یافته های نوین کشاورزی
سال ششم- شماره۳- بهار ۱۳۹۱

بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط و پایداری عملکرد دانه ارقام گندم نان در استان کردستان

مسعود بخشایشی قشلاق*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، باشگاه پژوهشگران جوان، تبریز، ایران
هاجر بخشایشی قشلاق، دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک دانشگاه ارومیه

چکیده

به منظور مطالعه پایداری عملکرد دانه و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، ۸ ژنوتیپ گندم نان در سال های زراعی ۱۳۸٦تا ۱۳۸۹ از نظر عملکرد دانه در قالب طرح آماری بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار بررسی شدند. مناطق اجرای آزمایش شامل در ٦ مکان سنندج، قروه، دیواندره، بانه، مریوان و سقز بودند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب (۳ سال و ٦ منطقه)، اثرهای مربوط به ژنوتیپ، سال در مکان، ژنوتیپ در سال و اثر متقابل سه جانبه ژنوتیپ و سال و مکان معنی‌دار بود. برای تعیین پایداری عملکرد دانه، از واریانس پایداری شوکلا، اکووالانس ریک، معیار غیر پارامتری رتبه‌بندی و تجزیه کلاستر استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه پایداری به روش اکووالانس ریک نشان داد ارقام زرین و سبلان دارای کمترین اکووالانس است. نتایج حاصل از تجزیه پایداری به روش واریانس پایداری شوکلا نشان داد، پایدارترین عملکرد به ترتیب متعلق به ارقام زرین و سبلان بود. همچنین نتایج حاصل از روش رتبه‌بندی نشان داد پایدارترین عملکرد به ترتیب متعلق به ارقام الوند و سبلان بود. نتایج تجزیه کلاستر از لحاظ میانگین عملکرد و پارامترهای پایداری، ارقام را در پنج گروه مجزا قرار داد. جمع‌بندی نتایج حاصل از این بررسی نشان داد ارقام زرین و سبلان از پایداری بالاتری نسبت به سایر ارقام مورد تحقیق برخوردار بودند و کشت آن در مناطق مورد مطالعه توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ در منطقه، پایداری و گندم نان.

* نویسنده مسئول: E-mail: m.b2034@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/٦/۲۱

مقدمه

گندم نان غذای اصلی مردم را در بسیاری از کشورهای جهان تشکیل می‌دهد. چنان‌که، نزدیک به ۷۰٪ کالری و۸۰٪ پروتئین دریافتی انسانها از مصرف نان گندم تامین می‌شود (۹). پایداری یک محصول در واقع عبارت از توانایی آن جهت بقاء در محیطی خاص می‌باشد. یعنی یک گیاه بایستی قادر باشد سرما، گرما، کمبود یا زیاد بودن آب، تغییرات طول روز، شدت نور و دامنه وسیعی از شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک را تحمل نماید (١٦). همچنین سازگاری عبارت از ظرفیت ژنتیکی یک رقم برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت است (۱۰). در اصلاح نباتات سازگاری به دو مفهوم عمومی (هدف به دست آوردن ارقامی است که تقریباً در تمام محیط‌ها دارای میانگین عملکرد بالاتری باشد) و خصوص (هدف تولید ارقامی است که در محیط خاص عملکرد بالایی داشته باشد) به کار می‌رود (۲۱). مطالعه و بررسی پایداری و سازگاری ارقام و لاین‌ها در شرایط محیطی مختلف در برنامه‌های اصلاحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عملکرد دانه یک ژنوتیپ در هر محیط در واقع شامل اثر اصلی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است (۲۵).

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مورد صفاتی همچون عملکرد موجب شده است که نتوان یک رقم اصلاحی پرمحصول را برای مناطق مختلف توصیه کرد، به همین دلیل وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ضرورت معرفی ارقام پرمحصول با پایداری و سازگاری بالا را توجیه می‌کند (۱۲). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط معنی‌دار ناشی از تغییر در میزان اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت و یا تغییر در رتبه بندی نسبی ژنوتیپ‌ها می‌باشد (۸). وجود این اثر متقابل به‌نژادگر را ناگزیر می‌نماید که ژنوتیپ‌ها را در بیشتر از یک محیط (جهت ارزیابی واکنش هیبریدها در شرایط متفاوت محیطی) مورد بررسی قرار دهد. از آنجایی که تجزیه و تحلیل روش‌های معمول مثل استفاده از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، فقط اطلاعاتی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به دست می‌دهد، ولی تجزیه پایداری امکاناتی را فراهم می‌آورد تا به‌نژادگر بتواند واکنش ژنوتیپ‌ها را در کلیه محیط‌ها ارزیابی نماید و بتواند ژنوتیپی را که دارای عملکرد متوسط نسبتاً بالایی در تمام محیط‌های مورد بررسی است، معرفی نماید (۲، ۷ و ۱۲).

محققان برای بررسی پایداری و سازگاری عملکرد ارقام از روش‌های آماری مختلفی استفاده کرده‌اند. پلیستد و پیترسون (۲۲) تجزیه جفت واریته‌ها را برای برآورد واریانس اثر متقابل ژنوتیپ در محیط معرفی کردند. فینلی و ویلکینسون (۱۵) از دو آماره شیب خط رگرسیون و متوسط عملکرد هر ژنوتیپ در محیط‌های مختلف روی شاخص محیطی برای تعیین پایداری استفاده کردند. در این روش اگر ژنوتیپی دارای ضریب رگرسیون نزدیک به یک باشد، به عنوان ژنوتیپی با پایداری عمومی (متوسط) معرفی می‌شود. همچنین ابرهارت و راسل (۱۳) علاوه بر شیب خط رگرسیون و متوسط عملکرد ارقام، میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون را نیز در میزان پایداری ارقام مهم تلقی کرده و رقم پایدار را

رقمی با شیب رگرسیون یک و میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون کوچک و میانگین عملکرد بالا معرفی کردند. اکووالانس توسط ریک (۲٤) پیشنهاد شد که مستقیماً به اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای هر ژنوتیپ بستگی داشت. شوکلا (۲۳) پارامتر واریانس پایداری (σ_i^2) را برای هر ژنوتیپ مطرح کرد که مجموع اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را به اجزای مرتبط به هر یک از ژنوتیپ‌ها تقسیم و سهم هر یک را در تشکیل این اثر متقابل تعیین می‌کند. فرانسیس و کاننبرگ (۱٤) به منظور تعیین پایداری ژنوتیپ‌های ذرت از ضریب تغییرات ژنوتیپی استفاده کردند که بر بر اساس این معیار ژنوتیپی پایدار است که ضریب تغییرات آن کمتر باشد. کانگ (۱۷) روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری را جهت تعیین پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در مکان‌های مختلف ارایه نمود. وی با ادغام دو روش غیرپارامتریک (روش رتبه‌ای) و پارامتریک، روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری را معرفی نمود. در این روش ابتدا ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد مرتب و رتبه‌بندی شده و سپس به کمک آماره پایداری شوکلا (۲۳) عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها تعیین می‌گردد. همچنین اخیراً از روش رتبه‌بندی استفاده می‌شود که محاسبه آن بسیار ساده است ولی این روش قادر به گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها نمی‌باشد، اما با کمک آن، به سادگی می‌توان ژنوتیپ پایدار را تعیین نمود (۱۸).

کلیه روش های معرفی شده از نظر کارایی تشخیص واریته پایدار توسط محققین مختلف مورد مقایسه و مطالعه قرار گرفته‌اند به طوری که هر گروه از محققین نسبت به برخی از روش ها ایراداتی وارد و برخی دیگر را مورد تایید قرار دادند ولی در هر حال روش کاملاً قابل قبول و قطعی وجود ندارد. بنابراین هر گروه از محققین یکی از روش‌ها و یا ترکیبی از روش‌ها را در مطالعاتشان جهت یافتن واریته‌های پر محصول و پایدار بکار می‌برند. در مطالعه حاضر به منظور شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های گندم نان با پایداری عملکرد بالا و سازگار با مناطق سردسیر و معتدل استان کردستان و همچنین مقایسه روش‌های مختلف پایداری، آزمایش چند منطقه‌ای با استفاده از هشت رقم گندم نان در سه فصل زراعی در شش مکان انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی پایداری و سازگاری عملکرد ارقام گندم نان، تعداد هشت رقم گندم نان (جدول۱) با احتساب رقم شاهد (آذر۲) در یک آزمایش مقایسه عملکرد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار و به مدت سه سال زراعی (۸۹-۱۳۸٦) در ٦ منطقه استان کردستان شامل شهرستان های سنندج، قروه، مریوان، دیواندره، سقز و بانه، مورد بررسی قرار گرفتند.

ارقام مورد استفاده در این بررسی جزء ارقام شناخته شده توسط زارعین بوده و کشت و کار آنها طی سالیان متمادی در مناطق آزمایشی رایج است (۵).

مساحت کشت در تمام مناطق ثابت و برابر با ۹/۸=۱/٤×۷ (۷ ردیف بـه طـول ۷ متـر و فواصـل خطـوط کشت ۲۰ سانتی‌متر) متر مربع بود. تراکم بذر مورد استفاده جهت کشت برابر با ۳۷۰ دانه در هر متر مربـع بود. عملیات تهیه زمین بر اساس اصول متعارف صورت پذیرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده از آزمـون خاک مقدار مناسبی از کود پتاس از منبع سولفات پتاس، کود فسفره از منبع فسـفات آمونیـوم و همچنـین کود ازت از منبع اوره در هر محیط استفاده گردید. عملیات کشت به صورت دستی انجام شـد. در هنگـام کاشت برای ضد عفونی بذور علیه بیماری‌های قارچی از سم ویتاواکس استفاده شد. برای مبارزه با علف های هرز در مرحله انتهای پنجه‌زنی و ابتدای ساقه‌دهی از علفکش 2,4-D استفاده گردید.

جدول ۱: مشخصات ارقام گندم نان مورد بررسی در آزمایش (۵)

رقم	منشاء	سال معرفی	برخی از مهمترین خصوصیات زراعی	تیپ رشد
الوند	ایران	۱۳۷٤	نسبتاً دیررس، مقاوم به سرما و ورس، متحمل به شوری و خشکی	نیمه پاییزه
الموت	ایران	۱۳۷٤	نسبتاً دیررس، نسبتاً مقاوم به سرما و ورس، حساس به شوری و خشکی	پاییزه
زرین	ترکیه	۱۳۷٤	مقاوم به سرما و ورس، حساس به شوری و خشکی	نیمه پاییزه
نوید	ایران	۱۳٦۹	متوسط رس، نیمه مقاوم به سرما، مقاوم به ورس، حساس به شوری و خشکی	پاییزه
آذر ۲	ایران	۱۳۷۸	زودرس، مقاوم به سرما و ورس، متحمل به خشکی	پاییزه
سبلان	ایران	۱۳٦۰	نسبتاً زودرس، مقاوم به سرما، خشکی و ورس، حساس به شوری	پاییزه
امید	ایران	۱۳۳٤	نسبتاً دیررس، مقاوم به سرما، حساس به ورس، نسبتاً حساس به خشکی	پاییزه
بزوستایا	شوروی	۱۳۳٦	نیمه زودرس، مقاوم به سرما و ورس، حساس به خشکی	پاییزه

در پایان هر سال زراعی و پس از حذف حاشیه‌ها (نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت)، اقدام بـه برداشـت کرت‌های آزمایشی شده و عملکرد دانه حاصل توزین و براساس طرح آماری بلو ک‌های کامـل تصـادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. تجزیه واریانس مرکب توسط نرم افزار MSTAT-C انجام و مقـادیر F براساس امیدریاضی میانگین مربعات بر اسـاس روش پیشـنهادی مـک اینتـاش (۲۰) محاسـبه و مقایسـه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ صورت گرفت. قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب و به منظور تعیین یکنواختی و متجانس بودن واریانس اشتباه آزمایش‌های مختلف از آزمون بارتلت اسـتفاده گردید. در ضمن برای انجام تجزیه پایداری از روش‌های مختلفـی اسـتفاده گردیـد. محاسـبات آمـاری و تجزیه‌های انجام شده به قرار زیر بود:

الف) تجزیه واریانس ساده عملکرد دانه ارقام در هر منطقه و سال و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪.

ب) تجزیه واریانس مرکب ۳ ساله برای هر منطقه و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪.

ج) انجام آزمون یکنواختی واریانس محیط‌های مختلف با استفاده از آزمون بارتلت.

د) تجزیه واریانس مرکب (۳ سال و ٦ منطقه) با در نظر گرفتن سال و منطقه به عنوان عوامل تصادفی و ژنوتیپ به عنوان عامل ثابت.

ه) تجزیه پایداری با استفاده از متدهای واریانس پایداری شوکلا (۲۳)، اکووالانس ریک (۲٤) و روش غیر پارامتری رتبه‌بندی (Rank) انجام گردید.

در تعیین پایداری به روش محاسبه واریانس پایداری شوکلا (۲۳)، واریانس ژنوتیپ i در محیط‌های مختلف بر اساس باقی‌مانده حاصل از طبقه‌بندی دو طرفه ژنوتیپ در محیط بدست می‌آید. برای محاسبه واریانس پایداری شوکلا از فرمول زیر استفاده گردید:

$$\sigma_i^2 = \left[\frac{p}{(p-2)[q-1]}\right] w_i^2 - \frac{ss(GE)}{(p-1)(p-2)(q-1)}$$

در رابطه فوق، p = تعداد ژنوتیپ و q = تعداد محیط می‌باشد.

واریانس پایداری ترکیب خطی از اکووالانس است. لذا اکووالانس و واریانس پایداری از نظر درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها دارای ارزش یکسان هستند. نظر به این که واریانس پایداری تفاوت بین دو مجموع مربعات است لذا می‌تواند منفی باشد. برآوردهای منفی واریانس پایداری (σ_i^2) را می‌توان برابر صفر گرفت. بر اساس واریانس پایداری شوکلا ژنوتیپی پایدار است که مقدار واریانس پایداری در آن حداقل باشد.

در محاسبه پارامتر پایداری به روش اکووالانس ریک (۲٤)، از اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط برای هر ژنوتیپ به عنوان پارامتر پایداری استفاده می‌شود به طوریکه این اثر برای هر ژنوتیپ مجذور شده و در همه محیط‌ها جمع می‌شود. با استفاده از رابطه زیر می‌توان اکووالانس ریک را محاسبه کرد:

$$w_i^2 = \sum j[\bar{y}ij - \bar{y}io - \bar{y}oj + \bar{\bar{y}}]^2$$

در رابطه فوق، w_i^2 = اکووالانس ریک، $\bar{y}ij$ = میانگین رقم iام در محیط jام، $\bar{y}io$ = میانگین رقم iام در همه محیط‌ها، $\bar{y}oj$ = میانگین همه ارقام iام در محیط jام و $\bar{\bar{y}}$ = میانگین است. چون اکووالانس سهم هر ژنوتیپ را در اثر متقابل ژنوتیپ در محیط اندازه می‌گیرد، لذا هر ژنوتیپ با $w_i^2 = 0$ را پایدار گویند.

در روش غیرپارامتری رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها به تفکیک در کلیه محیط‌ها بر حسب عملکرد دانه رتبه‌بندی شده و سپس میانگین رتبه $\overline{R_i}$ و انحراف معیار رتبه‌ها (SDR) برای هر یک محاسبه می‌شود. در این رتبه بندی به بالاترین میزان عملکرد دانه عدد۱ داده شد و ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین معیار میانگین رتبه هستند، ارقام با پتانسیل بالا می‌باشند و آنهایی که انحراف معیار رتبه (SDR) کمتر دارند، نوسانات عملکرد دانه در طی سال ها و مکان های مختلف کمتر است و در نتیجه پایداری آنها بیشتر است (۱۸).

همچنین با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و بر اساس میانگین عملکرد و پارامترهای پایداری گروهبندی ارقام صورت گرفت. به منظور عدم تاثیر گذاری واحدهای صفات در گروهبندی ارقام، از داده‌های استاندارد شده استفاده شد.

برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم افزارهای مختلفی از قبیل مجموعه Office, MSTAT-C, SPSS, GenStat و SAS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه در هر منطقه طی سه سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸٦ در جدول ۲ آمده است. نتایج مذکور نشان می‌دهد، عامل سال در کلیه مناطق بر عملکرد دانه ارقام اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشته است. همچنین نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد بین ژنوتیپ‌های آزمایشی در کلیه مناطق مورد بررسی به‌جز در منطقه قروه اختلافات معنی‌داری مشاهده نگردید. که این امر نشانگر عدم وجود تنوع ژنتیکی در بین ارقام مورد بررسی است. همچنین اثر متقابل ژنوتیپ در سال در تمامی مناطق اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ نشان داد.

مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام گندم نان طی سه سال بررسی در شش منطقه در جدول ۳ آمده است. بررسی نتایج مذکور نشان می‌دهد رقم الوند با متوسط ۳/۷٤ تن در هکتار در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین عملکرد دانه را داشته و بعد از آن ارقام سبلان (۳/٤٦ تن در هکتار) و زرین (۳/٤۳ تن در هکتار) قرار داشتند. همچنین در آزمون LSD بین ارقام الوند، سبلان و زرین اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در جدول ٤ میانگین عملکرد دانه (تن در هکتار) ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق مختلف در سه سال زراعی (۱۳۸۹-۱۳۸٦) و مقایسه میانگین آنها بر اساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۱٪ آورده شده است.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد ارقام گندم نان نشان داد طی سه سال بررسی در منطقه سنندج، رقم الوند با متوسط عملکرد ٤/۱۹ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام و همچنین رقم شاهد (آذر ۲) عملکرد بالاتری را دارا بود. در بین ارقام گندم نان مورد مطالعه در منطقه قروه، اکثر ارقام مورد بررسی به‌جز رقم بزوستیا، نسبت به رقم شاهد (آذر ۲) عملکرد بیشتری داشته و بیشترین عملکرد متعلق به رقم الوند با متوسط عملکرد ۳/۱۹ تن در هکتار بود که در سطح احتمال ۱٪ نسبت به رقم شاهد (آذر ۲) تفاوت معنی‌داری دارا بود (جدول ٤). همچنین بررسی نتایج حاصل از مقایسات میانگین عملکرد دانه ارقام گندم نان در منطقه مریوان نشان داد، اکثر ارقام به‌جز ارقام الموت و امید نسبت به رقم شاهد (آذر ۲) عملکرد بیشتری را تولید کردند و همچنین در بین ارقام مذکور، رقم الوند با متوسط عملکرد ۳/۹۲ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام عملکرد بیشتری داشته است (جدول ٤).

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق مختلف در سه سال زراعی (۱۳۸۹-۱۳۸٦)

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		سنندج	قروه	مریوان	دیواندره	سقز	بانه
سال	۲	٤/٤٦**	۰/۵۵**	۰/۸۹**	۲/۸٤**	۰/۱۷**	۰/۱٦**
خطای سال	۹	۰/۰٤	۰/۰۱	۰/۰٤	۰/۰۲	۰/۰۰٤	۰/۰۳
ژنوتیپ	۷	۱/۸٤^{ns}	٤/۵٤**	۱/۸۹^{ns}	۱/۱٦^{ns}	۱/۸٦^{ns}	۲/۵۹^{ns}
سالدر ژنوتیپ	۱٤	۱/٦٦**	۰/۸۲**	۱/٤۳**	۱/۷۲**	۱/۳۵**	۱/۳۳**
خطای عامل فرعی	٦۳	۰/۱٤	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰٤

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳: مقایسه میانگین عملکرد دانه ارقام گندم نان طی سه سال بررسی در شش منطقه

شماره	رقم	عملکرد دانه (t/ha)
۱	الوند	۳/۷٤**
۲	الموت	۲/۸۵
۳	زرین	۳/٤۳**
٤	نوید	۳/٤
۵	آذر ۲	۲/۷۲
٦	سبلان	۳/٤٦**
۷	امید	۳/۲۱
۸	بزوستایا	۲/۹۹
LSD1%		۰/٦۹

** : داشتن تفاوت معنی‌دار با رقم شاهد (شماره ۵)

در ضمن نتایج جدول ٤ نشان می‌دهد طی سه سال بررسی در منطقه دیواندره کلیه ارقام مورد بررسی بجز ارقام الموت و بزوستایا نسبت به رقم آذر ۲ (شاهد) عملکرد بیشتری داشته و رقم نوید با متوسط عملکرد ۳/٦۷ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام مورد بررسی عملکرد دانه بیشتری داشته است. در بین ارقام گندم مورد مطالعه در منطقه سقز، تمامی ارقام نسبت به رقم آذر ۲ (شاهد) عملکرد بالاتری داشته اند که این اختلاف عملکرد بین ارقام عملکرد و شاهد از نظر آماری معنی‌دار نبود. همچنین رقم سبلان با متوسط عملکرد ۳/۵۹ تن در هکتار در بین ارقام مذکور بیشترین عملکرد دانه را دارا می‌باشد (جدول ٤). همچنین نتایج حاصله در منطقه بانه نشان داد، طی سه سال بررسی رقم الوند با متوسط عملکرد ۳/۸۷ تن در هکتار در بین ارقام مورد بررسی و همچنین نسبت به رقم شاهد (آذر۲) عملکرد دانه بیشتری داشته است. همچنین بین رقم الوند با رقم شاهد (آذر ۲) در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده

گردید (جدول ٤). نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان طی سه سال بررسی در کلیه مناطق در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ٤: میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق مختلف در سه سال زراعی (۱۳۸۹-۱۳۸٦)

شماره	رقم	عملکرد دانه(t/ha)					
		سنندج	قروه	مریوان	دیواندره	سقز	بانه
۱	الوند	٤/۱۹ b	۳/۹۳a	۳/۹۲ b	۳/٤٦ b	۳/۱ b	۳/۸۷a
۲	الموت	۳/٦۳ b	۲/٦۸ b	۲/۷۵b	۲/٦۵b	۲/۷۳ b	۲/٦٦b
۳	زرین	۳/۳۷ b	۳/۷۲a	۳/۵ b	۳/۳٤ b	۳/۳۷ b	۳/۲۹ b
٤	نوید	۳/۵۲ b	۳/۲۹ b	۳/٤ b	۳/٦۷ b	۳/۱۵ b	۳/۳۹ b
۵	آذر ۲	۳	۲/٤۲	۲/۹۹	۳/۱٤	۲/۳٤	۲/٤۲
٦	سبلان	۳/۵۷ b	۳/٦۲a	۳/۱۵ b	۳/۳٦ b	۳/۵۹ b	۳/٤۵ b
۷	امید	٤/۰۳ b	۳/۲۹ b	۲/۸۱b	۳/۱۵ b	۳/۰۷ b	۲/۸٦ b
۸	بزوستایا	۳/۱۹ b	۲/۳b	۳/٤۷ b	۳b	۲/۷۹ b	۳/۱۹ b
	LSD1%	۱/۵٦	۱/۱	۱/٤۵	۱/۵۹	۱/٤۱	۱/٤

در هر ستون a: داشتن تفاوت معنی‌دار با رقم شاهد(شماره ۵) در سطح احتمال یک درصد. b: نداشتن تفاوت معنی‌دار با رقم شاهد(شماره ۵)

با توجه به نتایج مذکور اثر ساده سال بر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری را نشان نداد که این موضوع نشان دهنده واکنش یکسان ارقام به تغییرات سالانه در هر یک از مناطق مورد بررسی بود..

جدول ۵: تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ارقام گندم نان طی سه سال بررسی در ٦ منطقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۲	۱/٤۲ns
منطقه	۵	۳/۲۳ns
سال در منطقه	۱۰	۱/۰۱**
اشتباه	۵٤	۰/۰۳
ژنوتیپ	۷	۸/۷۲*
سال در ژنوتیپ	۱٤	۲/٦۱*
منطقه در ژنوتیپ	۳۵	۱/۰٤ns
سال در ژنوتیپ در منطقه	۷۰	۱/۲۸**
خطای آزمایش	۳۷۸	۰/۰٤

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

همچنین نتایج مندرج در جدول ۵ حاکی از عدم معنی‌داری اثر منطقه از نظر آماری بود که این عدم معنی‌داری گویای عدم تفاوت اقلیمی مناطق از نظر پتانسیل برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. اثر

متقابل سال در منطقه، طی سه سال بررسی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است، یعنی عملکرد ژنوتیپ‌ها در مناطق مختلف از سالی به سال دیگر متفاوت بوده است. بررسی‌های انجام گرفته توسط کبریایی و همکاران (۲) و بخشایشی و همکاران (۱۰) در خصوص پایداری و سازگاری ارقام گندم نان نشان می‌دهد اثرات ساده سال و منطقه بر عملکرد دانه غیر معنی‌دار بوده ولی اثر متقابل سال در منطقه بر عملکرد دانه معنی‌دار گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

نتایج مندرج در جدول ۵ نشان می‌دهد اثر ژنوتیپ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار می‌باشد که این امر بیانگر آن است که بین ارقام اختلاف ژنتیکی از نظر عملکرد دانه وجود دارد. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد که، در تجزیه مرکب سه ساله برای مناطق مختلف، اثر متقابل سال در ژنوتیپ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است یعنی روند تغییرات بین ژنوتیپ‌ها از سالی به سال دیگر تغییر کرده است. از طرفی اثر متقابل ژنوتیپ در منطقه معنی‌دار نبوده است که این موضوع نشان می‌دهد که پاسخ ژنوتیپ‌ها از مکانی به مکان دیگر یکسان بوده و این امر حاکی از آن است که ژنوتیپ‌ها دارای پایداری و سازگاری عمومی هستند.

اثر متقابل سه جانبه سال در ژنوتیپ در مکان در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است که نشان می‌دهد ارقام در محیط‌های مختلف دارای عکس‌العمل‌های متفاوت بودند. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در سال در مکان استفاده از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها به تنهایی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر موثر نبوده بنابراین انجام تجزیه پایداری جهت شناسایی ژنوتیپ‌های با سازگاری بالا و عملکرد مطلوب ضروری بود.

سوقی و همکاران (۱۳۸۸) و رحیمی و همکاران (۱۳۸۸) نیز در بررسی پایداری عملکرد دانه در گندم-های نان اثر متقابل ژنوتیپ در سال در مکان را برای عملکرد دانه معنی دار گزارش و با استفاده از تجزیه پایداری، ژنوتیپ برتر را در بین ژنوتیپ‌ها شناسایی کردند.

تجزیه پایداری

نتایج حاصل از تجزیه پایداری ژنوتیپ‌های گندم در جدول ٦ آمده است. بر اساس روش پشنهادی شوکلا (۲۳)، که هر چه مقدار واریانس پایداری شوکلا کمتر باشد رقم یا ارقام پایدارتر هستند، ارقام زرین (۰/۲۱) و سبلان (۰/۲۲) دارای کمترین میزان واریانس پایداری در بین ارقام مورد بررسی می‌باشند بنابراین به عنوان ارقام پایدار شناسایی شدند (جدول ٦). همچنین لازم به‌ذکر است که مقدار واریانس پایداری ارقام مذکور نسبت به رقم شاهد آذر ۲ نیز کمتر بود. محفوظی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی پایداری و سازگاری بیست ژنوتیپ گندم نان با استفاده از روش واریانس پایداری شوکلا، ژنوتیپ‌های C-D-5507 و C-D-5508 را به عنوان ارقام سازگار و پایدار از نظر عملکرد دانه شناسایی و معرفی کردند.

جدول ٦:مقایسه میانگین و تجزیه پایداری عملکرد دانه ارقام گندم نان طی سه سال بررسی در شش منطقه

رقم	انحراف معیار رتبه (SDR)	میانگین رتبه $\overline{R_i}$	اکووالانس ریک w_i^2	واریانس پایداری شوکلا σ_i^2
الوند	۱/۷۳	۲	٦/۰٥	۰/٤۱
الموت	۱/۱٥	٦/٦۷	٥/۲٦	۰/۳٥
زرین	۲/٦٤	٤	۳/٥۳	۰/۲۱
نوید	۲/۰۸	۳/۳۳	٤/٦۲	۰/۲۹
آذر ۲	۲/۰۸	٦/۳۳	٤/۸۸	۰/۳۲
سبلان	۰/٥۷	۲/٦۷	۳/٦٦	۰/۲۲
امید	۱/۷۳	٤	۱۲/۷۷	۰/۹٤
بزوستایا	۷	۷	٥/٤۷	۰/۳٦

روش اکووالانس ریک

بررسی نتایج حاصل از جدول ٦ نشان داد بر اساس پارامتر پایداری اکووالانس ریک (۲٤) در ۱۸ محیط (شش منطقه در سه سال)، ارقام زرین و سبلان کمترین اکووالانس را در بین ارقام مورد بررسی، به خود اختصاص دادند لذا این ارقام به عنوان پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. همچنین مقادیر پایداری اکووالانس ریک ارقام زرین و سبلان (به ترتیب ۳/٥۳ و ۳/٦٦) کمتر از مقدار اکووالانس ریک رقم آذر ۲ (رقم شاهد) با ٤/۸۸ بود. امیری گنگچین (۱۳۷٥) در بررسی پایداری عملکرد دانه و سازگاری ۱٥ لاین و رقم مختلف گندم دوروم به مدت دو سال زراعی در سه ایستگاه از مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر دیم کشور با استفاده از تجزیه‌های پایداری به روش اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا، رقم سیمره به عنوان پایدارترین و پرمحصول‌ترین گندم دوروم تشخیص داده شد.

همچنین بررسی نتایج جدول ٦ حاکی از این است که نتایج حاصل از بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها با استفاده از دو پارامتر اکووالانس ریک (w_i^2) و واریانس پایداری شوکلا (σ_i^2) با هم مشابه بوده، که این موضوع حاکی از تشابه این دو پارامتر در تعیین ژنوتیپ‌های پایدار می‌باشد. همان‌طوری که لین و همکاران (۱۹۸٦) اظهار نمودند مشابه بودن آمارهای درون یک گروه مورد انتظار می‌باشد. دهقانپور (۱۳۸٥) نیز مشابه بودن نتایج دو آماره اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا را اعلام نمود.

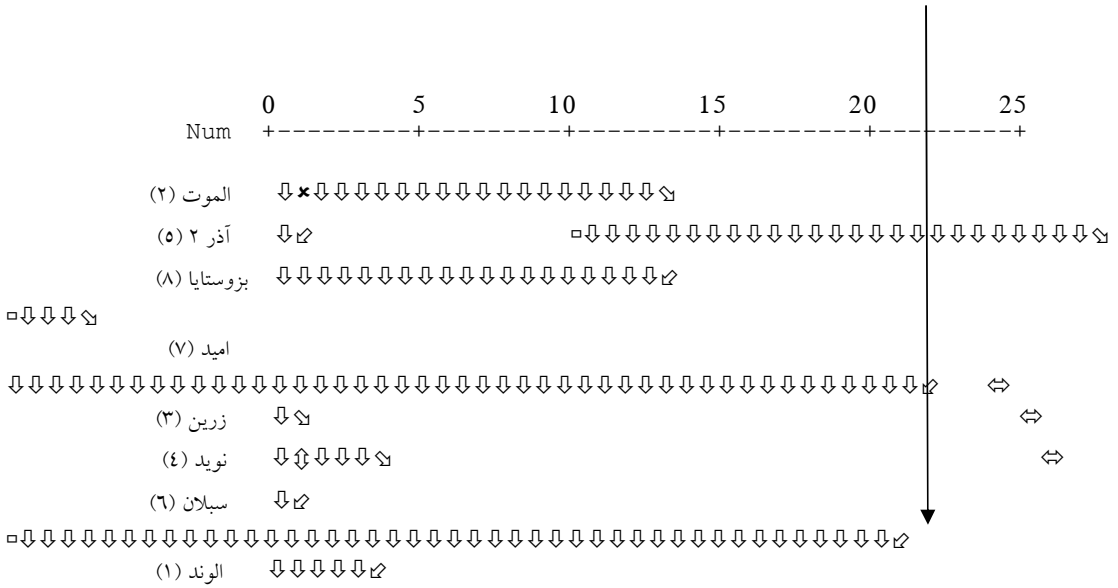
روش رتبه‌بندی

بر اساس نتایج حاصل از تخمین پایداری عملکرد به روش غیر پارامتری رتبه‌بندی، کمترین میزان انحراف معیار رتبه (SDR) به ارقام سبلان (۰/۵۷)، بزوستایا (۱)، الموت (۱/۱۵)، الوند (۱/۷۳) و امید (۱/۷۳) تعلق داشت (جدول ٦). با توجه به نتایج حاصل از جدول ٦ کمترین مقدار میانگین رتبه $\overline{R_i}$ به ارقام الوند، سبلان، نوید، زرین و امید (به ترتیب ۲، ۲/٦۷، ۳/۳۳، ٤ و ٤) تعلق داشت و میانگین عملکرد دانه این ارقام به ترتیب ۳/۷٤، ۳/٤٦، ۳/٤، ۳/٤۳ و ۳/۲۱ تن در هکتار بود. بر اساس روش رتبه (Rank) ارقامی که دارای انحراف معیار رتبه (SDR) کمتری باشند، پایدار محسوب می‌شوند و ارقامی که میانگین رتبه $\overline{R_i}$ آنها به عدد ۱ نزدیک باشد پرمحصول تلقی می‌شوند لذا بر اساس نتایج حاصل از این روش ارقام الوند و سبلان در زمره ارقام پرمحصول و پایدار تشخیص داده شده‌اند.

در بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های گندم در مناطق سردسیر توسط صادق‌زاده اهری و همکاران (۱۳۸٤) با استفاده از روش رتبه‌بندی، به ترتیب ارقام Mrb5/Genil-2 و G-1252 به عنوان پایدارترین ارقام شناخته شدند.

تجزیه کلاستر

شکل ۱، نمودار خوشه‌ای حاصل از گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین عملکرد و میزان پارامترهای پایداری را نشان می‌دهد. بررسی نتایج حاصل از تجزیه کلاستر نشان می‌دهد که ارقام مورد بررسی در این مطالعه را می‌توان در سه گروه مجزا قرار داد.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر به روش وارد ژنوتیپ‌های گندم بر اساس عملکرد و پارامترهای پایداری

در گروه اول ارقام الموت (شماره ۲)، بزوستایا (شماره ۸) و آذر ۲ (شماره ۵) قرار گرفتند. از ویژگی‌های مهم ارقام این گروه می‌توان به میانگین عملکرد کمتر، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا متوسط، میانگین رتبه بیشتر و انحراف معیار رتبه متوسط نسبت به سایر ارقام مورد بررسی اشاره نمود. رقم امید (شماره ۷) در گروه دوم قرار گرفت. از ویژگی مهم رقم امید (شماره ۷) می‌توان به عملکرد بیشتر نسبت به ارقام سبلان و زرین، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا بیشتر نسبت به اکثر ارقام اشاره کرد. در گروه سوم ارقام زرین (شماره ۳)، نوید (شماره ٤)، سبلان (شماره ٦) و الوند (شماره ۱) قرار گرفتند که از ویژگی‌های مهم ارقام این گروه می‌توان به میانگین عملکرد بیشتر نسبت به سایر ارقام و پایین بودن پارامترهای پایداری مورد بررسی اشاره کرد. با توجه به اینکه شرط پایداری ارقام بر اساس پارامترهای اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه کمتر می‌باشد بنابراین ارقام گروه سوم، جزء ارقام پایدار به حساب می‌آیند.

با توجه به اینکه هر گروه از محققین نسبت به برخی از روش‌های تعیین پایداری ایراداتی وارد و برخی دیگر را مورد تایید قرار داده‌اند ولی در هر حال روش کاملاً قابل قبول و قطعی وجود ندارد. بنابراین جمع‌بندی نتایج حاصل از کل روش‌ها، معیارها و آمارهای مهم پایداری اکووالانس ریک (٢٤)، واریانس پایداری شوکلا (۲۳)، روش غیر پارامتری رتبه‌بندی (Rank) و همچنین تجزیه کلاستر نشان می‌دهد که ارقام زرین و سبلان در مناطق سردسیر کردستان نسبت به سایر ارقام از پایداری و سازگاری مطلوب‌تری برخوردار بوده و برای کاشت در مناطق مذکور توصیه می‌شوند.

سپاسگزاری

بر خود واجب می‌دانم از راهنمائی‌های راه گشای جناب آقای دکتر داود صادق‌زاده اهری تشکر و قدردانی نمایم. همچنین از کلیه کشاورزان شهرستانهای سنندج، قروه، دیواندره، سقز، بانه و مریوان به دلیل در اختیار گذاشتن قسمتی از زمین زراعی، طی سه سال تحقیق تشکر و قدردانی نمایم. از تمامی محققین و دوستانی که در اجرا و ثبت داده‌های خام در شهرستان های مذکور نقش داشته‌اند و به علت تعدد از ذکر نام تک تک آنها معذور می‌باشم تشکر وقدردانی نمایم.

منابع

۱- امیری گنگچین، ع. ۱۳۷۵. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام گندم دوروم در مناطق دیم گرمسیر و نیمه گرمسیرکشور. مجله نهال و بذر، شماره ۱۲: صفحه ٤٨ -٤٢.

۲- بخشایشی، م.، بخشایشی، ه . و شکارچی‌زاده، م. ۱۳۸۸. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ارقام آبی گندم در منطقه شمال‌غرب ایران. چکیده مقالات همایش علوم کشاورزی و صنایع وابسته. ۱۷ دیماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزاد شهر، صفحه ۱۰۰.

۳- دهقانپور، ز. ۱۳۸۵. بررسی عملکرد و پایداری در هیبریدهای زود رس ذرت. مجله نهال و بذر، شماره ۲۲: صفحه ۵۲ - ٤٥.

٤- رحیمی، م.، نجفی میرک، ت. و رشیدی، و. ۱۳۸۸. پایداری عملکرد دانه ارقام و لاین‌های گندم نان با تیپ رشدی متفاوت در اقلیم معتدل ایران. مجله به‌نژادی نهال وبذر، شماره ۳ : صفحه ٤٦٩-٤٥١.

٥- رحیمی، م. و غلامی، ا. ۱۳۸۳. مشخصات برخی از ارقام مهم گیاهان زراعی ایران، جلد اول: غلات. دانشگاه صنعتی شاهرود.

٦- سوقی، ح.، وهاب‌زاده، م.، قاسمی، م. و امینی، ا. ۱۳۸۸. بررسی پایداری عملکرد لاین‌های امید بخش گندم نان در اقلیم گرم و مرطوب شمال ایران. مجله به‌نژادی نهال وبذر، شماره ۱ : صفحه ۲۲۱-۲۱۱.

۷- صادق‌زاده اهری، د.، حسین‌پور، ط.، خلیل‌زاده، غ.، و علیزاده، خ. ۱۳۸٤. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر دیم. مجله نهال و بذر، ۲۱: ٥٧٦-٥٦١.

۸- فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. . کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. انتشارات طاق بستان، دانشگاه رازی کرمانشاه، ۳۹٦ صفحه.

۹- کاظمی اربط، ح. ۱۳۸۸. زراعت خصوصی، جلد اول :غلات. مرکز نشر دانشگاهی.

۱۰- کبریایی، آ.، یزدان سپاس، ا.، کشاورز، س. و بی همتا، م. ۱۳۸٦. پایداری عملکرد دانه در لاین‌های امید بخش گندم زمستانه و بینابین. مجله علوم زراعی ایران، شماره ۳ : صفحه ۲۳۵-۲۲۵.

۱۱- محفوظی، س.، جاسمی، س.، امین‌زاده، غ. و رضایی، م. ۱۳۸۸. بررسی پایداری و سازگاری عملکرد دانه ژنوتیپ-های گندم زمستانه با استفاده از معیارهای مختلف پایداری در شرایط تنش خشکی آخر فصل. مجله به‌نژادی نهال وبذر، شماره ۱ : صفحه ۸۳-٦٥.

12- Delacy, I. H., Basford, K. E., Cooper, M., Bull, J. K. and Mclaren, C. B. 1996. Analysis of multi-environment trials. An historical perspective., 39-124.

13- Eberhart, S.A. and Russell , W.A.1966.Stability parameters for comparing varieties. Crop Science., 6:36-40.

14- Francis, T. R. and Kannenberg, L. W. 1978. Yield Stability studies in short-season maize(I). A descriptive method for genotypes. Canadian Journal of Plant Science., 58:1029-1034.

15- Finlay, K. W. and Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Australian Journal of Agricultural Research., 14: 742-754.

16- Hawtin, G., Iwanage, M. and Hodykin, T. 1996. Genetic resources in breeding for adaptation . Euphytica., 92:255-266.

17- Kang, M. S. 1993. Crossing genotype * environment interaction for crop cultivar development . Adv . Agron., 62:199-252.

18- Ketata, H. 1988. Genotype * environment interaction ICARDA. Proceedings of Biometrical Technique for Cereal Breeders , ICARDA , Syria.

19- Lin, C. S., Binns, M. R. and Letkovitch, L.P. 1986. Stability analysis: Where do we stand?. Crop Science., 26:894-900.

20- Mcintosh, M. S. 1983. Analysis of combined experiments .Agronomic Journal., 75:153-155.

21- Paolo, A. 2002. Genotype * environment, challengens and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. Plant production and protection., 174, FAO, Rome.

22- Plaisted, R. L. and Peterson, L. C. 1959. A technique for evaluating the ability of selection to yield consistently in different locations or seasons. American Potato Journal., 36: 381-385.

23- Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability . Heredity., 29:237-242 .

24- Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur erfassung der geologischen sterubretic in feld versuchen . Pflanzuecht., 47:92-96 .

25- Yan, W. and kang, L. A. 2003. GGE Bioplot Analysis: A graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomist. CRC Press, Boca Raton, FL.