تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ × محیط (مدیریت‌های زراعی) در ارقام یولاف بر مبنای تجزیه ضرایب مسیر و رگرسیون

قاسم محمدی‌نژاد و عبدالمجید رضائی[۱]

چکیده

این بررسی به‌منظور ارزیابی پایداری ۹ ژنوتیپ یولاف و یک رقم جو نسبت به مدیریت‌های زراعی و هم‌چنین برای تعیین سهم هر یک از عوامل زراعی (محیطی) در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین پایدارترین جزء عملکرد در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد انجام شد. ژنوتیپ‌های یولاف شامل ۴ رقم کانادایی و ۵ لاین اصلاحی از ترکیه بودند . محیط‌های مورد بررسی را سه تاریخ کاشت ۲۰ مهر، ۱۰ آبان و ۳۰ آبان و سه تراکم کاشت ۳۰۰، ۳۷۵ و ۴۵۰ بذر در مترمربع تشکیل دادند. برای هر محیط از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار استفاده شد. تجزیه واریانس مرکب برای صفات تعداد خوشه بارور در مترمربع، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه تفاوت‌های ژنتیکی بسیار معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. به جز برای وزن هزار دانه برای بقیه صفات بین محیط‌های مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری وجود داشت. عملکرد دانه و همه اجزاء آن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط معنی‌داری نشان دادند. نسبت مجموع مربعات اثر متقابل از کل تغییرات برای عملکرد دانه (۲۲/۳۷٪) بیشتر از سایر صفات بود. تجزیه پایداری بر مبنای ضریب رگرسیون خطی نشان داد که رقم بویر و لاین ۲۸ با عملکرد بالاتر از میانگین و ضریب رگرسیون خطی نزدیک به ۱ دارای سازگاری مطلوب هستند، در حالی‌که رقم پیسر و جوماکویی به‌ترتیب با محیط‌های مساعد و نامساعد سازگاری خصوصی داشتند. بر مبنای میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون رقم بویر با کمترین انحراف پایدارترین رقم تشخیص داده شد. تجزیه ضرایب مسیر آثار متقابل ژنوتیپ× محیط به‌روش تای نشان داد که جزء ژنوتیپی V_3 (وزن دانه) مهم‌ترین جزء تأثیرگذار بر عملکرد و پایداری است. بر این‌اساس رقم بویر با دارا بودن بالاترین مقدار V_3 پایدارترین ژنوتیپ پرمحصول تشخیص داده شد. مقایسه اجزای محیطی در روش تای، مرحله گرده افشانی و تشکیل دانه را حساس‌ترین مرحله رشد ژنوتیپ‌ها نسبت به عوامل محیطی معرفی نمود، از این‌رو ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌ها بر اساس جزء ژنوتیپی V_2 (تعداد دانه در خوشه) سودمند نخواهد بود. در نهایت بر مبنای نتایج این پژوهش، رقم بویر با عملکرد ۵/۸ تن در هکتار و واکنش پایدار در همه محیط‌ها به عنوان رقم مناسب شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، تجزیه پایداری، ضرایب مسیر، مدیریت‌های زراعی، یولاف

۱. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استاد زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]

مقدمه

در راستای برنامه معرفی ارقام جدید گیاهان زراعی از جمله یولاف، مطالعه و شناخت آثار متقابل ژنوتیپ× محیط با توجه به تنوع شرایط آب و هوایی مناطق مختلف حائز اهمیت زیادی است. اهمیت این گونه آثار، مبانی ژنتیکی و نقش تعیین‌کننده آنها در برنامه‌های بهنژادی از مباحث مورد توجه متخصصین اصلاح نباتات است (۴). ماحصل اثر متقابل ژنوتیپ× محیط به صورت سازگاری و پایداری تجلی می‌یابد. وجود اثر متقابل ژنوتیپ× محیط پایداری ارقام را می‌کاهد و باعث کاهش بازده ارقام در برخی از محیط‌ها می‌گردد (۱۰).

برای تعیین پایداری ارقام از روش‌های گوناگونی استفاده می‌شود و محققین مختلف معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام به‌کار گرفته‌اند (۱۰). برخی از محققین (۴ ، ۷ و ۱۰) گزارش نموده‌اند که اغلب بین ظهور صفات در ژنوتیپ‌های مختلف و اثر محیط که معمولاً به‌وسیله معیارهای متفاوتی سنجیده می‌شود، رابطه خطی یا نزدیک خطی وجود دارد. به همین جهت ییتز و کوکران (۱۴) استفاده از روش رگرسیون را برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف پیشنهاد نمودند. ابرهارت و راسل (۷) از شیب خط رگرسیون (b_i) و میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون (s^2_{di}) به عنوان معیارهای تعیین پایداری استفاده نمودند. روش آنها در واقع تعمیم روش فینلی و ویلکینسون (۹) است. واکنش ویژه هر ژنوتیپ به عوامل محیطی با ضریب رگرسیون مشخص می‌گردد و این شاخص به عنوان پارامتر پاسخ در نظر گرفته می‌شود. میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون مربوط به بخش غیر قابل پیش بینی تنوع هر ژنوتیپ می‌گردد، لذا باید به عنوان پارامتر پایداری در نظر گرفته شود.

توماس و همکاران (۱۳) گزارش نمودند که تکوین یک گیاه طی یک نظام پویا و پیچیده صورت می‌گیرد، به‌طوری که هر یک از اجزای این نظام می‌توانند تحت تأثیر ژنوتیپ، محیط و یا اثر متقابل آنها واقع شوند. از طرفی عملکرد یک گیاه طی فرایندهای پیاپی شکل می‌گیرد. روش تای (۱۱) بر همین اساس پیشنهاد شده است. وی از تجزیه ضرایب مسیر برای تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین سهم اجزاء ژنوتیپی و اجزاء محیطی در شکل‌گیری آن استفاده نمود. اجزای عملکرد یولاف عبارتند از: تعداد خوشه در مترمربع (X)، تعداد دانه در خوشه (Y)، و وزن دانه (Z) که در یک توالی زمانی از X به Z تکوین می‌یابند و از حاصلضرب آنها عملکرد دانه (W) به‌دست می‌آید. نظر به این که اجزای عملکرد در طول رشد گیاه تکوین می‌یابند، لذا عوامل محیطی آثار متفاوتی را بر آنها دارند. این عوامل، اجزاء محیطی موثر بر اجزاء عملکرد نامیده می‌شوند.

تای (۱۲) در مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای ۷ رقم سیب‌زمینی در دو سری آزمایش با شرایط اقلیمی و زراعی متفاوت بر مبنای تجزیه ضرایب مسیر مشاهده کرد که برای اکثر ارقام کنترل ژنتیکی در واکنش به شرایط محیطی وجود دارد. هم‌چنین مشاهده نمود که در طول رشد واکنش ارقام نسبت به منابع محیطی یکسان نیست و از آنجا که سومین جزء محیطی بیشترین تأثیر را بر عملکرد داشت، استنباط شد که در دسترس بودن منابع محیطی برای رشد بهینه در مرحله حجیم شدن غده برای بیشتر ارقام ضروری است.

فرشادفر (۳) در تجزیه علیت اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای لاین‌های جایگزین شده کروموزومی گندم نشان داد که سهم تعداد دانه در سنبله در اثر متقابل ژنوتیپ× محیط بیشتر از سهم نسبی تعداد سنبله در بوته و وزن دانه می‌باشد. هم‌چنین مشاهده شد که حساسیت تعداد دانه در سنبله به تغییرات محیطی کمتر از دو جزء دیگر است. بنابراین تعداد دانه در سنبله نقش بیشتری در پایداری فنوتیپی گندم داشت. آقایی و همکاران (۱) پایداری عملکرد دانه ارقام جو را ارزیابی نمودند و به پایداری صفاتی مثل طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، شاخص برداشت و وزن هزار دانه اشاره کردند.

رضایی و فرای (۲) در بررسی سازگاری ایزولاین‌های یولاف مقاوم به نژادهای مختلف بیماری زنگ در ۱۸ محیط با شرایط زراعی و اقلیمی متفاوت تطابق نسبتاً خوبی بین عملکرد و شاخص‌های محیطی دیدند و بیان کردند که بین ژنهای

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]

مقاومت به زنگ با ژنهای سازگاری در ایزولاین‌ها هم‌بستگی وجود دارد . ایگلز و همکاران (۶) در ارزیابی پایداری ژنوتیپ‌های یولاف در ۲۴ محیط مشتمل بر شرایط اقلیمی و تاریخ‌ها و تراکم‌های مختلف کاشت و سطوح متفاوت کود اشاره کردند که در صورتی که فقط بخش کوچکی از واریانس اثر متقابل ژنوتیپ× محیط مربوط به نامتجانسی ضریب رگرسیون باشد، تمایز پایداری ارقام با استفاده از ضریب رگرسیون سودمند نیست.

با توجه به این که متغیرهای محیطی به دو دسته عوامل قابل پیش‌بینی و غیر قابل پیش‌بینی تقسیم می‌شوند، با اعمال مدیریت‌های مختلف زراعی مانند کاشت در تاریخ‌ها و تراکم‌های متفاوت می‌توان تا حدودی به آثار تصادفی سال و مکان دست یافت (۸). به همین منظور این پژوهش برای ارزیابی واکنش(سازگاری) ارقام و ژنوتیپ‌های امید بخش یولاف در ۶ محیط متغیر از لحاظ تاریخ وتراکم کاشت طرح‌ریزی شده است. هم‌چنین در این پژوهش سعی بر آن است که با بهره‌گیری از روش تای (۱۲) و توجه به رشد و نمو تکوینی اجزای عملکرد سهم هر یک از عوامل محیطی در ایجاد اثر متقابل ژنوتیپ× محیط شناسائی گردد و پایدارترین جزء عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف یولاف مشخص شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۹ رقم و لاین یولاف با ساختار ژنتیکی متفاوت به همراه یک رقم جو به عنوان شاهد (جوماکویی) در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ مورد آزمون پایداری قرار گرفتند. انتخاب رقم شاهدجو بدین دلیل بود که در ایران تولید یولاف مرسوم نیست و جو از نظر شرایط تولید و مصرف نزدیک ترین گیاهی است که می‌تواند با آن رقابت کند. آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد انجام شد. ژنوتیپ‌های یولاف شامل ۵ لاین اصلاحی از ترکیه به شماره‌های ۲، ۱۷، ۲۸، ۳۲ و ۳۶ و چهار رقم دریافتی از بانک ژن گیاهی کانادا به نام‌های بویر (Boyer)، پیسر (Paycer)، دربای (Derby) و کالیبر (Calibre) بودند. محیط های مورد ارزیابی شامل تاریخ‌های کاشت ۲۰مهر ، ۱۰ آبان و ۳۰ آبان با تراکم کاشت ثابت ۳۵۰ بذر در مترمربع و تراکم‌های کاشت ۳۰۰ ،۳۷۵ .و۴۵۰ بذر در مترمربع در تاریخ کاشت ۱۲ آبان بودند. ژنوتیپ‌ها در هر محیط در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی باسه تکرار ارزیابی شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۲ متر و فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی از قبیل آبیاری و کنترل علف‌های هرز به طور کامل اعمال گردید. در این بررسی چهار صفت تعداد خوشه در مترمربع(بر اساس شمارش خوشه‌ها در ۰/۲ مترمربع)، تعداد دانه در خوشه(بر اساس شمارش ۱۰ خوشه)، وزن دانه(بر مبنای شمارش ۱۰۰۰دانه) و عملکرد دانه(سطح برداشت ۱/۶ مترمربع) اندازه‌گیری شدند.

ابتدا تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف انجام شد. سپس به منظور تجزیه پایداری ابتدا با استفاده از مدل رگرسیون ابرهارت و راسل (۷) رابطه خطی عملکرد دانه بر اساس شاخص محیطی طبق فرمول زیر ارزیابی شد.

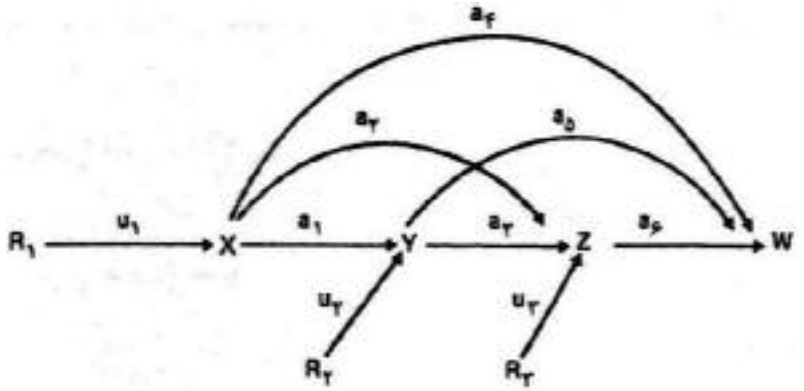
$$Y_{ij} = \mu_i + B_i I_j + \varepsilon_{ij}$$

در این فرمول y_{ij} میانگین رقم i در محیط j ، μ_i میانگین رقم i در تمام محیط‌ها، I_j ارزش محیطی یا میانگین تمام ارقام در محیط j به صورت انحراف از میانگین کل، b_i ضریب رگرسیون واکنش رقم i در محیط‌های مختلف، و ε_{ij} انحراف از رگرسیون رقم i در محیط j است. جهت آزمون تفاوت معنی‌دار ضرایب رگرسیون با یک از آزمون t استفاده شد و برای آزمون معنی‌داربودن واریانس انحراف از خط رگرسیون برای هر ژنوتیپ (s^2_{di}) به عنوان خطای استاندارد در آزمون F استفاده شد. هم‌چنین نمودار پایداری (پراکنش ژنوتیپ‌ها بر حسب ضریب رگرسیون خطی و میانگین) و نمودار پراکنش واریانس انحراف از خط رگرسیون هر ژنوتیپ در برابر میانگین آن جهت تفسیر آثار متقابل ترسیم شدند.

در نهایت با استفاده از مدل تای (۱۱) و تجزیه پایداری بر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]



شکل ۱. نمودار تجزیه مسیر که بیانگر ارتباط عملکرد (w) و ترتیب تکوینی اجزاء از x به z می‌باشد.

مبنای تجزیه ضرایب مسیر سهم هر یک از اجـزای عملکـرد در آثار متقابل ژنوتیپ× محیط تعیین شد. در این مدل فرض بـر آن است که اولاً ترتیـب زمـانی رشـد ونمـو اجـزاء عملکـرد از X (تعداد خوشه در مترمربع) به Y (تعـداد دانـه در خوشـه) بـه Z (وزن دانه) می‌باشـد و عملکـرد از حاصـل‌ضـرب ایـن اجـزای (یعنی W=XYZ) به دست می‌آید. ثانیاً فرض بـر آن اسـت کـه منابع محیطی را مـی‌تـوان بـه سـه گـروه مـستقل R_1، R_2 و R_3 تفکیک کرد کـه در طـی نمـو گیـاه و در تـوالی زمـانی تکـوین اجزای عملکرد آن جزء را تحت تـأثیر قـرار مـی‌دهنـد. نمـودار تجزیه مسیر در شکل ۱ نشان داده شده است. در این نمـودار a_1 تا a_6 ضرایب علیـت ژنـوتیپی و u_1، u_2 و u_3 ضـرایب مـسیر از منابع محیطی به اجزای عملکرد هستند.

اگر g ژنوتیپ در e محیط ارزیـابی شـوند و v'_1، v'_2 و v'_3 ضرایب مسیر از R_1، R_2 و R_3 به W باشند و e اثـر بـاقی‌مانـده باشد در آن صـورت عملکـرد ژنوتیـپ iام در محـیط jام طبـق رابطه زیر برآورد می‌شود:

$$W = v'_1r_1 + v'_2r_2 + v'_3r_3 + e$$

را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

$$W = \mu_{wi} + V_{1i}r_{1j} + V_{2i}r_{2j} + V_{3i}r_{3j} + e_{ij}$$

در ایـن فرمـول $V_{gi} = V'_{gi}\sigma_{wi}$: δ^2_{wi} واریـانس عملکـرد ژنوتیپ i ؛ μ_{wi} میانگین اثر ژنوتیپi ؛ V_1 ، V_2 و V_3 سه جـزء ژنوتیپی پایداری اثر متقابل، r_1 ، r_2 و r_3 سـه جـزء محیطـی اثـر متقابل و e_{ij} جزء مربوط به اشتباه است.

سه جزء ژنوتیپی نشان دهنده کارایی ژنوتیپ بـرای اسـتفاده از اجزاء محیطـی در طـول دوره رشـد بـرای تـشکیل عملکـرد می‌باشند و هر یک از اجزای محیطی، بیـانگر اهمیـت نـسبی آن عامل محیطی بر جزء عملکرد مربوط اسـت کـه در هـر محـیط ثابت می‌باشد و هر چه قدر مطلق r بـرای صـفتی بیـشتر باشـد، یعنـی آن صـفت بیـشتر تحـت تـأثیر محـیط قـرار مـی‌گیـرد و ناپایدارتر است. در واقع از این روش برای تعیین این کـه کـدام ژنوتیپ در کدام مرحله رشد بیشترین حـساسیت را بـه عوامـل محیطی از جمله تنش‌ها دارد، استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

نتایج آزمون بارتلت حاکی از یک‌نـواختی واریـانس‌هـای خطـا برای همه صفات بود. تجزیه واریانس مرکب (جـدول ۱) بـرای عملکرد دانه تفاوت بسیار معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد. هم‌چنین اثر محیط برای کلیه صفات غیر از وزن دانـه در سـطح احتمال ۵ درصـد معنـی‌دار بـود. میـانگین مربعـات اثـر متقابـل ژنوتیپ × محیط برای کلیـه صـفات معنـی‌دار گردیـد. مجمـوع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ× محیط برای عملکرد دانه در حـدود ۲۳٪ مجموع مربعات کل را به خود اختـصاص دادکـه از سـایر صفات بیشتربود.

دهلـرت و همکـاران (۵) در ارزیـابی عملکـرد دانـه ژنوتیپ‌هـای یـولاف، گـر چـه اثـر متقابـل ژنوتیـپ× محـیط معنی‌داری مشاهده کردند، ولی دریافتند که میـانگین مربعـات

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]

جدول ۱. تجزیه واریانس عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در ۶ محیط بر اساس روش ابرهارت و راسل

منابع تغییر[1]	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F
محیط	۵	۴۵/۸۹	۹/۱۸	۴/۱۱**
تکرار در محیط	۱۲	۱۶/۷۵	۱/۴۰	--
ژنوتیپ	۹	۸۹/۰۸	۹/۹۰	۷/۷۳**
ژنوتیپ × محیط	۴۵	۵۷/۶۸	۱/۲۸	۲/۸۷**
محیط (خطی)	۱	۴۵/۸۹	۴۵/۸۹	-
ژنوتیپ × محیط (خطی)	۹	۷/۲۴	۰/۸	۰/۶۳
انحراف مرکب	۴۰	۵۰/۴۳	۱/۲۶	۲/۸۲**
اشتباه مرکب	۱۰۸	۳/۷۲	۰/۴۵	-

۱ : حاصل جمع مجموع مربعات و درجه آزادی محیط به منابع تغییر ردیف‌های ۵ ، ۶ و ۷ جدول تفکیک می‌شود.

جدول ۲. پارامترهای پایداری بر مبنای روش رگرسیون

ژنوتیپ	ضریب رگرسیون خطی[1]	ضریب رگرسیون درجه۲[2]	عرض از مبدأ (a)	مجموع مربعات رگرسیون خطی	مجموع مربعات رگرسیون درجه ۲	انحراف از رگرسیون خطی	انحراف از رگرسیون درجه ۲	ضریب تبیین خطی	ضریب تبیین خطی+ درجه ۲
لاین ۲	۰/۴۹	-۰/۰۰۷	۴/۸۵	۱/۰۹	۰/۰۲	۱/۴۳*	۱/۹۱**	۱۶/۰	۱۶/۲
لاین ۱۷	۱/۰۱	-۱/۳۴۰	۵/۳۳	۴/۶۹	۴/۴۴	۲/۵۳**	۱/۸۹**	۳۱/۷	۶۱/۶
لاین ۲۸	۰/۹۰	۰/۵۴۹	۵/۹۹	۳/۶۹	۰/۷۴	۱/۱۸*	۱/۳۳*	۴۳/۹	۵۲/۷
لاین ۳۲	۱/۰۷	۰/۰۰۷	۲/۷۶	۵/۳۱*	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۱۵	۹۱/۸	۹۲/۰
لاین ۳۶	۰/۹۴	۰/۵۴۱	۴/۷۹	۴/۰۷*	۰/۷۲	۰/۵۰	۴/۳۱	۶۶/۹	۷۸/۸
رقم کالیبر	۱/۴۳	-۰/۰۰۴	۴/۶۴	۹/۴۲*	۰/۰۰۴	۰/۷۵	۱/۱۰*	۷۵/۷	۷۵/۸
رقم دربای	۰/۷۷	-۰/۴۹۳	۵/۲۷	۲/۷۲	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۳	۵۲/۳	۶۳/۹
رقم پیسر	۱/۸۴	۱/۰۹۳	۶/۹۰	۱۵/۵۵*	۲/۹۵	۲/۰۱**	۱/۶۹*	۶۵/۹	۷۸/۵
رقم بویر	۱/۱۲	۰/۴۶۴	۵/۷۸	۵/۷۵	۰/۵۳	۰/۹۳	۱/۰۶*	۶۰/۷	۶۶/۴
جوماکویی	۰/۴۲	-۰/۷۶۶	۷/۳۶	۰/۸۱۸۶	۱/۴۵	۲/۵۲**	۲/۸۸**	۷/۵	۲۰/۸

**و*: به‌ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد

۱. نتیجه آزمون t برای فرض $H_0 : b_l = 0$ در سطح احتمال ۵٪

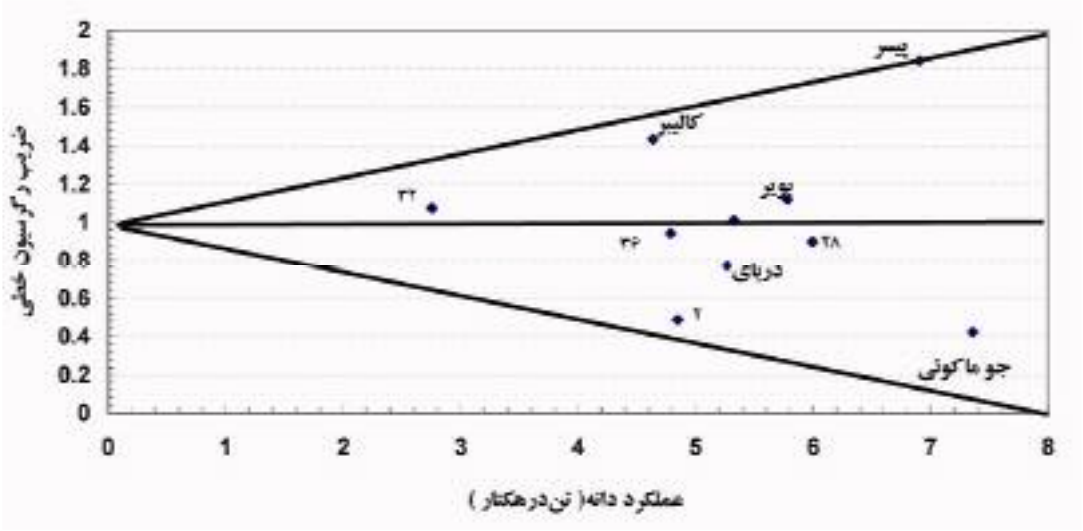
۲. نتیجه آزمون t برای فرض $H_0 : b_q = 0$ در سطح احتمال ۵٪

اثر اصلی نسبت به میانگین مربعات اثر متقابل بسیار بزرگ‌تر است.

منابع تغییر ژنوتیپ، محیط، ژنوتیپ × محیط و انحراف مرکب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول۱). معنی‌دار شدن واریانس محیط خطی حاکی از این است که تغییرات عملکرد محیط‌ها از روند خطی قابل توجهی برخوردار می‌باشد. اثر متقابل ژنوتیپ× محیط خطی معنی‌دار نگردید که نشان دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار ژنوتیپ‌ها از لحاظ شیب خط رگرسیون است. پارامترهای سازگاری برای عملکرد دانه شامل ضرایب رگرسیون ، مجموع مربعات رگرسیون ، انحراف از رگرسیون و ضرایب تبیین مدل‌های خطی و درجه ۲ در جدول ۲

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]



شکل ۲. پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس میانگین و ضریب رگوسیون خطی ابرهارت و راسل. خط عمودی از نقطه میانگین عملکرد دانه می‌گذرد.

آورده شده‌اند. ضرایب رگرسیون درجه ۲ برای هیچ یک از ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری با صفر نداشتند. جوماکویی با ضریب رگرسیون خطی b_L =۰/۴۲ و رقم پیسر با b_L =۱/۸۴ به ترتیب واجد کوچکترین و بزرگترین ضرایب رگرسیون خطی بودند. البته علیرغم دامنه تغییرات نسبتاً زیاد، اختلاف ضرایب رگرسیون خطی با یک معنی‌دار نبود.

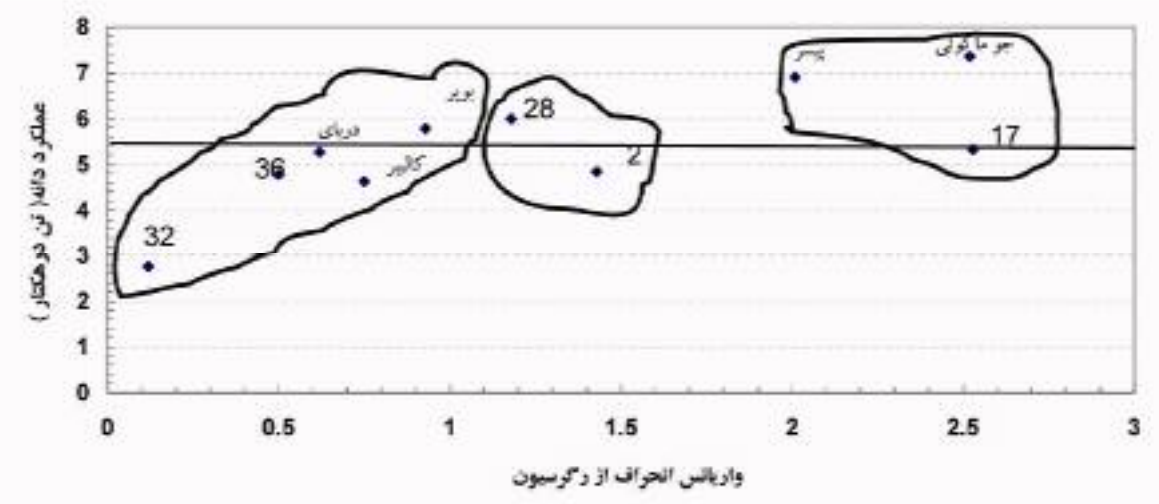
مجموع مربعات رگرسیون خطی برای لاین‌های ۳۲و ۳۶و ارقام کالیبر و پیسر در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد (جدول۲) و بنابراین یک رابطه خطی تغییرات عملکرد این ژنوتیپ‌ها را در محیط‌های مختلف توجیه می‌کند. این مجموع‌مربعات برای بقیه ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نگردید.

بر اساس نمودار پایداری ارقام که بر مبنای ضریب رگرسیون خطی رسم شد (شکل ۲)، اگر ژنوتیپی روی خط b=۱ قرار گیرد، دارای پایداری عمومی است و چنانچه عملکرد آن نیز بالا باشد پایداری عمومی مطلوب دارد. چنانچه b =۱ و عملکرد متوسط باشد، آن ژنوتیپ پایداری عمومی متوسط دارد و بالاخره اگر b =۱ و عملکرد پایین باشد، ژنوتیپ دارای پایداری عمومی ضعیف است. ژنوتیپ‌های با ضریب رگرسیون کمتر از ۱ و بیشتر از ۱ به ترتیب واجد سازگاری خصوصی با محیط‌های نامساعد و مساعد می‌باشند. بر اساس شکل ۲ ملاحظه می‌گردد که لاین ۱۷ روی خط b =۱ قرار گرفته است و عملکرد بالایی نیز دارد، بنابراین از این نظر دارای پایداری عمومی مطلوب است. از طرف دیگر این لاین واجد بالاترین انحراف از خط رگرسیون می‌باشد (شکل ۳) و نمی‌توان براین اساس آن را ژنوتیپی با پایداری عمومی مطلوب برشمرد. از بین لاین‌های ۲۸، ۳۶ و ۳۲ و ارقام بویر و دربای که حدوداً شیبی نزدیک به یک دارند، فقط رقم بویر و لاین ۲۸ با عملکرد بیشتر از میانگین دارای پایداری عمومی مطلوب بودند. جوماکویی و لاین ۲ دارای سازگاری خصوصی با محیط‌های نامساعد و ارقام کالیبر و پیسر دارای سازگاری خصوصی با محیط‌های مساعد هستند. لازم به تو ضیح است که رتبه محیط‌ها (مدیریت‌های زراعی) بر اساس متوسط عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در آن محیط به ترتیب تاریخ کاشت‌های اول و دوم ، تراکم کاشت اول، تراکم کاشت دوم، تاریخ کاشت سوم و تراکم کاشت سوم با عملکردهای ۶/۷۲ ،۶/۲۴، ۵/۲ ، ۴/۹۶ ، ۴/۸۵ و ۴/۱۸ تن در هکتار می‌باشد.

آزمون F برای بررسی انحراف‌های انفرادی از رگرسیون مشخص نمود که به جز برای لاین‌های ۳۲و ۳۶ و ارقام کالیبر،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]



شکل ۳. پراکنش ژنوتیپ‌ها بر مبنای میانگین عملکرد دانه و مقادیر انحراف از رگوسیون خطی، (پارامتر دوم ابرهارت وراسل) خطوط به هم پیوسته گروه‌بندی‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای بر مبنای واریانس انحراف از رگرسیون را نشان می‌دهند و خط افقی ممتد از میانگین عملکرد دانه می‌گذرد.

دربای و بویر برای بقیه ژنوتیپ‌ها میانگین مربعات انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار است، لذا در این مورد توجیه رابطه خطی در تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به تنهایی کافی نمی‌باشد و این نکته یکی از ایرادات روش رگرسیون در تجزیه پایداری است. شکل ۳ پراکنش ژنوتیپ‌ها را بر مبنای میانگین عملکرد دانه و پارامتر دوم پایداری ابرهارت و راسل (s^2_{di}) نشان می‌دهد. در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها بر اساس واریانس انحراف از رگرسیون به روش وارد (Ward) ژنوتیپ‌ها به سه گروه تفکیک شدند که در روی شکل ۳ با منحنی‌های بسته نمایش داده شده‌اند. ژنوتیپ‌های گروه اول را جو ماکوئی، پیسرولاین ۱۷ تشکیل دادند که بالاترین مقدار واریانس انحراف از رگرسیون را داشتند و بر این مبنا ناپایدار محسوب شدند. در گروه دوم که ژنوتیپ‌ها s^2_{di} حد واسط داشتند،لاین‌های ۲ و ۲۸ قرار گرفتند. در گروه سوم لاین‌های ۳۲ و ۳۶ و ارقام کالیبر، بویر و دربای جای گرفتند که پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند. در این بین فقط رقم بویر عملکردی بالاتر از میانگین داشت و ژنوتیپی با پایداری عمومی مطلوب تشخیص داده شد. در مجموع با توجه به میانگین عملکرد و هر دو پارامتر پایداری ابرهارت و راسل رقم بویر و لاین ۲۸ دارای پایداری عمومی مطلوب و لاین‌های ۳۲ و ۳۶ دارای پایداری عمومی (b نزدیک به یک) می‌باشند. لاین ۱۷ نیز دارای عملکرد بالا و نزدیک‌ترین ضریب رگرسیون به یک بود و می تواند به عنوان لاینی با پایداری عمومی شناخته شود. البته لازم به ذکر است که مجموع مربعات اثر متقابل ژنوتیپ× محیط فقط ۱۲/۵درصد از مجموع مربعات کل را شامل شد. بنابراین با توجه به این که توصیه محققان (۴) بر این است که برای مفید واقع شدن تجزیه رگرسیون باید حداقل ۵۰٪ مجموع مربعات کل توسط اثر متقابل ژنوتیپ × محیط تبیین گردد، استفاده از این روش به تنهایی برای تجزیه پایداری کافی نیست. لذا به منظور اطمینان بیشتر و ارزیابی اجزاء ژنوتیپی پایداری و اجزاء محیطی تأثیرگذار بر آن از مدل تجزیه ضرایب مسیر تای (۱۱) استفاده شد.

تجزیه اثر متقابل به روش تای بر مبنای ضرایب هم‌بستگی استوار است، بنابراین ابتدا ضرایب هم‌بستگی بین عملکرد و اجزای آن یعنی تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و وزن دانه برای هر ژنوتیپ محاسبه شد (جدول ۳). به طوری که ملاحظه می‌گردد برای هیچ یک از ژنوتیپ‌ها به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها و اجزاء عملکرد

	ژنوتیپ									
	لاین ۲	لاین ۱۷	لاین ۲۸	لاین ۳۲	لاین ۳۶	کالیبر	دربای	پیسر	بویر	جوماکویی
	هم‌بستگی عملکرد با:									
تعداد خوشه در مترمربع	۰/۶۰۰**	۰/۱۷۰	۰/۱۹۳	۰/۶۰۴**	۰/۳۹۰	۰/۲۲۲	۰/۱۸۹	۰/۵۲۲*	۰/۵۰۳*	۰/۶۳۷**
تعداد دانه در خوشه	۰/۴۶۴	۰/۲۶۶	۰/۱۵۲	۰/۶۴۸**	۰/۱۷۱	۰/۳۶۱	۰/۳۱۵	۰/۳۱۵	۰/۳۷۸	۰/۱۱۳
وزن دانه	۰/۵۵۶*	۰/۴۱۸	۰/۲۰۷	۰/۲۴۰	۰/۷۱۹**	۰/۵۷۶*	۰/۳۱۰	۰/۶۳۳**	۰/۵۶۴*	۰/۵۳۲*
	هم‌بستگی تعداد خوشه در مترمربع با :									
تعداد دانه در خوشه	-۰/۰۳۶	-۰/۵۱۲*	-۰/۴۵۵	۰/۵۹۴**	-۰/۴۶۵	-۰/۱۹۲	۰/۰۰۲	۰/۱۵۴	۰/۵۴۷*	۰/۰۵۹
وزن هزار دانه	۰/۶۷۰**	۰/۱۲۸	-۰/۱۶۵	۰/۰۷۴	۰/۰۵۷	۰/۱۸۸	۰/۴۲۰	۰/۶۰۵**	۰/۱۶۵	۰/۵۴۵*
	هم‌بستگی تعداد دانه در خوشه با :									
وزن هزار دانه	۰/۲۴۷	۰/۱۰۸	۰/۳۴۹	۰/۰۹۲	۰/۴۴۳	۰/۲۹۲	۰/۱۰۳	۰/۲۶۱	-۰/۲۳۹	-۰/۲۲۷

*و** : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۴. ضرایب مسیر× عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ژنوتیپ‌های یولاف

ژنوتیپ	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
لاین ۲	-۰/۰۳۶۱	۰/۶۸۰۲	۰/۲۷۲۰	۰/۵۸۶۵	۰/۴۷۴۲	۰/۰۴۵۷
لاین ۱۷	-۰/۵۱۱۸	۰/۲۴۸۵	۰/۲۳۴۸	۰/۳۳۱۹	۰/۴۰۰۶	۰/۳۳۲۳
لاین ۲۸	-۰/۴۵۵۵	-۰/۰۰۷۸	۰/۳۴۵۷	۰/۳۳۱۸	۰/۲۴۱۴	۰/۱۷۷۱
لاین ۳۲	۰/۵۹۴۱	۰/۰۳۰۱	۰/۰۷۴۳	۰/۳۳۲۷	۰/۴۳۴۵	۰/۱۷۵۴
لاین ۳۶	-۰/۴۶۴۷	۰/۳۳۵۵	۰/۵۹۸۵	۰/۳۷۰۷	۰/۰۴۲۹	۰/۶۷۸۴
کالیبر	-۰/۱۹۱۵	۰/۲۵۳۶	۰/۳۴۰۹	۰/۱۸۴۲	۰/۲۶۰۶	۰/۴۶۵۴
دریای	۰/۰۰۰۲	۰/۴۱۹۷	۰/۱۰۳۱	۰/۰۸۶۷	۰/۲۹۰۲	۰/۲۴۳۵
پیسر	۰/۱۵۴۰	۰/۵۷۸۲	۰/۱۷۲۱	۰/۲۲۰۳	۰/۲۰۰۶	۰/۴۴۷۱
بویر	۰/۵۴۷۵	۰/۴۲۲۴	-۰/۴۷۰۱	۰/۱۴۹۸	۰/۴۵۰۱	۰/۶۴۶۹
جوماکویی	۰/۰۵۸۷	۰/۵۶۰۸	-۰/۲۵۹۴	۰/۴۵۲۲	۰/۱۵۸۷	۰/۳۲۰۹

*:ضرایب مسیر تعداد خوشه در مترمربع با تعداد دانه در خوشه (a_1)، تعداد خوشه در مترمربع با وزن دانه (a_2)، تعداد دانه در خوشه با وزن دانه (a_3)، تعداد خوشه در مترمربع با عملکرد (a_4)، تعداد دانه در خوشه با عملکرد (a_5) و وزن دانه با عملکرد (a_6).

استثنای لاین ۳۲ هم‌بستگی معنی‌داری بین عملکرد و تعداد دانه در خوشه وجود ندارد، که بیانگر این است که در شرایط اجرای این پژوهش و در بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی تعداد دانه در خوشه نسبت به سایر اجزای عملکرد از اهمیت کمتری برخوردار است.در اکثر ژنوتیپ‌های با عملکرد بیشتر از میانگین، هم‌بستگی مثبتی بین عملکرد و وزن دانه مشاهده گردید. برای هیچ یک از ژنوتیپ‌ها هم‌بستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در خوشه و وزن دانه وجود نداشت. در ژنوتیپ‌های مختلف تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای از نظر هم‌بستگی اجزای عملکرد با یکدیگر مشاهده شد.

نتایج تجزیه مسیر منابع ژنوتیپی برای عملکرد و اجزای عملکرد (جدول ۴) در ژنوتیپ‌های مختلف تا حدودی متفاوت بود، اما به طوری که مشاهده می‌شود اثر مستقیم وزن دانه بر عملکرد (a_6) در تعداد بیشتری از ژنوتیپ‌ها بالاتر از اثر مستقیم تعداد دانه در خوشه بر عملکرد (a_5) و تعداد خوشه در متر مربع بر عملکرد (a_4) می‌باشد. بالا بودن ضریب مسیر تعداد خوشه با وزن دانه و اثر مستقیم وزن دانه با عملکرد در ژنوتیپ‌های پر محصول یولاف و جوماکویی نشان می‌دهد که در این ژنوتیپ‌ها به طور عمده افزایش عملکرد از طریق افزایش وزن هزار دانه یا تعداد خوشه در متر مربع می‌باشد.

اجزای ژنوتیپی پایداری (v_1، v_2 و v_3) در جدول ۵ آورده شده‌اند. ژنوتیپ‌های مختلف از نظر اجزاء مختلف عملکرد واکنش‌های پایداری متفاوتی نشان دادند. در واقع برای هر ژنوتیپی که مقدار v_g بزرگتر باشد، جزء g عملکرد نقش موثرتری در تنظیم اثر متقابل ژنوتیپ × محیط دارد. به عنوان مثال ژنوتیپ‌های بویر، کالیبر و لاین ۳۶ نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها حساسیت بیشتری را نسبت به تغییرات محیطی موثر بر وزن دانه در طی مرحله پر شدن دانه نسبت به مراحل آغازین تکوین تعداد خوشه و تشکیل دانه دارند. بنابراین تامین شرایط مطلوب برای این ژنوتیپ‌ها در مرحله پر شدن دانه از اهمیت زیادی برخوردار است، و هر گونه تغییر در شرایط محیطی در این مرحله موجب تغییر شدید در عملکرد آنها می‌گردد. ارقام پیسر و ماکویی بالاترین مقدار v_1 را دارند و بنابراین حساسیت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]

جدول ۵. اجزای ژنوتیپی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای ژنوتیپ‌ها

ژنوتیپ	$\mu_{i\circ}$	σ_{wi}	V_1	V_2	V_3
لاین ۲	۴/۸۴۸	۱/۲۵۹۸	۰/۷۹	۰/۶۱	۰/۰۴
لاین ۱۷	۵/۳۲۹	۲/۰۶۶	۰/۳۵	۰/۸۵	۰/۶۷
لاین ۲۸	۵/۹۹۵	۱/۲۹۴	۰/۳۱	۰/۴۳	۰/۲۶
لاین ۳۲	۲/۷۵۹	۱/۰۸۳	۰/۶۵	۰/۳۹	۰/۱۹
لاین ۳۶	۴/۷۸۷	۱/۳۴۲	۰/۵۲	۰/۵۳	۰/۷۷
کالیبر	۴/۶۳۹۶	۱/۹۲۷	۰/۴۳	۰/۷۹	۰/۸۳
دربای	۵/۷۶۷	۱/۵۲۶	۰/۲۹	۰/۸۴	۰/۳۴
پیسر	۶/۹۰۵	۲/۴۴۴	۱/۲۷۵	۰/۶۷	۰/۸۵
بویر	۵/۷۸۶	۱/۸۴۵	۰/۹۳	۰/۲۲	۱/۰۸
جوماکویی	۷/۳۵۹	۱/۷۱۶	۱/۰۹	۰/۱۳	۰/۴۴

$\mu_{i\circ}$ و σ_{wi} به ترتیب میانگین و انحراف معیار عملکرد ژنوتیپ i ام
و V_1 تا V_3 اجزای ژنوتیپی اثر متقابل می‌باشند.

جدول ۶. اجزای محیطی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای محیط‌ها

محیط	r_1	r_2	r_3
تاریخ کاشت اول	۱/۳۶	۰/۴۱	۰/۶۴
تاریخ کاشت دوم	-۱/۱۹۸	۱/۹۲	۱/۱۳
تاریخ کاشت سوم	-۰/۳۲۲	۰/۷۲۹	-۱/۱۴
تراکم کاشت اول	۱/۰۱	-۲/۳۹	۰/۶۵
تراکم کاشت دوم	-۰/۵۴	۱/۳۹	-۱/۳۴
تراکم کاشت سوم	-۰/۳۱	-۲/۰۱	۰/۱۱

r_1 تا r_3 به ترتیب اجزای محیطی تأثیرگذار بر تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن دانه می‌باشند.

شدیدتری را نسبت به تغییرات محیطی در مرحله تشکیل تعداد خوشه نشان می‌دهند. لاین ۱۷ و ارقام کالیبر و در بای واکنش بیشتری را به تغییرات محیطی در مرحله تکوین تعداد دانه در خوشه دارند.

اجزای محیطی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در جدول ۶ نشان داده شده‌اند. در این جا نیز سهم محیط‌های متفاوت در بیان اثر متقابل ژنوتیپ× محیط بر اجزای مختلف نسبتاً متفاوت بود، به طوری که تاریخ کاشت اول بیشترین حساسیت محیطی را در مرحله تولید خوشه ایجاد نمود. تاریخ‌های کاشت دوم و سوم بیشترین حساسیت محیطی را به ترتیب در مراحل گرده‌افشانی و پر شدن دانه اعمال نمودند؛ و تراکم‌های کاشت بیشترین حساسیت را در مرحله گرده‌افشانی و تشکیل دانه داشتند. به طور کلی با توجه به بالا بودن قدر مطلق r_2 و تنوع بیشتر آن نسبت به اجزاء r_1 و r_3 ، (جدول ۶) به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های یولاف در مرحله گرده‌افشانی و تشکیل دانه حساسیت بیشتری به شرایط محیطی دارند. بنابراین عوامل

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]

محیطی موثر بر تعداد دانه در خوشه سهم بیشتری در اثر متقابل این ژنوتیپ‌ها با محیط داشته‌اند، و در این مرحله هر گونه تغییرات محیطی حتی در کوتاه مدت اثر قابل توجه بر عملکرد خواهد گذاشت. به همین دلیل گزینش ژنوتیپ‌ها بر مبنای جزء ژنوتیپی v_2 از اعتبار بالایی برخوردار است. برای مثال لاین ۱۷ و رقم دربای و لاین ۲۸ که دارای جز v_2 بالاتری بودند، به ترتیب براساس ضریب رگرسیون، واریانس انحراف از رگرسیون، و هر دو پارامتر پایدار تلقی شدند. لاین ۳۶ و ارقام کالیبر و بویر دارای جزء ژنوتیپی v_3 بزرگتری بودند و براساس یک یا دو پارامتر در روش ابرهارت و راسل به عنوان پایدار شناسائی شدند. بنابراین پایداری آنها می تواند به علت واکنش نسبت به عوامل محیطی موثر بر تغییرات وزن دانه باشد. هم‌چنین با توجه به جزء ژنوتیپی v_1 مشاهده می شود که ژنوتیپ‌های حساس به تغییرات محیطی در مرحله تکوین تعداد خوشه در متر مربع (ماکویی، پیسر و لاین‌های ۲ و ۳۲) بر اساس پارامترهای پایداری ابرهارت و راسل نیز ناپایدار هستند. با توجه به این که $V_i = v'_i\sigma_{wi}$ و $v'_i = U_i\rho_{xw}$ و U_i برابر یک می‌باشد، لذا دقیقاً جزء v_1 منعکس کننده هم‌بستگی تعداد خوشه در مترمربع با عملکرد است. از طرفی این هم‌بستگی در تعدادی از ژنوتیپ‌ها معنی‌دار نبود، لذا براساس نتایج این پژوهش پارامتر v_1 به منظور گزینش ژنوتیپ‌های پایدار و پرعملکرد مفید نمی‌باشد.

فرشادفر (۲) نیز در ارزیابی پایداری لاین‌های جایگزین شده کروموزومی گندم با استفاده از روش تای نشان داد که سهم تعداد دانه در سنبله (v_2) در اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بیشتر از سهم نسبی تعداد سنبله در بوته (v_1) و وزن دانه (v_3) است. هم‌چنین براساس مقایسه ضرایب r مشاهده کرد که تعداد دانه در سنبله به تغییرات محیطی کمتر از دو جزء دیگر حساس است، لذا به نقش مهم تعداد دانه در سنبله در پایداری عملکرد دانه پی‌برد.

نتیجه نهایی آن که روش تجزیه ضرایب مسیر برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در واقع کاربردی از تجزیه به عامل‌هاست. در تجزیه به عامل‌ها با استفاده از ماتریس کوواریانس یا هم‌بستگی متغیرها سعی در تعیین یک یا چند عامل فرضی است. فرض اصلی تجزیه مسیر نیز این است که سه عامل مشترک محیطی یعنی سه جزء محیطی r_1، r_2 و r_3 وجود دارند و بیشتر واریانس ژنوتیپ‌ها را در محیط‌های مختلف توجیه می‌کنند. این نکته قابل ذکر است که به‌سهولت می‌توان این روش را برای تعداد بیشتر اجزاء عملکرد و گروه عوامل محیطی تعمیم داد. تعیین فرض عامل‌های مشترک و بار عاملی برای هر ژنوتیپ که در واقع در این پژوهش ضرایب علیت v_1، v_2 و v_3 می‌باشند، بر مبنای ترتیب زمانی تکوین اجزای عملکرد می‌باشد. موفقیت این روش بستگی به اعتبار روابط علّی ومشترک بودن سه جزء محیطی آثار متقابل ژنوتیپ× محیط در بین کلیه ژنوتیپ‌ها دارد (۱۱). در نهایت قابل ذکر است که استفاده از تجزیه ضرایب مسیر برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط به دلیل توانائی در تعیین سهم هر مرحله از رشد و نمو در اثر متقابل، می‌تواند در تدوین بهتر و دقیق‌تر برنامه‌های اصلاحی نقش مهمی ایفا نماید. بدین ترتیب می‌توان با استفاده از روش‌های اصلاحی هدف‌دار و پیش‌بینی تمهیدات به‌زراعی شرایط را برای بهره‌برداری از حداکثر ظرفیت تولید ارقام مختلف محصولات زراعی فراهم نمود. استفاده از روش‌های مبتنی بر رگرسیون فقط در صورت تبیین تغییرات عملکرد توسط یک رابطه خطی توجیه می‌گردد.

سپاسگزاری

هزینه اجرای این طرح از محل اعتبارات طرح‌های استانی توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان (طرح شماره K۳۴۲) پرداخت شده است که بدینوسیله تشکر می‌شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]

منابع مورد استفاده

۱. آقایی، م.، م. مقدم، م. ولی‌زاده، ح. کاظمی اربط و ا. بنائی. ۱۳۷۵. تجزیه پایداری و تجزیه علیت عملکرد دانه در بعضی از ارقام جو (*Hordeum. vulgare* L.) بهاره. مجله علمی کشاورزی ۱۹ (۱ و ۲): ۵۹-۸۲.

۲. رضایی، ع .م. و ک. ج. فرای. ۱۳۶۸. مطالعه سازگاری ایزولاین‌های یولاف (*Avena sativa L.*) . مجله علوم کشاورزی ایران ۲ (۳ و ۴): ۳۴-۴۱.

۳. فرشادفر، ع. ۱۳۷۸. تجزیه علیت آثار متقابل ژنوتیپ و محیط در لاین‌های جایگزین‌شده کروموزمی گندم. مجله علوم کشاورزی ایران ۳ (۴) : ۶۶۵-۶۷۰.

4. Basford, K. E. and M. Cooper. 1998. Genotype × environment interactions and some considerations of their implications for wheat breeding in Australia. Aust. J. Agric. Res. 49: 153 – 74.
5. Dohlert, D. C., M. S. Mc Mullen and J. I. Hammond. 2001. Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. Crop Sci. 41: 1066 – 1072.
6. Eagles, H. A., P. N. Hinz and K. J. Frey. 1977. Selection of superior cultivars of oats by using regression coefficients. Crop Sci. 17: 101 – 105.
7. Eberhart, S.A. and W.A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36 – 40.
8. Fehr. W. R. 1987. Principles of Cultivar Development. Vol. 2, Mac Millan Pub. Com., New York.
9. Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding program. Aust. J. Agric. Res. 14: 742 – 754.
10. Pham, H. N. and M. S. Kang. 1988. Interrelationships among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. Crop Sci. 28: 925 – 929.
11. Tai, G.C.C. 1975. Analysis of genotype environment interactions based on the method of path coefficient analysis. Can. J. Genet. Cytol. 17: 141 – 149.
12. Tai, G.C.C. 1979. Analysis of genotype environment interaction of potato yield. Crop Sci. 19: 434 – 438.
13. Thomas, T. L., J. E. Grafius and S. K. Hahn. 1971. Genetic analysis of correlated sequential characters. Heredity 26: 177 – 188.
14. Yates, F. and W. G. Cochran. 1958. The analysis of group of experiments. J. Agric. Sci. 14: 742 – 754.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.1.15.2]