکیده انگلیسی

### فهرست جداول

صفحه

عنوان

جدول 4-1- نام ژنوتیپ ها بر اساس شماره	45.....
جدول 4-2- آزمایش خاک در مزارع تحقیقاتی چالوس، رشت و ساری	45.....
جدول 5-1- تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه‌ای ژنوتیپ‌های برنج در سال‌ها و مکان‌های مختلف	53.....
جدول 5-2- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه‌ای ژنوتیپ‌های برنج در سه مکان و دو سال	54.....
جدول 5-3- آزمون چنددامنه‌ای دانکن ژنوتیپ‌های برنج بر اساس میانگین عملکرد دانه‌ای	56.....
جدول 5-4- آماره‌های کلاسیک پایداری ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه در دو سال و سه مکان	57.....
جدول 5-5- تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های برنج در دو سال و سه مکان به روش رگرسیونی	66.....
جدول 5-6- آماره‌های پایداری بر مبنای روش رگرسیون	68.....
جدول 5-7- تجزیه واریانس عملکرد دانه 12 ژنوتیپ برنج در 6 محیط به روش AMMI	78.....
جدول 5-8- مقادیر بردارهای ویژه ژنوتیپی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای مدل AMMI <sub>3</sub>	79.....
جدول 5-9- مقادیر بردارهای ویژه محیطی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای مدل AMMI <sub>3</sub>	81.....
جدول 5-10- مقادیر منفرد، درصد تجمعی مجموع مربعات و مقادیر مؤلفه‌های اصلی	80.....
جدول 5-11- مقادیر منفرد و مقادیر مؤلفه‌های اصلی اثرات متقابل در مدل AMMI	81.....
جدول 4-2- نشانگرهای مولکولی همبسته	149.....
عنوان	صفحه

جدول 4-3- پروفایل حرارتی PCR برای آغازگرها	152.....
جدول 5-1- آزمایش های تعیین پارامتر های کیفیت در ژنوتیپ های مورد مطالعه	157.....

#### فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل 5-1- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس واریانس محیطی رومر	58.....
شکل 5-2- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس ضریب تغییرات محیطی	60.....

- شکل 5-3- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌های برنج بر اساس مقادیر ضریب تغییرات محیطی.....60
- شکل 5-4- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس اکووالانس .....62
- شکل 5-5- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌های برنج بر اساس . مقادیر اکووالانس ریک.....62
- شکل 5-6- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس واریانس پایداری شوکلا.....63
- شکل 5-7- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس واریانس پلستد و پترسون.....64
- شکل 5-8- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس ضریب رگرسیون خطی.....70
- شکل 5-9- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس . مقادیر ضرایب رگرسیون.....70
- شکل 5-10- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس واریانس انحراف از رگرسیون.....72
- شکل 5-11- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس تجزیه خوشه‌ای بر مقادیر واریانس انحراف از رگرسیون.....72
- شکل 5-12- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس ضریب رگرسیون خطی و واریانس انحراف از رگرسیون به روش وارد .....73
- شکل 5-13- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر ضریب رگرسیون و واریانس انحراف از رگرسیون.....73
- شکل 5-14- نمودار رتبه‌بندی (اسکری گراف) مؤلفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط.....76
- شکل 5-15- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس اولین مؤلفه ژنوتیپی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط .....84
- شکل 5-16- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس اولین مؤلفه محیطی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط .....84

صفحه

عنوان

- شکل 5-17- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس . مقادیر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط .....85
- شکل 5-18- نمودار پراکنش محیط‌ها بر اساس مقادیر اولین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط.....85
- شکل 5-19- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر اولین و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط .....87
- شکل 5-20- نمودار پراکنش محیط‌ها بر اساس مقادیر اولین و دومین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط.....87

- شکل 5-21- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر اولین و سومین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط  
89.....
- شکل 5-22- نمودار پراکنش محیط‌ها بر اساس مقادیر اولین و سومین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط  
90.....
- شکل 5-23- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس مقادیر دومین و سومین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط  
90.....
- شکل 5-24- نمودار پراکنش محیط‌ها بر اساس مقادیر دومین و سومین مؤلفه اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط  
91.....
- شکل 5-1- الگوی بانندی حاصل از آغازگر RM587، تفکیک بانندی با استفاده از آگارز ..... 159.....
- شکل 5-2- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها برای درصد آمیلوز به روش وارد..... 161.....
- شکل 4-3- الگوی بانندی حاصل از آغازگر RM190 ، تفکیک بانندی با استفاده از آگارز ..... 163.....
- شکل 5-4- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها برای قوام ژل به روش وارد ..... 165.....
- شکل 5-5- الگوی بانندی حاصل از آغازگر RM121، تفکیک بانندی با استفاده از آگارز..... 167.....
- شکل 5-6- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها برای درجه حرارت به روش وارد..... 168.....
- شکل 5-7- الگوی بانندی حاصل از آغازگر RM515، تفکیک بانندی با استفاده از ..... 171.....
- شکل 5-8- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها برای عطر و طعم به روش وارد..... 172.....

## بررسی پایداری عملکرد دانه و ارزیابی مولکولی کیفیت پخت در ژنوتیپ های امید بخش برنج

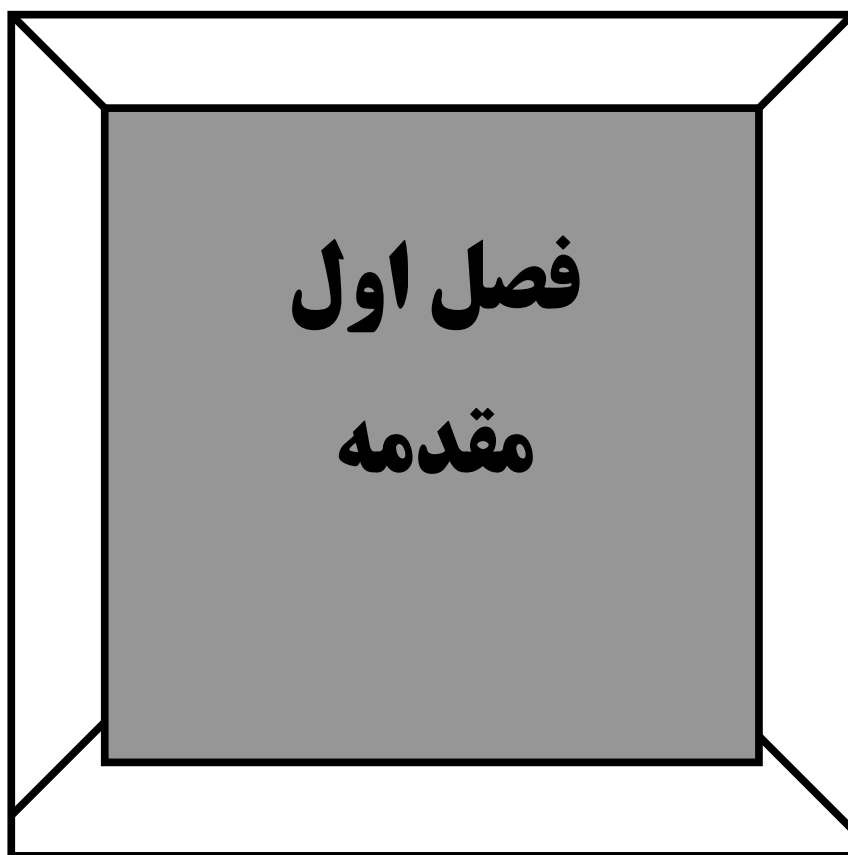
### چکیده

به منظور شناسایی و معرفی ژنوتیپ های برنج برای مناطق شمال کشور، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و با استفاده از 12 ژنوتیپ (پنج ژنوتیپ در دست معرفی به نام های جهش، پرتو، میلاد، دانش و جلودار و 7 ژنوتیپ والدین به نام های سنگ طارم، طارم دیلمانی، فجر، R9، طارم محلی، نوک سیاه و سفیدرود) در سه مکان (مزارع تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی ساری، مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس و مرکز تحقیقات برنج کشور رشت و در طی سال های زراعی 89 و 90 انجام و عملکرد دانه و سایر صفات مرتبط ثبت شد. عامل ژنوتیپ در تجزیه واریانس ساده محیط های مختلف در تمام موارد معنی دار به دست آمد که این امر بر تفاوت و تنوع قابل توجه در بین ژنوتیپ های مورد مطالعه دلالت داشت. نتیجه تجزیه واریانس مرکب نیز حاکی از معنی داری کلیه عوامل به غیر از اثر مکان و اثر متقابل سال × مکان در شرایط ثابت و تصادفی بود. مقایسه میانگین ژنوتیپ × مکان به روش دانکن برای شرایط ثابت نشان داد که ژنوتیپ جلودار و مکان رشت در گروه هایی جداگانه دارای حداکثر عملکرد بودند. جهت تفسیر مفیدتر این اثر متقابل، از روش های مختلف تجزیه پایداری استفاده شد. بر اساس آماره ی واریانس محیطی رومر، ژنوتیپ های سفیدرود و جلودار به عنوان ژنوتیپ های پرمحصول و با پایداری پایا و بر اساس دیگر آماره ی نوع I، ضریب تغییرات محیطی فرانسیس کانبرگ ژنوتیپ جلودار واجد این شرایط معرفی شد. نتایج مطالعه پایداری بر اساس آماره های نوع II، شامل اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس پلستد و پترسون و واریانس پلستد، به نتایج کاملاً مشابهی منجر شد که بر اساس آن ژنوتیپ جلودار به عنوان ژنوتیپ مطلوب معرفی شد. با استفاده از روش چند متغیره ی AMMI، سه مؤلفه ی اصلی اثر متقابل تا سطح 1% معنی دار شد که 75/81% از مجموع مربعات اثر متقابل را توجیه کردند. ژنوتیپ جلودار، از لحاظ  $IPC_1$  و  $IPC_2$  اثر متقابل، از کمترین مقادیر و لذا پایدارترین و از لحاظ  $IPC_3$  جزء ژنوتیپ های حد واسط قرار گرفت. انجام تجزیه الگوی واکنش ژنوتیپی به صورت تجزیه خوشه ای بر مقادیر  $IPC_2$  و  $IPC_3$  و رسم نمودار پراکنش، ژنوتیپ نوک سیاه را به عنوان پایدارترین و در عین حال با عملکرد کم معرفی کرد. با توجه به تشابه نتایج در غالب روش ها، ژنوتیپ جلودار به عنوان ژنوتیپ با عملکرد بالا و در عین حال با پایداری مناسب برای مناطق شمال کشور پیشنهاد می شود. در بررسی مولکولی ژنوتیپ های جلودار، جهش، پرتو، میلاد، سنگ طارم، طارم دیلمانی و طارم محلی از لحاظ صفات عطر و طعم (*fgt*)، درصد آمیلوز (AC)، قوام ژل (GC) و دمای ژلاتینه شدن (GT) در حد مطلوبی بودند. نتایج آزمایش کیفیت دانه نیز ژنوتیپ های کیفی در بررسی مولکولی را تایید کرد. بطور کلی ژنوتیپ جلودار باتوجه به اینکه بیشترین راندمان تبدیل، درجه تبدیل و برنج کامل را تولید کرد و از نظر کیفیت هم بسیار مطلوب بود، به عنوان بهترین ژنوتیپ معرفی می شود.

**کلمات کلیدی:** اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، برنج، تجزیه پایداری عملکرد، روش AMMI، کیفیت پخت.

# بخش اول

بررسی پایداری عملکرد دانه در ژنوتیپ های امید بخش برنج



**فصل اول**

**مقدمه**



## 1. مقدمه

تأثیر محیط و اثر متقابل آن با پس‌زمینه ژنتیکی در بروز صفات، به خصوص صفات کمی واضح و مسلم است. برای صفات پیچیده‌ای همچون عملکرد گیاهان زراعی که خود توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شوند و مسیرهای بیولوژیکی تعیین‌کننده‌ی متعدد در بروز آنها دخیل است، اثر محیطی گسترده‌تر است و شرایط بسیار پیچیده‌تر می‌شود. شرایط محیطی نه تنها بر بروز فنوتیپی چنین صفاتی تأثیر می‌گذارند و به عنوان یک منبع تغییر اساسی نقش عمده در توجیه تغییرات عملکرد دارند، بلکه تأثیر متقابل آنها روی ژنوتیپ‌ها به گونه‌ای است که غالباً هر شرایط محیطی خاص با پاسخ‌های متفاوت ژنوتیپ‌ها همراه است و این شرایط را برای ارزیابی عملکرد بسیار پیچیده‌تر می‌کند. در چنین شرایطی گفته می‌شود که اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط وجود دارد. در چنین شرایطی ارزیابی ژنوتیپ‌ها و فعالیت‌های گزینشی بسیار مشکل شده و نیازمند روش‌های دقیق آماری جهت تجزیه تحلیل این اثر و بهره‌گیری صحیح از آن است. در عین حال در مراحل پایانی تمام آزمایشات شناسایی لاین‌های پرمحصول، انجام آزمایشات ناحیه‌ای در کلیه مناطق هدف، ضروری است. لذا با وجود تحقیقات متعدد در زمینه پایداری و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، شرایط متفاوت ژنتیکی و محیطی هر آزمایش، مطالعه‌ی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را در شرایط اختصاصی آن الزامی می‌کند. به عبارت دیگر انجام مطالعات پایداری و اثر متقابل در هر آزمایش به هیچ عنوان برطرف‌کننده‌ی این نیاز در آزمایشات مستقل دیگر نیست. از سوی دیگر نیاز شدیدی که به وجود ارقام با عملکرد بالا و در عین حال پایدار برنج در شرایط محیطی شمال کشور وجود دارد، لزوم چنین مطالعاتی را در گیاه برنج تشدید می‌کند. برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط روش‌های متعدد و گوناگونی ارائه شده است. برخی از این روش‌ها ساده اما با نتایج کمتر و برخی با پیچیدگی‌های خیلی بیشتر ولی با نتایج گسترده‌تر همراه هستند. با این حال اتفاق نظر چندانی در مورد گزینش بهترین روش وجود ندارد و نیاز به بررسی میزان تطابق روش‌های مختلف احساس می‌شود. شرایط آزمایش، نوع گیاه و گستره‌ی جغرافیایی از عوامل تعیین‌کننده می‌باشند. با توجه به مطالب مذکور آزمایشی در چند منطقه با هدف تعیین میزان پایداری ژنوتیپ‌های مناسب مناطق شمال با استفاده از روش‌های مختلف مطالعه‌ی اثر متقابل انجام شد. همچنین شناسایی ژنوتیپ‌ها با سازگاری عمومی برای اقلیم شمال کشور و ارزیابی سازگاری خصوصی آنها برای زیرمنطقه‌ها، هدف دیگر این پژوهش بود.

**فصل دوم**

**کلیات**

## 2. کلیات

### 2-1. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط

برای بسیاری از صفات کمی از جمله عملکرد، پاسخ ژنوتیپ‌های مختلف به تغییر شرایط محیطی یکسان نیست. این همان اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است. وارگاس و همکاران (1998) در تعریف اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای صفت عملکرد بیان کردند که هرگاه در ارزیابی عملکرد دانه تعدادی از ژنوتیپ‌ها در آزمایشات منطقه‌ای، تغییری در عملکرد نسبی هر ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف دیده شود، آنگاه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط رخ داده است. به عبارت دیگر تفاوت در پاسخ عملکردی بین ژنوتیپ‌ها نسبت به محیط‌های مختلف اثر متقابل ژنوتیپ × محیط گفته می‌شود.

در روش‌های مختلف به‌نژادی معرفی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر، از مراحل پایانی فعالیت اصلاحی، انجام آزمایشات در قالب طرح‌های آماری تکراردار در مناطق مختلفی است که معرفی ژنوتیپ برتر برای این مناطق هدف، مطرح است. در واقع محقق به دلیل وجود احتمال اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و همچنین نویز<sup>1</sup> ناچار به اجرای طرح آزمایشی مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌های گزینشی در زیرمنطقه‌های مختلف منطقه هدف است. اگر تصور شود که هیچگونه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط وجود نداشته باشد، آنگاه با انجام یک آزمایش تکراردار در یک منطقه و در یک سال می‌توان ژنوتیپ برتر و با عملکرد بالا را شناسایی و آن را برای کلیه مناطق مورد نظر توصیه نمود. حتی اگر نویز به‌عنوان اختلاف مقدار عملکرد تخمین زده شده برای یک ژنوتیپ و مقدار واقعی آن وجود نداشت؛ این امکان وجود داشت که حتی این آزمایش را به یک تکرار کاهش داد (63، 68). اما می‌دانیم که این شرایط در دنیای واقعیت رخ نمی‌دهند. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در غالب آزمایش‌های مقایسه عملکرد حضور معنی‌دار دارد و به‌نژادگران را با مشکلات عدیده روبرو می‌سازند. از جمله این‌که اثر متقابل معنی‌دار برای صفتی مثل عملکرد موجب کاهش پیشرفت در گزینش شده و توصیه ژنوتیپ‌ها برای مناطق مختلف را مشکل و محدود می‌سازد. علاوه بر این نتیجه‌گیری‌های صحیح را محدود ساخته و به‌طور جدی سهولت

---

1. Noise

گزینش ژنوتیپ برتر را محدود می‌سازد و در عین حال با افزایش واریانس اثر متقابل GE، همبستگی بین مقادیر فنوتیپی و ژنوتیپی و در نهایت پاسخ به گزینش کاهش می‌یابد (41).

به‌طور کلی اثر متقابل ژنوتیپ  $\times$  محیط در دو نوع کلی رخ می‌دهد که تحت عنوان اثر متقابل کمی ناشی از تغییر در مقدار و اثر متقابل کیفی ناشی از تغییر در رتبه شناخته می‌شوند. هرگاه اثر متقابل کمی در یک آزمایش چند محیطی برای بعضی از ژنوتیپ‌ها رخ دهد، بدین معنی است که بدون آن که در رتبه ژنوتیپ‌ها تغییری ایجاد شود، پاسخ ژنوتیپ‌ها به محیط‌های مختلف با هم متفاوت است، اما این تغییر تنها در اختلاف عملکرد بین ژنوتیپ‌ها بروز می‌کند و به حدی نیست که موجب تغییر رتبه ژنوتیپ‌ها شود. در چنین شرایطی ژنوتیپی که در محیط پرپتانسیل، بالاترین عملکرد را دارد، در محیط کم‌پتانسیل نیز بهترین است و بالعکس. در مقابل زمانی که اثر متقابل کیفی یا متقاطع<sup>1</sup> رخ دهد، نوع این اثر به شکلی است که موجب تغییر رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌شود، به شکلی که ژنوتیپ‌های برتر در محیط‌های مختلف، متفاوت خواهند بود. در فعالیت‌های گزینشی و معرفی رقم، معمولاً اثر متقابل کمی اهمیت چندانی ندارد. اما آنچه که اهمیت اساسی دارد و اتفاقاً در غالب آزمایشات بخش عمده واریانس اثر متقابل را به‌خود اختصاص می‌دهد، اثر متقابل کیفی است (45). عوامل مختلفی می‌توانند ایجاد کننده اثر متقابل ژنوتیپ در محیط باشند. در بررسی موردی آزمایشات مقایسه عملکرد چند ناحیه‌ای گیاه برنج، غالباً اثر متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار گزارش شده است. اگرچه دلایل و علت اثر متقابل ژنوتیپ در بین عوامل مختلف محیطی و ژنتیکی متعدد می‌باشد، اما داشتن اطلاعات و دانش کافی پیرامون محیط و شرایط آن، اطلاعات زراعی و فیزیولوژیک، به همراه تکنیک‌های آماری برای تحلیل دلایل احتمالی این پدیده لازم است (95).

در برابر بحث اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، مفهوم سازگاری و پایداری مطرح می‌شود. به‌طور کلی مفهوم سازگاری مفهومی پیچیده است؛ اما در تعریفی خلاصه می‌توان آن را به عنوان قابلیت یک ژنوتیپ برای تولید دامنه محدودی از فنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت دانست. در اصلاح نباتات بیشتر سازگاری و پایداری عملکرد یک ژنوتیپ مورد تأکید است. لذا سازگاری یک واریته را ظرفیت ژنتیکی آن واریته برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت می‌دانند.

---

1). *Cross Over*