مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد اول، شماره اول، بهار ۱۳۸۷
www.ejcp.info

# بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در گندم با استفاده از روش رگرسیون و تجزیه ضرایب مسیر

***پروانه عسگری نیا[۱]، قدرت‌اله سعیدی[۲] و عبدالمجید رضایی[۳]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان،
[۲و۳]به‌ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۱۳۸٦/۱۱/۷؛ تاریخ پذیرش:۱۳۸۷/۲/۳۰

## چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد و اجزای عملکرد ۱۰ رقم گندم در ۸ محیط (ترکیب دو سطح کود نیتروژن و چهار رژیم آبیاری) در سال زراعی ۵-۱۳۸٤ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. بررسی پایداری عملکرد دانه بر اساس پارامترهای ابرهارت و راسل نشان داد که ارقام پیشتاز و مغان ۱ با عملکرد بالاتر از میانگین همه ارقام و ضریب رگرسیون خطی نزدیک به یک دارای سازگاری عمومی مطلوب بودند، در حالی‌که ارقام خزر و الوند با محیط‌های مساعد و ارقام فلات، داراب و روشن با محیط های نامساعد سازگاری خصوصی نشان دادند. تجزیه علیت آثار متقابل به‌روش تای نشان داد جزء $V_1$ که منعکس‌کننده همبستگی تعداد سنبله در مترمربع با عملکرد می‌باشد، تنها برای ارقام ناپایدار بسیار بالا و معنی‌دار بود و همچنین معیار مناسبی برای گزینش جهت پایداری نمی‌باشد. مقایسه اجزای محیطی نیز نشان داد که مراحل تلقیح و تشکیل دانه حساس‌ترین مراحل رشد ارقام به عوامل محیطی بودند، بنابراین انتخاب براساس این شاخص ($V_2$) ممکن است فاقد کارایی لازم باشد. جزء ژنوتیپی $V_3$ (وزن دانه) به‌عنوان مهمترین جزء تأثیر گذار بر عملکرد دانه و پایداری بود و براساس این روش رقم پیشتاز با دارا بودن بیشترین مقدار $V_3$، پایدارترین رقم پرمحصول شناخته شد. به‌طورکلی بر مبنای نتایج این پژوهش رقم پیشتاز با عملکرد ۹/۲۷ تن در هکتار دارای پایداری بیشتری در همه محیط‌ها بود و به‌عنوان رقم مناسب شناخته شد.

***واژه‌های کلیدی:*** اثر متقابل، ژنوتیپ×محیط، پایداری، ضرایب مسیر، گندم.

*- مسئول مکاتبه: parvanehaskarinia@yahoo.com

**مقدمه**

عملکرد گیاهان زراعی در محیط‌های مختلف دارای تغییرات می‌باشد، بنابراین اصلاح ارقام دارای پایداری برای عملکرد دانه ضروری به نظر می‌رسد. تفاوت عمده در پایداری ژنوتیپ‌ها به‌علت وجود اثر متقابل متقاطع ژنوتیپ و محیط یعنی تغییر در رتبه آنها در شرایط محیطی مختلف است و روش‌های متنوعی برای تجزیه پایداری و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط وجود دارد. در تجزیه پایداری، ژنوتیپ‌های مختلف در محیط‌های متفاوت ارزیابی شده تا تأثیر عوامل محیطی مشخص گردد. بسیاری از محققین ابتدا از تجزیه واریانس استفاده نموده و چنانچه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط معنی‌دار باشد، از پارامترهای تجزیه پایداری برای تشخیص ژنوتیپ‌های پایدار استفاده می‌کنند (فریمان، ۱۹۷۳).

بسیاری از محققین از جمله ابرهارت و راسل (۱۹٦٦) فینلی و ویلکینسون (۱۹٦۳)، فریمن و پرکینز (۱۹۷۱) و شوکلا (۱۹۷۲) اظهار داشته‌اند که ارتباط بین عملکرد ژنوتیپ‌ها و میانگین عملکرد محیط‌ها یا شاخص محیطی در بسیاری موارد به‌وسیله یک رابطه رگرسیون خطی توجیه می‌گردد. ابرهارت و راسل (۱۹٦٦) پاسخ قابل پیش‌بینی ژنوتیپ‌ها را در شرایط محیطی مختلف با پارامتر پایداری ضریب رگرسیون خطی و پاسخ غیرقابل پیش‌بینی آنها را با پارامتر انحراف از رگرسیون خطی نشان دادند و ارقام با سازگاری عمومی و خصوصی را برای هر منطقه شناسایی کردند.

لالباچان (۱۹۹٤) اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را برای عملکرد دانه در برنج معنی‌دار گزارش کرد و با استفاده از روش ابرهارت و راسل ژنوتیپ‌های پایدار را معرفی نمود و این روش را برای تعیین پایداری ارقام مناسب تشخیص داد. یاهایا و همکاران (۲۰۰۵) نیز با بررسی ۹۰ ژنوتیپ ارزن مرواریدی به نتایج مشابهی دست یافتند.

توماس و همکاران (۱۹۷۱) روشی را برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ارائه نمودند و اظهار داشتند که رشد و نمو یک گیاه زراعی یک نظام تکوینی پیچیده است و عملکرد دانه ناشی از آثار تجمعی اجزای تشکیل‌دهنده آن می‌باشد. لذا شناسایی این اجزاء و رابطه آنها با عملکرد دانه می‌تواند در گزینش ارقام پرمحصول و پایدار مؤثر باشد. هر یک از اجزاء این نظام نیز تحت تأثیر ژنوتیپ گیاه، شرایط محیطی و اثر متقابل آنها قرار می گیرند و عوامل محیطی تأثیر متفاوتی را بر آنها دارند.

تای (۱۹۷۵) نیز در مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای هفت رقم سیب‌زمینی در دو سری آزمایش با شرایط اقلیمی و زراعی متفاوت و بر مبنای تجزیه ضرایب مسیر گزارش نمود که

عکس‌العمل ارقام در طی مراحل رشد به عوامل محیطی یکسان نیست و از آنجا که عوامل محیطی موثر بر وزن غده بیشترین تأثیر را بر عملکرد دارند، استنباط کرد که فراهم نمودن شرایط محیطی مناسب برای رشد غده‌ها در مرحله حجیم شدن آنها ضروری است. تای (۱۹۹٤) همچنین با استفاده از تجزیه ضرایب مسیر نتیجه گرفت که آخرین مرحله دوره رشد در سیب‌زمینی یعنی مرحله حجیم شدن غده‌ها بیشترین تأثیرپذیری را از عوامل محیطی دارد.

هدف از این پژوهش بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه گندم با استفاده از روش ابرهارت و راسل (۱۹٦٦) و همچنین تعیین سهم هر یک از عوامل محیطی در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با استفاده ازروش تجزیه ضرایب مسیر تای (۱۹۷۵) بود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر متقابل بین ارقام گندم و محیط های مختلف (مدیریت‌های زراعی) و نحوه تأثیر عوامل محیطی بر خصوصیات زراعی و اجزای عملکرد در سال زراعی ۸۵-۱۳۸٤ و در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. این مزرعه در ٤۰ کیلومتری جنوب‌غربی شهر اصفهان و در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی واقع شده است. ارتفاع محل از سطح دریا ۱٦۳۰ متر است و طبق تقسیم‌بندی کوپن دارای اقلیم نیمه لومی، رسی و با جرم مخصوص ۱/٤ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. متوسط pH خاک مزرعه برابر ۷/۵، متوسط بارندگی منطقه ۱٤۰ میلی‌متر و متوسط دما برابر ۱٤/۵ درجه سانتی‌گراد است (۳).

در این آزمایش ده رقم شامل روشن، امید، فلات، پیشتاز، داراب، خزر، سبلان، الوند، سرداری و مغان ۱ در محیط‌های مختلف (۸ محیط) که بر اساس مدیریت‌های زراعی و با اعمال چهار تیمار آبیاری (آبیاری پس از ۳±۷۰، ۳±۹۰، ۳±۱۱۰ و ۳±۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و دو تیمار کود نیتروژن (مصرف معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیمی در مراحل به ساقه رفتن، تورم غلاف برگ پرچم و گرده‌افشانی و همچنین عدم مصرف کود نیتروژن) به‌صورت فاکتوریل ایجاد شدند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. ارقام در هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شدند. هر واحد آزمایشی شامل ۸ ردیف به‌طول ۲ متر و با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. مقدار بذر مصرفی ٤۰۰ بذر در متر مربع بود و کاشت در اواخر آبان ۱۳۸٤ انجام شد.

خصوصیات تعداد سنبله بارور در متر مربع بر مبنای شمارش خوشه‌ها در یک متر طولی و به‌طور تصادفی از هر کرت، تعداد دانه در سنبله بر اساس شمارش دانه‌های ده بوته تصادفی از هر کرت، وزن هزار دانه (گرم) براساس توزین ۱۰۰۰ دانه تصادفی از هر کرت و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) براساس وزن بذور برداشتی از کل کرت و بعد از حذف حاشیه تعیین گردید.

روش ابرهارت و راسل (۱۹٦٦) برای تجزیه پایداری عملکرد دانه به کار گرفته شد و مجموع مربعات محیط و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با یکدیگر ترکیب شده و به محیط (خطی)، اثر متقابل ژنوتیپ× محیط (خطی) و انحراف از خطی و براساس مدل ذیل تفکیک شدند:

$$Y_{ij} = \mu_i + b_i(\tilde{y}_{.j} - \tilde{y}) + \sigma_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \sigma_{ij}$$

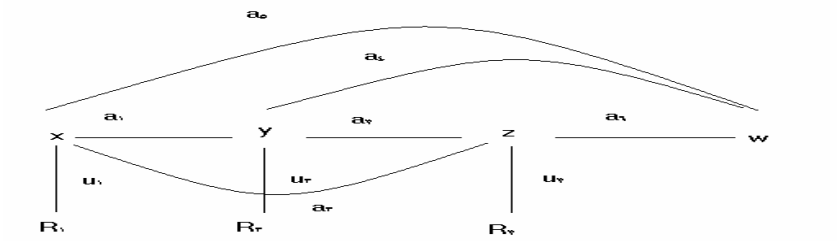
با استفاده از تجزیه ضرایب مسیر روش تای (۱۹۷۵) و بر اساس نمودار مربوطه (شکل ۱) نیز سهم اجزای عملکرد در بیان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط تعیین گردید. در این روش فرض بر این است که ترتیب زمانی تکوین اجزاء از x (تعداد سنبله در متر مربع) به y (تعداد دانه در سنبله) به z (وزن هزار دانه) می‌باشد و عملکرد دانه از حاصل‌ضرب این اجزاء حاصل می‌شود (w=x.y.z). در روش تای (۱٦) عملکرد ژنوتیپ i در محیط j به‌صورت زیر نشان داده می‌شود:

$$W_{ij} = \mu_{Wi} + V_{1i}\, r_{1j} + V_{2i}\, r_{2j} + V_{3i}\, r_{3j} + e_{ij}$$

که در آن $V_{gi} = V_{gi}' \sigma_{wi}$ و $\sigma_{wi}$ انحراف معیار عملکرد ژنوتیپ i می باشد.

در مدل فوق عملکرد یک ژنوتیپ در یک محیط ($W_{ij}$) حاصل اثر میانگین ژنوتیپ در محیط‌های مختلف ( $\mu_{Wi}$ )، سه اثر ضرب پذیر آثار متقابل ژنوتیپ و محیط که به وسیله سه جزء ژنوتیپی $V_{1i}$، $V_{2i}$ و $V_{3i}$ نشان داده می‌شود، سه جزء محیطی $r_{1j}$، $r_{2j}$ و $r_{3j}$ و خطا ($e_{ij}$) می‌باشد.

جهت بررسی آثار متقابل با استفاده از روش تجزیه مسیر، ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه) برای ژنوتیپ‌های مختلف به‌طور مجزا تعیین و سپس آثار مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد، آثار منابع محیطی بر عملکرد و اجزای آن برای هر رقم محاسبه گردیدند. در نهایت اجزای ژنوتیپی پایداری برای اجزای عملکرد هر ژنوتیپ و اجزای محیطی تأثیرگذار بر آنها در طی مراحل رشد تعیین شدند. در این مطالعه جهت تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای MATLAB و SAS استفاده شد.




**شکل ۱- نمودار ضرایب مسیر تای در تجزیه آثار متقابل ژنوتیپ و محیط برای متغیر تابع عملکرد (W).**
**Y،X و Z اجزای عملکرد، $R_2, R_1$ و $R_3$ منابع محیطی $a2, a_1$ و $a_3$ ضرایب علیت اجزای عملکرد و $u_2, u_1$ و $u_3$ ضرایب علیت محیطی می‌باشند.**

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط برای اجزای عملکرد و عملکرد دانه معنی‌دار بود، تفاوت بسیار معنی‌داری بین ارقام مختلف از نظر صفات مورد مطالعه مشاهده شد و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز برای کلیه صفات بسیار معنی‌دار بود (جدول ۱). سهم اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در عملکرد نسبت به آثار اصلی محیط و ژنوتیپ بسیار بیشتر بود و ارقام عکس‌العمل متفاوتی را در محیط‌های مختلف از نظر عملکرد نشان دادند. دوهلرت و همکاران (۲۰۰۱) نیز در مطالعه خود دریافتند که اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بیشترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه یولاف داشته است.

نتایج تجزیه واریانس برای عملکرد دانه و به روش ابرهات و راسل (۱۹٦٦) نشان داد که منابع تغییر ژنوتیپ، محیط، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، اثر محیط (خطی)، اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (خطی) و انحراف مرکب بسیار معنی‌دار بودند (جدول ۲). معنی‌دار بودن اثرمحیط (خطی) بیانگر این است که یک رابطه خطی برای تنوعات محیطی یا تغییرات عملکرد محیط‌ها (شاخص‌های محیطی) وجود دارد. همچنین معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (خطی) حاکی از این است که بین ارقام از نظر شیب خط رگرسیون تفاوت معنی‌داری وجود دارد و ارقام از نظر سازگاری دارای تفاوت ژنتیکی می‌باشند. معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (خطی) همچنین بیانگر این نکته است که بعضی از ارقام دارای یک واکنش قابل پیش‌بینی نسبت به عوامل محیطی هستند و پاسخ خطی همه

ارقام به شاخص محیطی یکسان نیست. معنی دار بودن انحراف مرکب (جدول ۲) حاکی از این است که انحراف از رگرسیون خطی برای برخی از ارقام معنی‌دار بوده و لذا بعضی از ارقام دارای یک واکنش غیر قابل پیش بینی نسبت به تغییرات محیطی بودند.

بر اساس پارامترهای پایداری در روش ابرهارت و راسل (۱۹٦٦)، ارقام روشن، امید، فلات، داراب وسرداری دارای ضرایب رگرسیون کوچکتر از یک، ارقام خزر، سبلان و الوند ضرایب رگرسیون بالاتر از یک و ارقام پیشتاز و مغان ۱ دارای ضرایب رگرسیون نزدیک به یک بودند (جدول ۳). بنابراین با توجه به این پارامتر پایداری، رقم پیشتاز که دارای ضریب رگرسیون نزدیک به یک بود و میانگین عملکرد بالایی نیز داشت، بیشترین سازگاری عمومی را در بین ارقام مورد بررسی دارا بود. اشرف و همکاران (۲۰۰۱) نیز در بررسی سیزده لاین پیشرفته و سه رقم گندم در ۹ مکان مختلف روش ابرهارت و راسل را جهت تعیین ژنوتیپ های پایدار مناسب تشخیص دادند و ارقامی که دارای ضریب رگرسیون نزدیک یک و انحراف از رگرسیون کوچک بودند را به‌عنوان ارقام پایدار معرفی کردند.

به منظور مطالعه واکنش ارقام در محیط‌های مختلف، نمودار سازگاری آنها با استفاده از اطلاعات جدول ۳ ترسیم گردید (شکل ۲). در این نمودار اگر رقمی روی خط $b=1$ قرار گیرد، دارای سازگاری عمومی است و چنانچه عملکرد آن نیز بالا باشد و انحراف از رگرسیون خطی آن کوچک و معنی‌دار نباشد، دارای سازگاری عمومی مطلوب خواهد بود.

**جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای آن در ارقام گندم در شرایط محیطی مختلف.**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد سنبله در متر مربع | تعداد دانه در سنبله | وزن هزار دانه | عملکرد |
| محیط | ۷ | ۱۲۷۷۹۲* | ۱٤۱* | ٤۸/۷* | ۱۷/٦۸** |
| تکرار در محیط | ۱٦ | ۳۹۷۱۳ | ۳۹ | ۱۵/۰ | ۲/۷٤ |
| ژنوتیپ | ۹ | ٦٦۰٤٦۱** | ۹۵۱** | ۲۳۸/۸** | ۲۲/۲۷** |
| ژنوتیپ×محیط | ٦۳ | ۱٤۲۱۵٦** | ۹۹** | ۸/۸** | ۲/۹۰** |
| خطا | ۱٤٤ | ٦۷۰۷۲ | ٤٦ | ٤/۷ | ۱/۰۵ |

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.

بنابراین رقم پیشتاز تقریبا روی خط $b=1$ قرارگرفت (شکل ۲) و دارای سازگاری عمومی خوبی است. همچنین واریانس انحراف از رگرسیون که پارامتر پایداری دیگر در روش ابرهارت و راسل (۱۹٦٦) می‌باشد، برای رقم پیشتاز معنی‌دار نبود (جدول ۳).

ارقام روشن، امید، سرداری، فلات و داراب دارای ضریب رگرسیون کوچکتر ازصفر بودند. ولی در بین این ارقام، فلات و داراب دارای عملکرد بالاتر از متوسط و واریانس انحراف از رگرسیون رقم داراب کمترین و معنی‌دار نبود (جدول ۳). همچنین به نظر می‌رسد رقم داراب یک رقم با سازگاری خصوصی برای محیط‌های نامساعد است. ارقام خزر، الوند و سبلان دارای ضرایب رگرسیون بالاتر از یک بودند و در بین آنها رقم خزر عملکرد بالایی داشت. بنابراین استنباط می‌شود که رقم خزر دارای سازگاری خصوصی برای محیط‌های مساعد است. لالباچان (۱۹۹٤) نیز با استفاده از روش ابرهارت و راسل و پارامترهای پایداری ضریب رگرسیون و انحراف از رگرسیون خطی، ژنوتیپ‌های پایدار برنج را معرفی کرد و نتیجه‌گیری نمود که معیارهای پایداری ابرهارت و راسل برای تعیین ارقام پایدار مناسب می‌باشند. آکورا و همکاران (۲۰۰۵) نیز در گندم نان به نتایج مشابه دست یافتند

**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل ژنوتیپ و محیط برای عملکرد دانه ارقام گندم بر اساس روش ابرهارت و راسل.**

| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | F |
|---|---|---|---|
| ژنوتیپ | ۹ | ۷/٤۲ | ۹/٦۰** |
| محیط | ۷ | ۵/۸۹ | ٦/٤۷** |
| ژنوتیپ × محیط | ٦۳ | ۰/۹۸ | ۲/۸۰** |
| محیط+ ژنوتیپ × محیط | ۷۰ | ۱/٤۷ | |
| محیط (خطی) | ۱ | ۳۸/۳۰ | ٤۹/۷۰** |
| ژنوتیپ× محیط (خطی) | ۹ | ۲/۰٤ | ۲/٦۵* |
| انحراف مرکب | ٦۰ | ۰/۷۷ | ۲/۳۰** |
| روشن | ٦ | ۰/۳٦ | ۱/۰۳ns |
| امید | ٦ | ۰/۳۸ | ۱/۰۸ns |
| فلات | ٦ | ۰/۵۰ | ۱/٤۳ns |
| پیشتاز | ٦ | ۰/۵٦ | ۱/٦۰ns |
| داراب | ٦ | ۰/۳٤ | ۰/۹۸ns |
| خزر | ٦ | ۰/٤۷ | ۱/۳٤ns |
| سبلان | ٦ | ۱/۵۱ | ٤/۳۰** |
| الوند | ٦ | ۰/۷۷ | ۲/۲۰* |
| سرداری | ٦ | ۰/۸۸ | ۲/۵۰* |
| مغان | ٦ | ۱/۹۰ | ۵/٤۳** |
| خطا | ۱٤٤ | ۰/۳۵[a] | |

* و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد. ns معنی‌دار نمی‌باشد.

a. خطای مناسب برای آزمون انحراف مرکب هر ژنوتیپ از طریق تقسیم میانگین مربعات خطا درجدول تجزیه واریانس مرکب به تعداد تکرار آزمایش محاسبه شد.

**جدول ۳- عملکرد و پارامترهای پایداری ارقام گندم در روش رگرسیون ابرهارت و راسل.**

| رقم | عملکرد (تن در هکتار) | ضریب رگرسیون[1] | انحراف از رگرسیون خطی[2] | ضریب تبیین (درصد) | عرض از مبدأ |
|---|---|---|---|---|---|
| روشن | ۷/۷۱e | ۰/۵۲ns | ۰/۳۶ns | ۳۳/۶۵ | ۷/۷۱ |
| امید | ۶/۶f | ۰/۷۵* | ۰/۳۸ns | ۵۰/۴۶ | ۶/۶۲ |
| فلات | ۸/۶bc | ۰/۵۳ns | ۰/۵۰ns | ۲۸/۰۷ | ۸/۶۱ |
| پیشتاز | ۹/۲۷a | ۱/۰۲* | ۰/۵۶ns | ۵۵/۶۶ | ۹/۲۷ |
| داراب | ۸/۶bc | ۰/۳۲ns | ۰/۳۴ns | ۱۶/۸۸ | ۸/۵۵ |
| خزر | ۸/۴۸cd | ۱/۸** | ۰/۴۷ns | ۸۲/۶۷ | ۸/۶ |
| سبلان | ۶/۹f | ۱/۲۳ns | ۱/۵۱** | ۴۰/۷۲ | ۶/۹ |
| الوند | ۷/۹de | ۲/۳۰** | ۰/۷۷* | ۸۲/۴۶ | ۷/۹۴ |
| سرداری | ۶/۸f | ۰/۴۰ns | ۰/۸۸* | ۱۱/۵۷ | ۶/۸ |
| مغان ۱ | ۹/۱ab | ۱/۱۲ns | ۱/۹۰** | ۳۰/۹۸ | ۹/۱ |

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک دارای تفاوت معنی دار با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند. * و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns: معنی‌دار نمی‌باشد.

۱: نتیجه آزمون t برای فرض b=0 و ۲: نتیجه آزمون t برای فرض sdi=0

شکل (۳) پراکنش ارقام را بر مبنای میانگین عملکرد دانه هر رقم و پارامتر دوم پایداری ابرهارت و راسل (واریانس انحراف از رگرسیون خطی) و همچنین گروه‌بندی آنها را بر اساس تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و بر مبنای این دو پارامتر نشان می‌دهد. بر اساس این روش ارقام به ٤ گروه تقسیم شدند. در گروه اول ارقام روشن و الوند قرار گرفتند که انحراف از رگرسیون پایین داشتند، عملکرد آنها نیز در حد متوسط بود و این گروه را می‌توان ارقام با سازگاری خوب تا متوسط دانست. در گروه دوم ارقام داراب، خزر، فلات و پیشتاز قرار گرفتند که کمترین انحراف از رگرسیون و عملکرد متوسط و یا بالایی داشتند و جزء گروه با سازگاری خوب محسوب می‌شوند. در بین این ارقام، پیشتاز با داشتن بالاترین عملکرد، سازگاری عمومی مطلوب و بالایی داشت و با استفاده از این پارامتر به‌عنوان پایدارترین رقم شناخته شد. در گروه سوم ارقام امید، سرداری و سبلان قرار گرفتند و عملکرد آنها از سایر ارقام کمتر بود و انحراف از رگرسیون ارقام سرداری و سبلان از دیگر ارقام بیشتر بود. لذا این

ارقام دارای سازگاری عمومی ضعیف می‌باشند. در گروه آخر رقم مغان ۱ قرار گرفت که انحراف از رگرسیون بسیار بالا و عملکرد بالاتر از متوسط داشت، لذا دارای سازگاری خصوصی می باشد.

## ضرایب همبستگی و ضرایب مسیر

ضرایب همبستگی بین صفات (جدول ٤) نشان داد که بیشترین همبستگی بین تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه در رقم الوند ($r=۰/ ۸۸^{**}$) مشاهده شد و این همبستگی در رقم سرداری نیز معنی دار و بالا بود ($r=۰/ ۷۸^{*}$). بیشترین ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله ($r=۰/۷۱^{*}$) در رقم سرداری و بیشترین ضریب همبستگی بین وزن دانه و عملکرد دانه در رقم امید ($r=۰/۸۲^{**}$) مشاهده گردید. در رقم پیشتاز نیز همبستگی بالا و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله ($r=۰/ ۷۵^{*}$) وجود داشت. وجود همبستگی بالا بین هر کدام از صفات تعداد دانه در سنبله و وزن دانه با عملکرد در بیشتر ارقام نشانگر اهمیت بیشتر این دو جزء در تعیین عملکرد دانه بود. صفت تعداد سنبله در واحد سطح نیز با عملکرد دانه بعضی ارقام دارای همبستگی مثبت و بالا بود (جدول ٤). ضریب همبستگی تعداد سنبله در واحد سطح با هر کدام از صفات تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در هیچ کدام از ارقام معنی‌دار نبود (جدول ٤). ضریب همبستگی تعداد دانه در سنبله با وزن دانه نیز فقط در رقم سرداری بسیار معنی دار بود. همبستگی تعداد سنبله در واحد سطح با وزن دانه نیز در اکثر ارقام منفی و غیر معنی دار بود. این روابط منفی بیانگر نقش تعادلی اجزاء عملکرد از جمله وزن دانه در ارتباط با تعداد دانه در سنبله می باشند. به‌عبارت دیگر افزایش تعداد دانه در سنبله و ایجاد مخازن فتوسنتزی متعدد از یک طرف و محدودیت در تأمین مواد فتوسنتزی از طرف دیگر ممکن است از دلایل کاهش وزن دانه در اثر افزایش تعداد دانه در سنبله باشد و به‌همین علت رقمی مانند سرداری که تعداد دانه کمتری داشت، دارای وزن دانه بالایی بود. دوکویو و آکایا (۱۹۹۹) نیز به‌همین نتایج دست یافتند.

نتایج تجزیه ضرایب مسیر تای (۱۹۷۵) به‌منظور تعیین سهم اجزای عملکرد در آثار متقابل ژنوتیپ و محیط در جدول‌های ۵ و ٦ آورده شده‌اند. بیشترین و کمترین اثر مستقیم مربوط به اثر مستقیم وزن دانه بر عملکرد دانه ($a_6$) بود و به‌ترتیب به ارقام داراب و خزر تعلق داشت. همچنین مشاهده شد که در ارقام پر محصول و با پایداری مطلوب، افزایش عملکرد به‌طور مستقیم از طریق افزایش تعداد دانه

**جدول ٤- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای آن در ارقام مختلف گندم.**

| | رقم | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | روشن | امید | فلات | پیشتاز | داراب | خزر | سبلان | الوند | سرداری | مغان۱ |
| همبستگی عملکرد دانه با صفات | | | | | | | | | | |
| ۱- تعداد سنبله در مترمربع | -۰/٤۹ns | -۰/٦٤ns | ۰/۱۲ ns | -۰/۳۱ ns | ۰/۳۵ ns | ۰/۳۷ ns | ۰/۳۵ ns | ۰/۸۸** | ۰/۷۸* | ۰/۳۱ ns |
| ۲- تعداد دانه در سنبله | ۰/٤۷ns | -۰/۰۵۸ns | ۰/٤ ns | ۰/٤٤ ns | -۰/٤۱ ns | ۰/۳۹ ns | ۰/٦٦ ns | -۰/۳ ns | ۰/۷۱* | ۰/۳۱ ns |
| ۳- وزن دانه | ۰/۱٤ns | ۰/۸۲** | -۰/٤۵ns | ۰/۷۵* | ۰/٤۹ ns | ۰/۰۹٤ns | ۰/۳۸ ns | ۰/٤۳ ns | ۰/۰٦۷ ns | -۰/۵ ns |
| همبستگی تعداد سنبله در متر مربع با صفات | | | | | | | | | | |
| ۱- تعداد دانه در سنبله | -۰/٤۷ns | -۰/۲۲ ns | ۰/۲۰ ns | ۰/٤۹ ns | ۰/۰۵ ns | -۰/۱ ns | -۰/۰٦ ns | -۰/۵۲ ns | ۰/٦۱ ns | -۰/٦۵ ns |
| ۲- وزن دانه | -۰/۵۲ns | -۰/۳۹ ns | -۰/۱۰ ns | -۰/۳۵ ns | -۰/۳۸ ns | ۰/۳٤ ns | ۰/۰۷ ns | ۰/۲۹ ns | ۰/۲۸ ns | -۰/٤۷ns |
| ضریب همبستگی تعداد دانه در سنبله با | | | | | | | | | | |
| ۱- وزن دانه | -۰/۳ns | -۰/۱۵ns | ۰/۲۲ns | ۰/۱٦ ns | -۰/۷۹** | -۰/۰٤ ns | ۰/۳۰ ns | ۰/۲۷ ns | ۰/۰۹ ns | ۰/۲۲ ns |

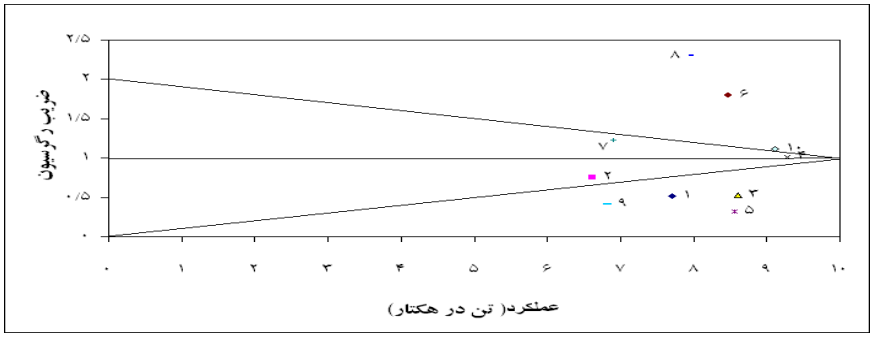
* و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns: معنی‌دار نمی‌باشد.

در سنبله و وزن دانه انجام شده است. آثار مستقیم تعداد سنبله در متر مربع و وزن دانه بر عملکرد تقریباً یکسان بود (جدول ۵).

بر اساس ضرایب اجزای ژنوتیپی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط (جدول ۷)، واکنش پایداری ژنوتیپ‌ها از نظر اجزای مختلف ژنوتیپی عملکرد متفاوت بود. پایداری ارقام پیشتاز، خزر، سبلان و مغان ۱ بیشترمربوط به جزء تعداد دانه در سنبله می‌باشد. ارقام پیشتاز، مغان ۱ و خزر از ارقام با عملکرد بالا و نسبتاً پایدار بودند که در بین آنها رقم مغان ۱ بیشترین مقدار $V_2$ را به خود اختصاص داد. بنابراین رقم مغان ۱ دارای سازگاری اختصاصی می‌باشد و در صورتی که شرایط زراعی و محیطی مناسب در مراحل تلقیح و گرده افشانی فراهم شود، دارای عملکرد مناسبی خواهد بود. بیشترین مقدار جزء $V_1$ نیز مربوط به رقم الوند بود، که نشان می‌دهد این رقم به شرط تأمین شرایط لازم برای پنجه‌زنی بیشتر، دارای عملکرد نسبتاً مطلوبی خواهد بود.

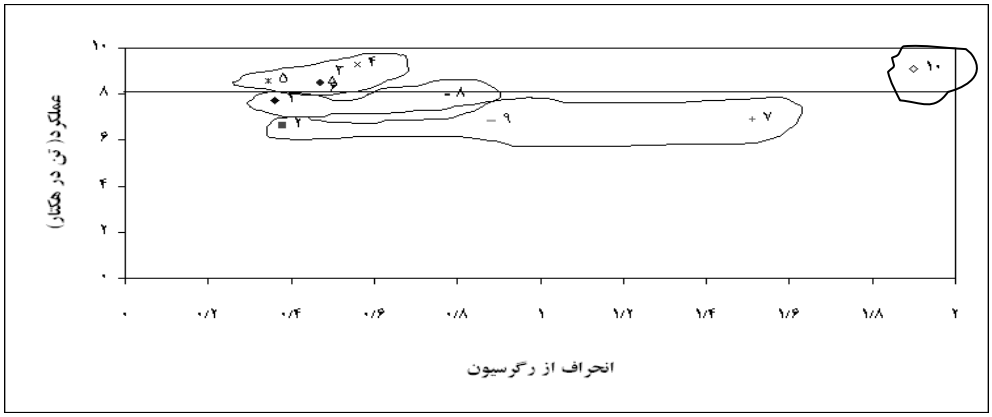
بزرگتر بودن مقدار $V_g$ برای هر رقم نشان دهنده نقش بیشتر آن جزء عملکرد در بیان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد، زیرا آن جزء در مرحله تکوینی خود اثر متقابل بیشتری را با عوامل محیطی نشان داده است. به‌طور مثال برای رقم سرداری بیشتر بودن مقدار $V_1$ نشان می‌دهد که تعداد سنبله در متر مربع اصلی‌ترین جزء عملکرد در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ با محیط برای عملکرد می‌باشد و این نتیجه برای رقم امید نیز که آن هم رقمی پابلند و دیر رس است مشاهده شد (جدول ۷).

از آنجایی که تعداد دانه در سنبله بسیار وابسته به شرایط محیطی مرحله تلقیح و گرده افشانی درگیاه می‌باشد، در صورت برخورد گیاه با شرایط نامساعد مثل کمبود آب مورد نیاز در این مرحله، میزان باروری کاهش می‌یابد. بنابراین ایجاد شرایط مطلوب در زمان تلقیح و گرده افشانی سبب افزایش پایداری در ارقام پیشتاز و خزر می‌گردد.




**شکل ۲- پراکنش ژنوتیپ‌ها براساس میانگین عملکرد ارقام و ضریب رگرسیون خطی ارقام**

**به‌ترتیب شماره عبارتند از: روشن، امید، فلات، پیشتاز، داراب، خزر، سبلان، الوند، سرداری، مغان ۱.**




**شکل ۳- پراکنش ژنوتیپ ها بر اساس میانگین عملکرد و انحراف از رگرسیون.**

ارقام به‌ترتیب شماره عبارتند از: روشن، امید، فلات، پیشتاز، داراب، خزر، سبلان، الوند، سرداری، مغان ۱ و خطوط به هم پیوسته گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر مبنای انحراف از رگرسیون و میانگین عملکرد را نشان می‌دهد.

به‌طور کلی به نظر می‌رسد در ارقام ناپایدار بیشترین سهم اثر متقابل ژنوتیپ و محیط ناشی از تعداد سنبله در واحد سطح می‌باشد. چون عوامل زراعی و اقلیمی در مراحل اولیه رشد بیشترین اثر را بر رشد و خصوصیات گیاه اعمال می‌کنند، آن دسته از ویژگی‌های گیاه که در این مراحل تکوین می‌یابند در صورت مواجه شدن با شرایط نامطلوب زراعی و اقلیمی به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرند و باعث کاهش عملکرد و ناپایداری ارقام می‌گردند و ارقام سرداری و امید به خوبی این نتیجه‌گیری را نشان دادند.

اجزای محیطی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط (جدول ۸) نشان داد که همانند سهم متفاوت ارقام در بیان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، سهم محیط‌ها نیز در بیان آن نسبتاً متفاوت بود. برای اکثر محیط‌ها (مصرف و عدم مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۷۰ و ۹۰ میلی‌متر تبخیر و مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر) بیشترین حساسیت محیطی در مرحله تلقیح و گرده افشانی ($r_2$) مشاهده گردید. محیط های عدم مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۱۱۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر بیشترین حساسیت محیطی را در مرحله $r_3$ داشتند. این نشان می‌دهد که به‌طور کلی ارقام گندم در مرحله تلقیح گل و تشکیل دانه حساسیت محیطی زیادی را از خود نشان می‌دهند و وقوع تنش در این مراحل تأثیر قابل توجهی را بر عملکرد خواهد داشت.

مرحله پنجه زنی ($r_1$) در اکثر محیط‌ها باکمترین حساسیت مواجه شد و به این مفهوم است که تنش اعمال شده در این مرحله بر عملکرد دانه تأثیر چندانی ندارد. کمترین مقدار $r_3$ نیز در محیط عدم مصرف کود نیتروژن با آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر مشاهده شد.

براساس روش تای (جدول ۷) در مرحله پرشدن دانه، بیشترین مقدار جزء ژنوتیپی $v_3$ مربوط به رقم پیشتاز بود (پایدارترین رقم) که عملکرد مطلوب و بالایی نیز داشت. ارقام دیررس و ناپایدار سرداری و امید دارای $v_1$ بسیار زیادی بودند و چون $v_1$ منعکس‌کننده همبستگی تعداد سنبله در متر مربع با عملکرد دانه می‌باشد و این همبستگی در ارقام ناپایدار بسیار بالا و معنی‌دار بود، لذا پارامتر $v_1$ به‌عنوان معیار مناسب برای گزینش جهت پایداری نمی‌باشد. به‌نظر می‌رسد به‌سبب تأثیرپذیری محیطی بیشتر ارقام در مرحله تلقیح و تشکیل دانه، انتخاب بر اساس شاخص $v_2$ نیز فاقد کارایی لازم باشد و جزء ژنوتیپی $v_3$ می‌تواند به‌عنوان معیار مناسب‌تری جهت گزینش ارقام پایدار معرفی گردد. در بررسی محیط‌ها نیز تنش در مرحله $r_2$ (تلقیح و گرده افشانی) تأثیر بیشتری بر عملکرد داشت. محمدی نژاد و رضایی (٤) نیز در ارزیابی ارقام یولاف با استفاده از روش تای نشان دادند که جزء ژنوتیپی وزن دانه بیشترین سهم را در بیان اثر متقابل ژنوتیپ و محیط داشت و مرحله تلقیح و تشکیل دانه را حساس‌ترین مرحله رشد ژنوتیپ‌ها به عوامل محیطی معرفی کردند.

تجزیه خوشه‌ای بر مبنای جزء ژنوتیپی $v_3$ و میانگین عملکرد، ارقام را به چهار دسته تقسیم کرد (شکل ٤). رقم پیشتاز با بالاترین مقدار $v_3$ و میانگین عملکرد بالا در گروه یک جای گرفت و به‌عنوان پایدارترین رقم شناخته شد. در گروه دوم ارقام مغان ۱، فلات، خزر و داراب قرار گرفتند که به جز رقم داراب بقیه مقدار $v_3$ کم و عملکرد دانه زیر حد متوسط داشتند، لذا این ارقام از نظر این جزء عملکرد دارای پایداری عمومی ضعیفی بودند. در گروه سوم ارقام الوند و روشن جای گرفتند که $v_3$ آنها در حد متوسط بود و عملکرد نزدیک به متوسط داشتند، بنابراین این گروه دارای پایداری متوسط بودند. در گروه آخر ارقام امید، سبلان و سرداری قرار گرفتند که کمترین مقدار $v_3$ را به خود اختصاص دادند و ناپایدارترین ارقام شناخته شدند. این نتایج در فراهم آوردن اطلاعات کاملتر در زمینه بررسی اثر متقابل سودمند می‌باشند.

**جدول ۵- ضرایب مسیر عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ارقام گندم.**

| رقم | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| روشن | -۰/٤٧ | -۰/٤٨ | ۰/۰۷۸ | -۰/٤۳ | ۰/۳۲ | -۰/۱۸ |
| امید | -۰/۲۲ | -۰/٤٤ | -۰/۲٤ | -۰/٤۰ | -۰/۰۵ | ۰/٦٦ |
| فلات | ۰/۱۹ | -۰/۱۵ | ۰/۲۵ | -۰/۰٤ | ۰/۵٤ | -۰/۵۸ |
| پیشتاز | ۰/٤۹ | -۰/۵٦ | ۰/٤٤ | -۰/٤۰ | ۰/۵٤ | ۰/۵۲ |
| داراب | ۰/۰۵ | -۰/۳٤ | -۰/۷۸ | ۰/۷۹ | ۰/٤۹ | ۱/۱۹ |
| خزر | -۰/۱۰ | ۰/۳٤ | -۰/۰۰۳ | ۰/۳۲ | ۰/٤۲ | -۰/۰۳ |
| سبلان | -۰/۰٦ | ۰/۰۸ | ۰/۳۰ | ۰/۳۸ | ۰/٦۳ | ۰/۱۷ |
| الوند | -۰/۵۲ | ۰/۵۹ | ۰/۵۸ | ۰/۹۳ | ۰/۱۵ | ۰/۱۲ |
| سرداری | ۰/٦۱ | ۰/۳٦ | -۰/۱۲ | ۰/۵۹ | ۰/۳۷ | -۰/۱٤ |
| مغان ۱ | -۰/٦۵ | -۰/۵٦ | -۰/۱٤ | ۰/٦۸ | ۰/۸۳ | -۰/۳٦ |

۱- a تا $a_6$ طبق شکل ۱ به‌ترتیب ضرایب مسیر تعداد سنبله در متر مربع با تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع با وزن دانه، تعداد دانه در سنبله با وزن دانه، تعداد سنبله در متر مربع با عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله با عملکرد دانه و وزن دانه با عملکرد دانه می‌باشند.

**جدول ٦- ضرایب مسیر منابع محیطی به اجزای عملکرد و عملکرد دانه در ارقام گندم.**

| رقم | $u_1$ | $U_2$ | $u_3$ | $v'_1$ | $v'_2$ | $v'_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| روشن | ۱/۰۰ | ۰/۸۸۳ | ۰/۸۵۳ | -۰/٤۹۰ | ۰/۲۷٤ | -۰/۱۵۲ |
| امید | ۱/۰۰ | ۰/۹۷٦ | ۰/۸۹ | -۰/٦٤۵ | -۰/۲۰۲ | ۰/۵۸۸ |
| فلات | ۱/۰۰ | ۰/۹۸۰ | ۰/۹٦٤ | ۰/۱۲۲ | ۰/۳۸٤ | -۰/۵۵۷ |
| پیشتاز | ۱/۰۰ | ۰/۸۷۲ | ۰/۸۵۷ | -۰/۳۱۱ | ۰/٦۷٤ | ۰/٤٤۸ |
| داراب | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۹ | ۰/٤۹۸ | ۰/۳۵۵ | -۰/٤۳۲ | ۰/۵۹۲ |
| خزر | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۵ | ۰/۹٤۱ | ۰/۳٦٦ | ۰/٤۲۰ | -۰/۰۳۱ |
| سبلان | ۱/۰۰ | ۰/۹۹۸ | ۰/۹۵۱ | ۰/۳۵۲ | ۰/٦۸٤ | ۰/۱٦۱ |
| الوند | ۱/۰۰ | ۰/۸۵۳ | ۰/۸۱۹ | ۰/۸۸۹ | ۰/۱۸۹ | ۰/۰۹٦ |
| سرداری | ۱/۰۰ | ۰/۷۹۵ | ۰/۹۵۲ | ۰/۷۷٦ | ۰/۳۰٦ | -۰/۱۳۲ |
| مغان ۱ | ۱/۰۰ | ۰/۷٦۲ | ۰/۸۷۹ | ۰/۳۱۰ | ۰/٦۷٦ | -۰/۳۲۱ |

$u_1$ تا $u_3$ طبق شکل ۱ به ترتیب ضرایب مسیر منابع محیطی $R_1$ تا $R_3$ به اجزای عملکرد و $V'_1$ تا $V'_3$ ضرایب مسیر منابع محیطی $R_1$ تا $R_3$ به‌عملکرد دانه می‌باشند.

**جدول ۷ – اجزای ژنوتیپی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط.**

| رقم | $\mu_{i.}$ | $\sigma_{wi}$ | $v_1$ | $v_2$ | $v_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| روشن | ۷/۷۱ | ۰/٦۸ | −۰/۳۳ | ۰/۱۹ | −۰/۱۰ |
| امید | ٦/٦۲ | ۰/۸۱ | −۰/۵۲ | −۰/۱٦ | ۰/٤۸ |
| فلات | ۸/٦۱ | ۰/۷۷ | ۰/۰۹ | ۰/۳۰ | −۰/٤۳ |
| پیشتاز | ۹/۲۷ | ۱/۰٤ | −۰/۳۲ | ۰/۷۰ | ۰/٤۷ |
| داراب | ۸/۵٦ | ۰/۵۹ | −۰/۲۱ | −۰/۲٦ | ۰/۳۵ |
| خزر | ۸/٤۸ | ۱/۵۲ | ۰/۵٦ | ۰/٦٤ | −۰/۰۵ |
| سبلان | ٦/۹۱ | ۱/٤۸ | ۰/۵۲ | ۱/۰۱ | ۰/۲٤ |
| الوند | ۷/۹٤ | ۱/۹٤ | ۱/۷۳ | ۰/۳۷ | ۰/۱۹ |
| سرداری | ٦/۸۱ | ۰/۹۲ | ۰/۷۲ | ۰/۲۸ | −۰/۱۲ |
| مغان ۱ | ۹/۱۱ | ۱/۵۵ | ۰/٤۸ | ۱/۰۵ | −۰/۵۰ |

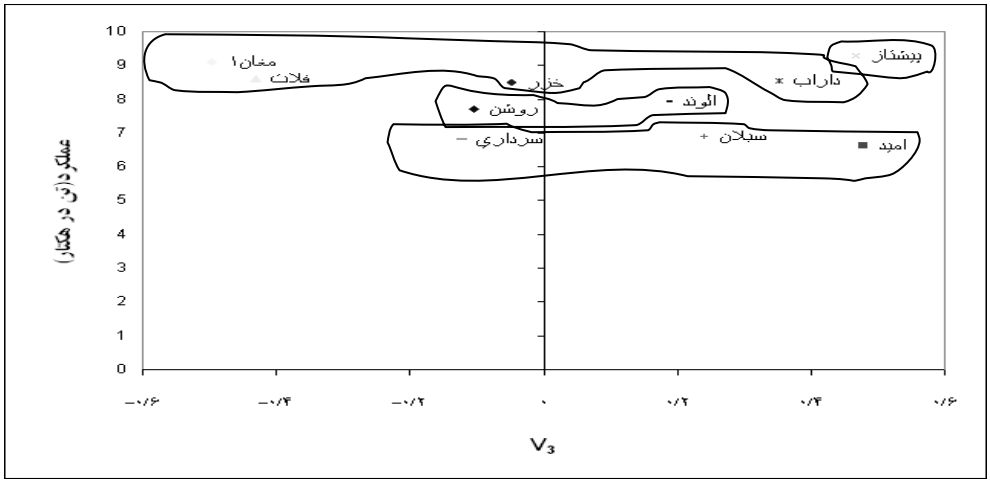
$\mu_{i.}$, $\sigma_{wi}$ i به‌ترتیب میانگین و انحراف معیار عملکرد ژنوتیپ i و $v_1$, $v_2$, $v_3$ اجزای ژنوتیپی پایداری می‌باشند.

**جدول ۸– اجزاء محیطی آثار متقابل ژنوتیپ و محیط برای محیط‌ها[1].**

| محیط | $r_1$ | $r_2$ | $r_3$ |
|---|---|---|---|
| کود و ۷۰ | −۰/۰۳ | ۱/۰٦ | ۰/۳۷ |
| بدون کود و ۷۰ | ۱/۲۷ | ۱/۳۵ | ۰/۹۳ |
| کود و ۹۰ | ۰/۲٦ | ۰/٦۸ | −۰/۲۸ |
| بدون کود و ۹۰ | ۰/۳۳ | ۱/۵۲ | ۰/۰۹ |
| کود و ۱۱۰ | −۱/۱۹ | ۱/۸٦ | −۱/۲٦ |
| بدون کود و ۱۱۰ | −۱/۰۲ | −۰/۸۵ | −۱/۰۵ |
| کود و ۱۳۰ | −۰/۸۹ | −۱/۵۱ | −۱/۲۳ |
| بدون کود و ۱۳۰ | ۰/۸۵ | ۰/۸٤ | ۱/۱٤ |

$r_1$ تا $r_3$ به‌ترتیب اجزاء محیطی تأثیر گذار بر تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه می‌باشند.

۱– مصرف و عدم مصرف کود سرک و آبیاری پس از ۷۰، ۹۰، ۱۱۰، ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر.




**شکل ٤- پراکنش ارقام بر اساس میانگین عملکرد و جزء ژنوتیپی $v_3$ خطوط پیوسته گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام را بر اساس جزء ژنوتیپی $v_3$ و میانگین عملکرد دانه نشان می‌دهد.**

## فهرست منابع


Akcura, M., Kaya, Y and Taner, S. 2005. Genotype-environment interaction and phenotypic stability analysis for grain yield of durum wheat in the central Anatolian region. J. Agric. 29: 369- 375.

Ashraf, M., Qureshi, A.S. and Khan, N.A. 2001. Genotype – environment interaction in wheat. J. Biol. Sci. 1: 356- 357.

Dohlert, D.C., Mcmullen, M.S. and Hammond, J.I. 2001. Genotype and environmental effects on grain quality of oat grown in North Dakota. Crop Sci. 41: 1066-1072.

Dokuyuky, T. and Akkaya, A. 1999. Path coefficient analysis and correlation of grain yield components of wheat genotype. Rachis 18: 17-20.

Eberhart, S.A. and Russel, W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.

Finlay, K.W. and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agric. Res. 14: 742-754.

Freeman, G.H. 1973. Statistical methods for the analysis of genotype– environment interaction Heredity 31: 339-54.

Freeman, G.H. and Perkins, J.M. 1971. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments Heredity 27: 15-23.

Hayward, M.D., Bosemork, N.O., and Romagosa. I. 1993. Plant breeding principals and prospects, Chapman and Hall, Londan, U.K.

Lalbachan, V. 1994. Analysis of genotype – environment interactions for yield in irrigated rice. College Laguna J. Philipine.

Shukla, G.K. 1972. Some statistical aspect of partitioning genotype environment components of variability. Heredity 29: 237-245.

Tai, G.C.C. 1975. Analysis of genotype environment interactions based on the method of path coefficient analysis. Can. J. Gent. Cytol 17: 141- 149.

Tai, G.C.C., Lary, D., and Coleman, W.K. 1994. Path analysis of genotype – environment interaction of potatoes exposed to increasing warm-climate constrains. Euphytica 75: 49-61.

Thomas, T.L., Grafius, J.E., and Hahn, S.K. 1971. Genetic analysis of correlated sequential characters. Heredity 26: 177-188.

Yahaya, Y., Eehekwu, C.A., and Mohammed, S.G. 2005. Yield stability analysis of pearl millet hybrids in Nigeria. J. Biotechnology 5: 249- 253.

*EJCP., Vol. 1 (1), Spring 2008*
*www.ejcp.info*

# Assessment Genotype*Environment Interaction in Ten Wheat Cultivars with Regression and Path Coefficient Analysis

***P. Askarinia[1], G. Saeidi[2] and A. Rezai[3]**
[1]M.Sc. student Dept. of Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University Technology, Iran, [2&3]Associate Prof. and Professor Dept. of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Respectively, Isfahan University of Technology, Iran

**Abstracts**

This study was conducted to investigate the genotype×environment interaction effects on yield and yield components of wheat. Ten cultivars of wheat were evaluated in 8 environments (combinations of two levels of nitrogen and four irrigation regimes) in growing season of 2006-2007 at the Research Farm of Isfahan University of Technology. Based on the stability parameters of Eberhart and Russel, Pishtaz and Moghan$_1$ that had higher yield than the average and regression coefficient of 1 (approximately), were more adapted cultivars. However, Khazar and Alvand cultivars showed specific adaptation to better and Falat, Darab and Roshan cultivars to poor environments. Path analysis of genotype×−environment interaction (Tai's method) showed $v_1$ component that indicated the correlation of fertile panicles/m$^2$ with grain yield, was high and significant only for unstable cultivars, therefore, this component is not a suitable criterion for selection of stability. The environmental components showed that fertility and grain filling periods were the most sensitive growth stages of cultivars to the environmental conditions, therefore, it seems that selection for stability based on this component ($v_{2)}$ may not be effective. Genotypic component of $v_3$ (seed weight) was the most effective component of yield stability and based on this component, Pishtaz was the highest yielding and stable cultivar. In general, according to the results of this study, Pishtaz with grain yields of 9.27 t/ha and with the highest stability was determined as the suitable cultivar.

***Keywords***: Interaction; Genotype*Environment, Stability; Path coefficients; Wheat.

*- Corresponding Author. Email: parvanehaskarinia@yahoo.com