نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۰، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۱، ص ۱۷۸-۱۷۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 10, No. 1, Spring. 2012, p. 170-178

بررسی پایداری عملکرد چند رقم گندم نان با استفاده از معیارهای پایداری در اقلیم سردسیر کردستان

مسعود بخشایشی قشلاق[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۸

چکیده

این بررسی به منظور تعیین سازگاری و پایداری عملکرد دانه ارقام گندم نان (الوند، الموت، زرین، نوید، آذر ۲، سبلان، امید و بزوستایا)، در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به مدت ۳ سال زراعی (۸۹ -۱۳۸۶) در ۶ منطقه سنندج، قروه، دیواندره، بانه، مریوان و سقز اجرا شد. در هر سال و در هر منطقه پس از برداشت، تجزیه واریانس ساده برای عملکرد دانه انجام و در پایان سال سوم در هر منطقه تجزیه واریانس مرکب (۳ ساله) و در خاتمه تجزیه واریانس مرکب نهایی (۱۸ محیط) انجام شد. برای تعیین پایداری عملکرد ارقام از روشهای لین و بینز، ضریب تغییرات محیطی، اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس محیطی و روش غیر پارامتری رتبه‌بندی استفاده گردید. نتایج حاصل از تجزیه مرکب (۳ سال و ۶ منطقه) نشان داد که اثر ژنوتیپ و اثرات متقابل سال × ژنوتیپ و ژنوتیپ × منطقه × سال بر عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی متعلق به رقم الوند (۳/۷۴ تن در هکتار) بود. نتایج حاصل از تجزیه پایداری به روش لین و بینز، نشان داد که، ارقام سبلان، نوید و زرین دارای کمترین واریانس درون مکانی در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی بوده و همچنین کمترین ضریب تغییرات محیطی، متعلق به ارقام زرین و سبلان بود. کمترین واریانس محیطی نیز در بین ارقام، متعلق به رقم آذر ۲ بود. نتایج حاصل از روش اکووالانس ریک نشان داد که ارقام زرین و سبلان دارای کمترین اکووالانس است. نتایج حاصل از تجزیه پایداری به روش واریانس پایداری شوکلا نشان داد که، پایدارترین عملکرد به ترتیب متعلق به ارقام زرین و سبلان بود. همچنین نتایج حاصل از روش رتبه‌بندی نشان داد که پایدارترین عملکرد به ترتیب متعلق به ارقام الوند و سبلان بود. جمع‌بندی نتایج حاکی از آن است که بر اساس اغلب روش‌های مورد استفاده در این بررسی ارقام زرین و سبلان در مناطق سردسیر کردستان از پایداری عملکرد بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردارند و جهت کاشت و تولید پایدار در این مناطق توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: اکووالانس ریک، واریانس پایداری شوکلا، واریانس محیطی، روش رتبه‌بندی

مقدمه

گندم غله‌ای است که وسیع‌ترین سطح زیر کشت را در سراسر جهان دارد. در ایران هر سال حدود ۶/۶ میلیون هکتار زمین زیر کشت گندم قرار می‌گیرد که ۲ میلیون هکتار از آن متعلق به گندم آبی است. یکی از جنبه‌های بسیار مهم در به‌نژادی گندم و سایر گیاهان زراعی، پایداری عملکرد ارقام تحت شرایط مختلف محیطی است. پایداری یک گیاه در واقع توانایی آن جهت تولید ثابت در محیطی خاص می‌باشد. مطالعه و سنجش میزان سازگاری و پایداری عملکرد ارقام در شرایط مختلف محیطی در برنامه‌های به‌نژادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. برای توصیه ارقام، عملکرد دانه به تنهایی معیار مناسبی برای انتخاب نبوده و تخمین درجه سازگاری و ثبات عملکرد دانه معیار مطمئن‌تری نسبت به آن است. در این خصوص آزمایش‌های مقایسه عملکرد ارقام جدید همراه با ارقام توصیه شده در مناطق و سال‌های مختلف مفید و ضروری تشخیص داده شده تا بدین وسیله میزان سازگاری و ثبات عملکرد این ارقام نسبت به شرایط مختلف محیطی بررسی شود (۷ و ۱۲).

وجود اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط سبب بروز تفاوتهای قابل ملاحظه بین ژنوتیپ‌ها در محیطهای مختلف می‌شود. لازم بذکر است که اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به دو دسته عوامل قابل پیش‌بینی (نوع خاک، تاریخ کاشت، تراکم گیاهی و ..) و عوامل غیر

۱- کارشناس ارشد اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، باشگاه پژوهشگران جوان، تبریز، ایران
(* - نویسنده مسئول: (Email: m.b2034@yahoo.com

قابل پیش‌بینی (بارندگی و دما) بستگی دارد (۱۴).

معمولاً برای نشان دادن وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از تجزیه واریانس مرکب استفاده می‌شود. اگر تغییرات محیطی قابل پیش‌بینی باشند، اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را می‌توان با اختصاص دادن ژنوتیپ‌های مختلف برای محیط‌های متفاوت کاهش داد. ولی تغییرات غیر قابل پیش‌بینی حاصل از تغییرات سال به سال (محیط) اغلب موجب بزرگ شدن اثر متقابل ژنوتیپ × سال × منطقه و اثر متقابل ژنوتیپ × سال می‌شود و نیاز به روش‌های دیگر دارد (۱۱). یکی از این روشها، انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار با واکنش کم به محیط است (۱۰). اصولاً از نظر اصلاحی رقمی پایدار است که در محیط‌های مختلف عملکرد نسبتاً یکسانی داشته باشد و رقم سازگار نیز رقمی است که طی کاشت در محیط‌های مختلف، تظاهر عملکرد بالایی را نشان می‌دهد (۱).

محققین مختلف معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری عملکرد ارقام معرفی و به کار برده‌اند که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

ریک (۲۳) جمع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ × محیط را برای ارزیابی پایداری عملکرد هر ژنوتیپ معرفی نمود. شوکلا (۲۲) پارامتر واریانس پایداری را برای هر ژنوتیپ مطرح نمود. رومر (۲۱) برای اولین بار واریانس ارقام در محیط‌های مختلف را برای تعیین پایداری استفاده کرد. فرانسیس و کاننبرگ (۱۵) برای حذف اثر واحد اندازه گیری، ضریب تغییرات محیطی (CV_I) را برای تعیین میزان پایداری عملکرد ارقام مورد استفاده قرار دادند. لین و همکاران (۱۹) سه نظریه زیر را در مورد پایداری ارائه نمودند:

ژنوتیپی پایدار است که واریانس بین محیطی آن کم باشد.

ژنوتیپی پایدار است که واکنش آن به محیط‌ها برابر میانگین واکنش تمام ژنوتیپ‌ها در آزمایش باشد.

ژنوتیپی دارای پایداری است که MS باقیمانده از مدل رگرسیون آن بر شاخص محیطی کوچک باشد.

طبق نظر آنان چنانچه محقق علاقه‌مند به تعیین پایداری در دامنه معینی از شرایط محیطی باشد، پارامتر پایداری (C.V) معیار مفیدی است و اگر محقق علاقه‌مند به مقایسه پایداری نسبی بین گروه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در آزمایش باشد و مدل خطی با داده‌ها تطبیق نمایند، ضریب رگرسیون معیار مناسبی است ولی زمانی که داده‌ها با مدل خطی برازش نداشته باشند یا میانگین مربعات انحراف از رگرسیون نامتجانس باشد، کاربرد معیار ریک و شوکلا توصیه می‌شود. آنان در هر حال، استفاده از واریانس انحرافات از خط رگرسیون را اصلاً توصیه ننمودند.

لین و بینز (۱۸) پارامتر پایداری تیپ چهار را که وراثت‌پذیری بالاتری دارد، ابداع نمودند. در این روش برای هر ژنوتیپ واریانس مربوط به سالهای داخل هر منطقه محاسبه و پس از محاسبه میانگین این واریانس‌ها (در کلیه مناطق) برای هر ژنوتیپ میانگین واریانس درون مکانی محاسبه می‌شود و ژنوتیپی که میانگین واریانس درون مکانی کمتری داشته باشد به عنوان رقم پایدار انتخاب می‌شود. اخیراً برای ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ از روش ساده دیگری به نام روش رتبه‌بندی استفاده می‌شود که بوسیله آن، به سادگی می‌توان ژنوتیپ پایدار را تعیین نمود (۱۷). استفاده از گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری جهت تعیین پایداری عملکرد ژنوتیپ‌ها در مکانهای مختلف توسط کانگ (۱۶) ارایه شد. در این روش با ادغام دو روش غیر پارامتری (روش رتبه‌ای) و پارامتری، روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری انجام می‌شود. در این روش ابتدا ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد مرتب و رتبه‌بندی می‌شوند و سپس به کمک آماره پایداری شوکلا[1] (۲۲) عملکرد و پایداری ژنوتیپ‌ها تعیین می‌گردد.

بررسی منابع نشان می‌دهد که در مطالعات پایداری عملکرد و سازگاری ژنوتیپ‌ها، هر گروه از محققین یکی از روش‌ها و یا ترکیبی از آنها را در مطالعاتشان جهت یافتن واریته‌های پر محصول و پایدار بکار می‌برند. این مطالعه نیز با هدف بررسی پایداری عملکرد دانه و سازگاری ارقام مختلف گندم نان با استفاده از پارامترهای سنجش پایداری در مناطق سردسیر استان کردستان انجام گردید تا ضمن شناسایی و تعیین رقم سازگار به شرایط محیطی منطقه، پایداری تولید نیز میسر گردد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش عملکرد دانه هفت رقم گندم (الوند، الموت، زرین، نوید، سبلان، امید و بزوستایا) به همراه رقم آذر ۲ به عنوان رقم شاهد در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار و در ۶ منطقه شامل شهرستانهای سنندج، قروه، مریوان، دیواندره، سقز و بانه به مدت سه سال زراعی (۸۹-۱۳۸۶) مورد بررسی قرار گرفت. ابعاد کرت‌های آزمایشی در تمام مناطق ثابت و مساحت کشت برابر با ۹/۸=۷×۱/۴ (۷ خط کاشت به طول ۷ متر و فواصل خطوط ۲۰ سانتی‌متر) متر مربع بود. تراکم بذور مورد استفاده جهت کشت برابر با ۳۷۰ دانه در هر متر مربع بود. عملیات تهیه زمین در مناطق مختلف مطابق الگوهای توصیه شده و عملیات کشت به صورت دستی انجام شد. در هنگام کاشت برای ضد عفونی بذور علیه بیماری‌های قارچی از سم ویتاواکس (به نسبت ۲ در هزار) استفاده شد. برای مبارزه با علف‌های هرز از علفکش 2,4-D در مرحله انتهای پنجه‌زنی و ابتدای ساقه‌دهی استفاده گردید. در پایان هر سال زراعی و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (۵/. متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف شد)، اقدام به برداشت شد و عملکرد دانه حاصل توزین و براساس طرح آماری

1- Shukla

بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. تجزیه واریانس مرکب توسط نرم‌افزار MSTAT-C انجام و مقادیر F براساس امیدریاضی میانگین مربعات طبق روش پیشنهادی مک اینتاش (۲۰) محاسبه و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ صورت گرفت. قبل از انجام تجزیه واریانس مرکب و به منظور بررسی یکنواختی و متجانس بودن واریانس اشتباه آزمایش‌های مختلف، از آزمون بارتلت استفاده گردید.

محاسبات آماری و تجزیه‌های انجام شده

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 واریانس‌ها (آزمون بارتلت) بین مناطق مختلف.

د) تجزیه واریانس مرکب (۳ سال و ۶ منطقه) با در نظر گرفتن سال و منطقه به عنوان عوامل تصادفی و ژنوتیپ به عنوان عامل ثابت.

ه) تجزیه پایداری عملکرد که با استفاده ازروش‌های لین و بینز (۱۸)، اکووالانس ریک (۲۳)، واریانس پایداری شوکلا (۲۲)، ضریب تغییرات محیطی (CV%) ارقام، روش غیر پارامتری رتبه‌بندی (Rank) و واریانس محیطی رومر (۲۱) انجام گردید.

در محاسبه پارامتر تیپ چهار که به روش واریانس درون مکانی معروف است، میانگین واریانس‌های بین سالهای درون هر منطقه برای هر رقم محاسبه شده و سپس بین مناطق ادغام انجام و واریانس درون مکانی برای هر رقم محاسبه گردید. پارامتر تیپ چهار لین و بینز با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید:

$$\text{واریانس درون مکانی} = \frac{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}{3} \qquad (۱)$$

در محاسبه پارامتر پایداری به روش اکووالانس ریک[1] (۲۳)، از اثرات متقابل ژنوتیپ × محیط برای هر ژنوتیپ بعنوان پارامتر پایداری استفاده می‌شود به طوریکه این اثر برای هر ژنوتیپ مجذور شده و در همه محیطها جمع می‌شود. با استفاده از معادله ۲ می‌توان اکووالانس ریک را محاسبه کرد:

$$w_i^2 = \sum j[\bar{yij} - \bar{yio} - \bar{yoj} + \bar{\bar{y}}]^2 \qquad (۲)$$

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

در تعیین پایداری به روش محاسبه واریانس پایداری شوکلا[2] (۲۲)، واریانس ژنوتیپ i در محیطهای مختلف بر اساس باقی‌مانده حاصل از طبقه‌بندی دو طرفه ژنوتیپ × محیط بدست می‌آید.

برای محاسبه واریانس پایداری شوکلا از معادله ۳ استفاده گردید:

$$\sigma_i^2 = \left[\frac{p}{(p-2)[q-1]}\right] w_i^2 - \frac{ss(GE)}{(p-1)(p-2)(q-1)} \qquad (۳)$$

در رابطه فوق، p = ژنوتیپ و q = 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. طبق واریانس پایداری شوکلا ژنوتیپی پایدار است که مقدار واریانس پایداری در آن حداقل باشد.

در تعیین پایداری به روش محاسبه ضریب تغییرات محیطی، با در دست داشتن میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در تمامی مناطق، واریانس مربوط به آن رقم محاسبه می‌شود و در نهایت با استفاده از معادله ۴، ضریب تغییرات عملکرد دانه ارقام مورد نظر محاسبه می‌شود.

$$\text{C.V درون منطقه‌ای} = \frac{\text{انحراف معیار درون منطقه ای}}{\text{میانگین تیمارها}} \times ۱۰۰ \qquad (۴)$$

پایین بودن مقدار C.V.% محیطی برای هر رقم نشان دهنده نوسانات کمتر عملکرد آن رقم طی سالها و محیطهای مختلف و نهایتا پایداری آن می‌باشد.

در روش غیر پارامتری رتبه‌بندی (Rank) در هر سال و در کلیه محیطها، ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه رتبه‌بندی شده و میانگین رتبه $\overline{R_i}$ و انحراف معیار رتبه‌ها (SDR) برای هر یک محاسبه می‌شود. ژنوتیپ‌هایی که دارای کمترین معیار میانگین رتبه هستند، ارقام پر پتانسیل می‌باشند و در مورد ژنوتیپ‌هایی که انحراف معیار رتبه (SDR) کمتری دارند، می‌توان گفت که نوسانات عملکرد دانه آنها در طی سالها و مکانهای مختلف کمتر بوده و در نتیجه از پایداری عملکرد بیشتری برخوردارند.

در تعیین پایداری به روش سنجش واریانس محیطی رومر (۲۱)، واریانس یک ژنوتیپ در محیطهای مختلف اندازه‌گیری می‌شود.

1- Wricke

2- Shukla

واریانس محیطی سهم ژنوتیپ iام در آزمایش را به اثر متقابل ژنوتیپ و محیط اندازه‌گیری می‌کند. این معیار نمونه‌ای مستقل از ژنوتیپ‌های دیگر در آزمایش است. بر طبق واریانس محیطی رومر، ژنوتیپی را پایدار می‌گویند که واریانس محیطی آن کمتر باشد. واریانس محیطی رومر از معادله ۵ محاسبه گردید:

$$S_i^2 = \frac{\sum i(\bar{y}_{ij} - \bar{Y}_{io})^2}{q-1} \qquad (۵)$$

که در این رابطه واریانس محیطی رومر، $\bar{yij}$ = میانگین رقم iام در محیط jام، $\bar{yio}$ = میانگین رقم iام در همه محیط‌ها و q برابر محیط می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب سه ساله عملکرد دانه در مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. نتایج مذکور نشان می‌دهد که، عامل سال در کلیه مناطق بر عملکرد دانه ارقام اثر بسیار معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ داشته و بین ژنوتیپ‌های آزمایشی به‌جز در منطقه قروه تفاوتهای آماری معنی‌داری وجود نداشت. اثر متقابل ژنوتیپ × سال در تمامی مناطق معنی‌دار بود با توجه به معنی‌دار بودن اثر ساده سال یعنی عملکرد ارقام آزمایشی در سالهای مختلف، متفاوت بوده است (جدول ۱).

در جدول ۲ مقایسه میانگین عملکرد دانه سه ساله ارقام در مناطق مختلف بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۱٪ آورده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد ارقام گندم مورد بررسی طی سه سال در بانه، نشان داد که رقم الوند با میانگین عملکرد ۳/۸۷ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام، عملکرد بیشتری داشته و در رتبه بالاتری قرار داشت (جدول ۲). در منطقه سقز طی سه سال بررسی، رقم سبلان با میانگین عملکرد ۳/۵۹ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام مورد بررسی عملکرد بیشتری را دارا بود (جدول ۲). همچنین بررسی نتایج جدول ۲ نشان داد که طی سه سال بررسی در منطقه دیواندره، رقم نوید با متوسط عملکرد ۳/۶۷ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام عملکرد دانه بیشتری داشته و این اختلاف بین ارقام مورد آزمایش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار نبود. در منطقه مریوان طی سه سال بررسی رقم الوند با متوسط عملکرد ۳/۹۲ تن در هکتار در بین ارقام مورد آزمایش بیشترین عملکرد دانه را داشت (جدول ۲).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین عملکرد ارقام گندم مورد بررسی طی سه سال در جدول ۲ حاکی از این است که در منطقه قروه رقم الوند با میانگین عملکرد ۳/۹۳ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام عملکرد دانه بیشتری داشته و این اختلاف بین ارقام مورد آزمایش در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. ضمناً در منطقه سنندج رقم الوند با میانگین عملکرد ۴/۱۹ تن در هکتار نسبت به سایر ارقام، عملکرد بیشتری داشت.

جدول ۱ - تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق مختلف در سه سال زراعی ۱۳۸۹ - ۱۳۸۶

منابع تغییر	درجه آزادی df	واریانس (MS)					
		سنندج	قروه	مریوان	دیواندره	سقز	بانه
سال	۲	۴/۴۶**	۰/۵۵**	۰/۸۹**	۲/۸۴**	۰/۱۷**	۰/۱۶**
خطای سال	۹	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۳
ژنوتیپ	۷	۱/۸۴ns	۴/۵۴**	۱/۸۹ns	۱/۱۶ns	۱/۸۶ns	۲/۵۹ns
سال × ژنوتیپ	۱۴	۱/۶۶**	۰/۸۲**	۱/۴۳**	۱/۷۲**	۱/۳۵**	۱/۳۳**
خطای کل	۶۳	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۴

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.
ns: غیر معنی‌دار

جدول ۲ – میانگین عملکرد (تن در هکتار) ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق مختلف در سه سال زراعی ۱۳۸۹ – ۱۳۸٦

شماره	رقم	عملکرد دانه grain yield (tha^{-1})					
		سنندج	قروه	مریوان	دیواندره	سقز	بانه
۱	الوند	۴/۱۹ b	۳/۹۳a	۳/۹۲ b	۳/۴۶ b	۳/۱ b	۳/۸۷a
۲	الموت	۳/۶۳ b	۲/۶۸ b	۲/۷۵b	۲/۶۵b	۲/۷۳ b	۲/۶۶b
۳	زرین	۳/۳۷ b	۳/۷۲a	۳/۵ b	۳/۳۴ b	۳/۳۷ b	۳/۲۹ b
۴	نوید	۳/۵۲ b	۳/۲۹ b	۳/۴ b	۳/۶۷ b	۳/۱۵ b	۳/۳۹ b
۵	آذر ۲	۳ b	۲/۴۲ b	۲/۹۹ b	۳/۱۴ b	۲/۳۴ b	۲/۴۲ b
۶	سبلان	۳/۵۷ b	۳/۶۲a	۳/۱۵ b	۳/۳۶ b	۳/۵۹ b	۳/۴۵ b
۷	امید	۴/۰۳ b	۳/۲۹ b	۲/۸۱b	۳/۱۵ b	۳/۰۷ b	۲/۸۶ b
۸	بزوستیا	۳/۱۹ b	۲/۳b	۳/۴۷ b	۳b	۲/۷۹ b	۳/۱۹ b
	LSD1%	۱/۵۶	۱/۱	۱/۴۵	۱/۵۹	۱/۴۱	۱/۴

در هر ستون a: عملکرد بالاتر از رقم با رقم شاهد (شماره ۵) در سطح LSD = 0.01

b: عملکرد در سطح رقم شاهد (شماره ۵) بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان طی سه سال بررسی در ٦ منطقه

منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS
سال	۲	۱/۴۲ns
منطقه	۵	۳/۲۳ns
سال × منطقه	۱۰	۱/۰۱**
اشتباه	۵۴	۰/۰۳
ژنوتیپ	۷	۸/۷۲*
سال × ژنوتیپ	۱۴	۲/۶۱*
منطقه × ژنوتیپ	۳۵	۱/۰۴ns
سال × ژنوتیپ × منطقه	۷۰	۱/۲۸**
خطای آزمایش	۳۷۸	۰/۰۴
کل	۵۷۵	

*و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns : غیر معنی‌دار.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس سه سال و شش مکان در جدول ۳ خلاصه شده است.

با توجه به نتایج جدول ۳ اثر ساده سال بر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری ندارد که این موضوع نشان‌دهنده تغییرات نسبتاً یکنواخت سالانه از نظر شرایط آب و هوایی در هر یک از مناطق مورد بررسی بود. نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر ساده مکان بر عملکرد دانه طی سه سال بررسی از نظر آماری معنی‌دار نبوده است و عواملی مانند خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا اثر یکسانی بر عملکرد داشته‌اند. بررسی‌های انجام شده توسط سایر محققین در خصوص پایداری و سازگاری محصولات زراعی مختلف گاهی اوقات نشان‌دهنده وجود اثر معنی‌دار عوامل سال و منطقه بر عملکرد دانه بوده و در برخی موارد اثرات سال و منطقه بر عملکرد دانه غیر معنی‌دار گزارش شده است (۴ و ۱۰).

همچنین نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که اثر متقابل سال × منطقه، طی سه سال بررسی بر عملکرد دانه معنی‌دار است، یعنی عملکرد در مناطق مختلف از سالی به سال دیگر متفاوت بوده است که این موضوع نشان می‌دهد که تغییرات سالانه از نظر شرایط آب و هوایی تاثیر بیشتری روی عملکرد دارد. در آزمایش‌های دارای سال و مکان، یکی از مشکلات اساسی ارزیابی ژنوتیپ‌ها این است که اثر مکان می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای از سالی به سال دیگر متغییر باشد و این عمل به‌وسیله معنی‌دار شدن اثر متقابل سال × منطقه در جدول تجزیه واریانس معلوم می‌شود (جدول ۳). همچنین نتایج جدول ۳ نشان می‌داد که، اثر ژنوتیپ بر عملکرد دانه طی سه سال

بررسی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود. معنی‌دار شدن اثر ژنوتیپ حاکی از متفاوت بودن توان ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در بروز صفت عملکرد دانه می‌باشد.

نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب ژنوتیپ‌های گندم نان طی سه سال بررسی در مناطق مختلف نشان داد که، اثر متقابل سال × ژنوتیپ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود یعنی ژنوتیپ‌ها در سالهای متفاوت، وضعیت‌های متفاوتی داشته‌اند. از طرفی اثر متقابل ژنوتیپ × منطقه معنی‌دار نبوده که این حاکی از آن است که ژنوتیپ‌ها دارای پایداری و سازگاری عمومی هستند. همچنین بررسی نتایج جدول ۳ نشان داد که اثر متقابل سه جانبه سال × ژنوتیپ × منطقه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است یعنی ارقام در مناطق و سالهای مختلف دارای عکس العمل‌های متفاوت بودند.

مقایسه میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان طی سه سال بررسی در شش منطقه در جدول ۴ آمده است و نتایج آن نشان می‌دهد که رقم الوند و سبلان به ترتیب با متوسط ۳/۷۴ و ۳/۴۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد را در بین ژنوتیپ‌های آزمایشی داشتند.

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × سال × منطقه برای تشخیص ژنوتیپ‌های سازگار و پایدار، از تجزیه پایداری عملکرد دانه استفاده گردید و نتایج آن در جدول ۴ خلاصه شده است. بررسی نتایج جدول ۴ نشان داد که، بر اساس پارامتر پایداری اکووالانس ریک (۲۳) 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 عملکرد دانه ارقام زرین و سبلان (به ترتیب ۳/۴۳ و ۳/۴۶ تن در هکتار) کمتر از عملکرد رقم آذر ۲ (رقم شاهد) با ۲/۷۲ تن در هکتار بود.

بر اساس روش پشنهادی شوکلا (۲۲)، که هر چه مقدار آن کمتر باشد رقم یا ارقام پایدارتر هستند، ارقام زرین و سبلان دارای کمترین میزان واریانس در بین ارقام، می‌باشند بنابراین به عنوان ارقام پایدار شناسایی شدند. بررسی نتایج جدول ۴ 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 (۱۹) اظهار نمودند مشابه بودن آمارهای درون یک گروه مورد انتظار می‌باشد. دهقانپور (۸) نیز مشابه بودن نتایج دو آماره اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا را اعلام نمود. همچنین در یک بررسی که توسط دهقانپور (۸) به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه در هیبریدهای زودرس ذرت انجام گرفت با استفاده از آماره اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا هیبرید K2331 ×K1263/2-1، به عنوان پایدارترین هیبرید شناسایی شد.

نتایج حاصل از واریانس درون مکانی لین و بینز (۱۸) به عنوان پارامتر نوع چهار در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس پارامتر چهارم، ژنوتیپی مطلوب است که در بین سال‌های درون مکان‌ها پایداری خوبی داشته باشد. بر این اساس ارقام سبلان، نوید و زرین به ترتیب دارای کمترین واریانس درون مکانی بوده و به عنوان ارقام پایدار شناخته شدند. حسن این روش این است که ارقام دیگر نقشی در تغییر واریانس یک رقم ندارد. آنچه از این مطالعه نتیجه گرفته می‌شود این است که رقم پر محصول (الوند) فاقد پایداری می‌باشد. این احتمال وجود دارد که این رقم به علت داشتن عملکرد بالا تغییرات شدیدتری نسبت به ارقام کم محصول در محاسبات مربوط به واریانس یا مجموع مربعات انحرافات نشان داده و ناپایدار تلقی گردند. در یک بررسی روستایی و همکاران (۹) با مقایسه روش‌های مختلف پایداری برای انتخاب ارقام پایدار و پر محصول گندم و جو در دیم‌زارهای کشور نتیجه‌گیری کردند که معیارهای واریانس درون مکانی، اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا موجب انتخاب ارقام پایدار و پر محصول می‌شوند. آن‌ها پارامترها واریانس درون مکانی را به دلیل وراثت پذیر بودن و اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا را به خاطر انتخاب ارقام پایدار و پر محصول به عنوان معیار مناسب پایداری خصوصاً برای شرایط دیم توصیه کردند. همچنین امیری گنگچین (۲) به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه و سازگاری پانزده لاین و رقم مختلف گندم دوروم در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر دیم کشور با استفاده از تجزیه پایداری با روش پیشنهادی لین و بینز (واریانس درون مکانی)، رقم سیمره را جهت کشت در مناطق مذکور معرفی کرد.

در روش واریانس محیطی رومر (۲۱) رقم آذر ۲ با داشتن واریانس پایداری کمتر، پایداری عملکرد بیشتری داشت. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود رقم آذر ۲ با ۲/۷۲ تن در هکتار دارای کمترین عملکرد دانه بود ولی با توجه به روش واریانس محیطی رومر، پایدارترین ژنوتیپ بود. اشکال عمده معیارهای پایداری نوع اول (واریانس محیطی رومر) آن است که ژنوتیپ‌های با عملکرد یکنواخت در همه محیطها معمولاً کم محصول هستند به‌طوریکه همواره نمی‌توان از طریق این پارامتر به پایدارترین و در عین حال پرمحصول‌ترین ژنوتیپ دست یافت.

همچنین بررسی نتایج جدول ۴ نشان داد که، بر اساس تجزیه پایداری به روش ضریب تغییرات محیطی در ۱۸ محیط (شش منطقه در سه سال)، کمترین ضریب تغییرات محیطی در بین ارقام مورد بررسی، به ترتیب متعلق به ارقام زرین و سبلان (به ترتیب معادل ۲۴/۳۸٪ و ۲۴/۴٪) است، در حالی که در این بررسی، ضریب تغییرات محیطی عملکرد دانه رقم آذر ۲ (رقم شاهد) معادل ۲۵/۰۳٪ است که نسبت به ارقام زرین و سبلان بیشتر است بنابراین این ارقام جزء ارقام پایدار محسوب می‌شوند.

جدول ۵ – مقایسه میانگین و تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان طی سه سال بررسی در شش منطقه

شماره	رقم	عملکرد دانه grain yield (tha^{-1})	ضریب تغییرات محیطی (C.V%)	انحراف معیار رتبه (SDR)	میانگین رتبه $\overline{R_i}$	واریانس محیطی S_i^2	واریانس درون مکانی Lin and binns method	واریانس پایداری شوکلا σ_i^2	اکوالانس ریک w_i^2
۱	الوند	۳/۲۴[a]	۲۴/۶۴	۱/۷۳	۲	۰/۸۵	۰/۴۹	۰/۴۱	۶/۰۵
۲	الموت	۲/۸۵[b]	۲۵/۰۵	۱/۱۵	۶/۶۷	۰/۵۱	۰/۶۰	۰/۳۵	۵/۲۶
۳	زرین	۳/۴۳[a]	۲۴/۴۰	۲/۶۴	۴	۰/۷۰	۰/۰۹	۰/۲۱	۳/۵۳
۴	نوید	۳/۰۴[b]	۲۴/۵۰	۲/۰۸	۳/۳۳	۰/۶۹	۰/۰۳	۰/۲۹	۴/۶۲
۵	آذر ۲	۲/۷۲[b]	۲۵/۰۳	۲/۰۸	۶/۳۳	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۳۲	۴/۸۸
۶	سیلان	۳/۴۶[a]	۲۴/۳۸	۰/۵۷	۲/۶۷	۰/۷۱	۰/۰۱	۰/۲۲	۳/۶۶
۷	امید	۳/۲۱[b]	۲۵/۰۲	۱/۷۳	۴	۰/۶۳	۰/۴۹	۰/۹۴	۱۲/۷۷
۸	یزوستیا	۲/۹۹[b]	۲۵	۱	۷	۰/۵۴	۰/۲۹	۰/۲۶	۵/۴۷
	LSD1%	۰/۶۹							

در هر ستون a: عملکرد بالاتر از رقم یا رقم شاهد (شماره ۵) در سطح LSD = 0.01
b: عملکرد در سطح رقم شاهد (شماره ۵) بدون اختلاف معنی‌دار

روش ضریب تغییرات محیطی بر مفهوم زیست شناختی پایداری استوار است که بر اساس این مفهوم اولاً بین عملکرد و پایداری همبستگی وجود دارد، یعنی ژنوتیپ‌های پایدار معمولاً عملکرد کم‌تری دارند، و ثانیاً با افزایش محیطها رسیدن به ژنوتیپ با عملکرد بالا و پایدار مشکل‌تر می‌شود.

بخشایشی و همکاران (۳) پایداری عملکرد ارقام آبی گندم در مناطق شمال‌غرب را با چهار روش پایداری در شش منطقه طی سه سال بررسی کردند و روش ضریب تغییرات محیطی را روشی مناسب جهت تعیین پایداری دانستند و بر اساس آن رقم الموت را به عنوان رقم پر محصول و دارای سازاری بیشتر توصیه نمودند.

بر اساس نتایج حاصل از تخمین پایداری عملکرد به روش غیر پارامتری رتبه‌بندی، کمترین میزان انحراف معیار رتبه (SDR) به ارقام سبلان، بزوستایا، الموت، الوند و امید مربوط بود (جدول ۴). با توجه به نتایج حاصل از جدول ۴ کمترین مقدار میانگین رتبه $\overline{R_i}$ به ارقام الوند، سبلان، نوید، زرین و امید به ترتیب ۲، ۲/۶۷، ۳/۳۳، ۴ و ۴ تعلق داشت و میانگین عملکرد دانه این ارقام به ترتیب ۳/۷۴، ۳/۴۶، ۳/۴، ۳/۴۳ 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 یک بررسی در مورد سازگاری و پایداری عملکرد ارقام گندم نان که بر روی بیست رقم و لاین مختلف و به مدت سه سال زراعی انجام شد، بر اساس روش رتبه‌بندی ارقام گندم الموت، زرین و الوند به عنوان ارقام سازگار و پایدار از نظر عملکرد دانه معرفی شدند (۶).

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 لین و بینز[1] (۱۸)، اکووالانس ریک[2] (۲۳)، واریانس پایداری شوکلا[3] (۲۲)، ضریب تغییرات محیطی (CV%) ارقام، روش غیر پارامتری رتبه‌بندی (Rank) و واریانس محیطی رومر[4] (۲۱) 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.

قدردانی

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. همچنین از تمامی محققین، و دوستانی که در اجرا و ثبت داده‌های خام در شهرستانهای مذکور نقش داشته‌اند و به علت تعدد از ذکر نام تک تک آنها معذور می‌باشم، تشکر و قدردانی نمایم.

منابع

۱- امیدی تبریزی، ا . ح.، احمدی، م.، شهسواری.، و س. کریمی. ۱۳۷۹. بررسی پایداری عملکرد دانه و روغن در چند رقم ولاین گلرنگ زمستانه. مجله نهال و بذر، ۱۶: ۱۴۵-۱۳۰.

۲- امیری گنگچین، ع. ۱۳۷۵. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد ارقام گندم دوروم در مناطق دیم گرمسیر ونیمه گرمسیرکشور. مجله نهال و بذر، ۱۲: ۴۸-۴۲.

۳- بخشایشی، م.، ه.، بخشایشی، و م. شکارچی‌زاده. 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.

۴- بخشایشی، م.، و ه. بخشایشی. ۱۳۸۷. بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و پایداری عملکرد ارقام آبی گندم در منطقه شمال‌غرب ایران. چکیده مقالات دومین همایش منطقه‌ای چشم اندازی به کشاورزی شمال‌غرب کشور. ۲ دی‌ماه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد، صفحه ۷۵.

۵- چوگان، ر. ۱۳۷۸. بررسی پایداری عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای با استفاده از معیارهای مختلف پایداری. مجله نهال و بذر، ۱۵: ۱۸۳-۱۷۰.

1- Lin and Binns
2- Wricke
3- Shukla
4- Rommer

۶- خواجه احمد عطاری، ا. ع.، و ع. اکبری. ۱۳۷۵. الموت، رقم جدید گندم زمستانه معرفی شده برای مناطق سردسیر کشور. مجله نهال و بذر، ۱۲: ۱۰-۸.

۷- دهقانی، ح. ۱۳۷۳. تجزیه پایداری عملکرد ارقام متوسط رس و دیر رس ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۸- دهقانپور، ز. ۱۳۸۵. بررسی عملکرد و پایداری در هیبریدهای زود رس ذرت. مجله نهال و بذر، ۲۲: ۵۲-۴۵.

۹- روستائی، م.، د.، صادق‌زاده اهری، ه.، پاشاپور، و م. حسنپور حسنی، ۱۳۸۲. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان در مناطق سردسیر و معتدل دیم. مجله نهال و بذر، ۱۹: ۲۷۵-۲۶۳.

۱۰- صادق‌زاده اهری، د.، ط.، حسین‌پور، غ.، خلیل‌زاده، و خ. علیزاده. ۱۳۸۴. بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم در مناطق گرمسیر و نیمه گرمسیر دیم. مجله نهال و بذر، ۲۱: ۵۷۶-۵۶۱.

۱۱- فرشادفر، ع. ا. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمّی در اصلاح نباتات. انتشارات طاق بستان، دانشگاه رازی کرمانشاه، ۳۹۶ صفحه.

۱۲- موسویون، م. ۱۳۶۷. مطالعه اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط و تخمین سازگاری و ثبات عملکرد ارقام گندم معمولی. مجله علمی کشاورزی، ۱۲: ۱۷-۳.

۱۳- یوسفی، ا. ۱۳۷۰. بررسی سازگاری ارقام جو در مناطق گرم و سرد ایران. مجله نهال و بذر، ۷: ۴۶-۳۳.

14- Allard, R. W., and A. D. Bradshaw. 1996. Implication of genotype × environment interaction in applied plant breeding. Crop Science. 4: 505-507.

15 - Francis, T. R., and L.W. Kannen berg. 1978. Yield Stability studies in short - season maize. A descriptive method for genotypes. Canadian Journal of Plant Science. 58: 1029-1034.

16 - Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal. 85: 754-757.

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

18- Lin, C. S., and M. R. Binns. 1991. Genetic Properties of four types of Stability parameter. Theoretical and Applied Genetics. 82: 505-509.

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

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

21 - Rommer, T. H. 1947. Sind die ertragreicheren sorten ertragssicherer? DGL-Kitt. 32: 87-89.

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

23 - Wricke, G. 1962. Uber eine methode zur erfassung der ololog‌ischen terubretic in feld versuchen. Pflanzuecht. 47:92-96.