

ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امید بخش جو (*Hordeum vulgare* L.) در مناطق سردسیر کشور با استفاده از روش‌های رگرسیونی

Study of grain yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in cold regions of Iran using regression methods

امید علی اکبرپور^۱، حمید دهقانی^{۲*} و بهزاد سرخی‌لله‌لو^۳

چکیده

اکبر پور، ا. ع.، ح. دهقانی و ب. سرخی‌لله‌لو. ۱۳۹۱. ارزیابی پایداری عملکرد دانه لاین‌های امید بخش جو (*Hordeum vulgare* L.) در مناطق سردسیر کشور با استفاده از روش‌های رگرسیونی. مجله علوم زراعی ایران. ۱۴(۲): ۱۷۰-۱۵۵.

مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد دانه ارقام در شرایط محیطی مختلف از اهمیت ویژه‌ای در برنامه‌های اصلاح نباتات برخوردار است. تحقیق حاضر با هدف بررسی پایداری عملکرد ۱۸ لاین امیدبخش جو به همراه دو رقم شاهد (بهمن و ماکویی // زاگرس/۸۰-۵۱۵۱) در هشت ناحیه سرد کشور که در شش منطقه همدان، میاندوآب، کرج، اراک، جلگه‌رخ و مشهد طی دو سال زراعی (۱۳۸۸-۱۳۸۶) و در دو منطقه اردبیل و تبریز فقط در سال ۱۳۸۶، در مجموع در ۱۴ محیط (ترکیب سال و مکان) انجام شد. طرح آزمایشی مورد استفاده در تمامی مناطق و سال‌ها، بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. تجزیه واریانس مرکب با فرض تصادفی بودن محیط‌ها (سال‌ها و مکان‌ها) و ثابت بودن ژنوتیپ‌ها انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین اثرهای ساده ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، اما اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با استفاده از روش رگرسیونی فیثلی و ویلکینسون، ژنوتیپ ۱۶ با ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ و کمترین میزان انحراف از رگرسیون به عنوان پایدارترین ژنوتیپ معرفی شد. روش ابرهارت و راسل ژنوتیپ‌های ۱۸ و ۱۱ را با کمترین میزان ضریب رگرسیون و کمترین میزان انحراف از خط رگرسیون به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار برای محیط‌های نامساعد مشخص نمود. همچنین براساس روش رگرسیون تای، ژنوتیپ ۱۶ به عنوان ژنوتیپی با پایداری متوسط معرفی شد و ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۱۸ به ترتیب بالاترین میزان پایداری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. به طور کلی با مقایسه روش‌های رگرسیونی فیثلی و ویلکینسون، ابرهارت و راسل و تای، روش رگرسیونی تای از دیدگاه بیومتری، یک روش تکمیل‌کننده برای تشخیص ژنوتیپ‌های پایدار به کمک سایر روش‌های رگرسیونی بود و ژنوتیپ ۱۶ نیز به عنوان یک ژنوتیپ مطلوب برای تمامی محیط‌های آزمایشی شناخته شد. ژنوتیپ ۱۹ نیز برای محیط‌های مساعد یا محیط‌های با عملکرد بالاتر از میانگین کل آزمایش و ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۱۸ برای محیط‌های نامساعد شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، اقلیم سرد، پایداری، جو و عملکرد.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۸/۴

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)

(پست الکترونیک: dehghanr@modares.ac.ir)

۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

مقدمه

اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط همواره یکی از موضوعات مهم مورد توجه اصلاح کنندگان نبات بوده است. روش های متعددی به منظور تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط و برآورد ارقام پایدار، پیشنهاد شده است که هر کدام از آنها تحت شرایط خاصی قابل استفاده می باشند، اما روشی که بتواند اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط را به طور کامل برآورد نماید و از طرف دیگر مورد توافق همه محققان باشد، هنوز ابداع نشده است (Becker and Leon, 1988). اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط عکس العمل متفاوت ژنوتیپ ها در محیط های مختلف می باشد، به طوری که معنی دار بودن این اثر به معنی تغییر در رتبه ژنوتیپ ها یا تفاوت عملکرد بین ژنوتیپ ها در محیط های مختلف می باشد (Kang, 2004). آگاهی از اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط به اصلاح کنندگان نباتات کمک می کند تا در ارزیابی ژنوتیپ ها دقت و توجه بیشتری نموده و ژنوتیپ هایی را برای هر یک از محیط های مورد نظر توصیه نمایند که ضمن تولید عملکرد بالا از ثبات و پایداری عملکرد بیشتری نیز برخوردار باشند.

فلورس و همکاران (Flores *et al.*, 1998) روش های تجزیه پایداری را به سه گروه تک متغیره پارامتری، ناپارامتری و روش های چندمتغیره تقسیم کردند. هر کدام از این روش ها ابعاد و جنبه های خاصی از داده های بدست آمده از آزمایش های مختلف را مورد ارزیابی قرار می دهند. از بین روش های مختلف، روش های رگرسیون که از روش های تک متغیره پارامتری می باشند، اهمیت بسیار زیادی داشته و همواره توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته اند (Becker and Leon, 1988; Tesemma *et al.*, 1998; Wachir *et al.*, 2002).

یک روش تجزیه رگرسیونی دیگر توسط تای (Tai, 1971) ارائه شد که بر مبنای امیدریاضی میانگین مربعات منابع تغییرات جدول تجزیه واریانس

می باشد. در این روش بررسی عملکرد ژنوتیپ ها در محیط های مختلف از طریق اثرهای ژنوتیپی انجام می شود، ولی در روش رگرسیون فیلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) از اثرهای فنوتیپی استفاده گردیده است. به عبارت دیگر، روش رگرسیون تای (Tai, 1971) همان روش رگرسیونی ابرهات و راسل است، با این تفاوت که از یک وزنی که بر مبنای امیدریاضی داده هاست پارامترهای رگرسیونی ابرهات و راسل تصحیح شده و پارامترهای رگرسیونی تای محاسبه می شوند. دو پارامتر α و λ در رگرسیون تای اهمیت زیادی در توجیه اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط دارند که α ضریب رگرسیون و λ انحراف از خط رگرسیون می باشد. مقدار بهینه α برابر با -1 و متوسط آن صفر و مقدار بهینه λ برابر با 1 می باشد. به عبارت دیگر، چنانچه ژنوتیپی دارای ضریب رگرسیون -1 و انحراف از رگرسیون 1 باشد، پایداری آن ژنوتیپ کامل می باشد. همچنین اگر ژنوتیپی ضریب رگرسیون صفر و انحراف از رگرسیون 1 داشته باشد، پایداری متوسطی خواهد داشت. علاوه بر آن در روش رگرسیونی تای یک نمودار هذلولی شکل ترسیم می شود که قابلیت تفکیک ژنوتیپ های با پایداری بالا و پایین را داراست.

آبای و بجرنستاد (Abay and Bjørnstad, 2009) پایداری عملکرد 10 رقم جو را در 21 محیط با استفاده از روش رگرسیون و GGE biplot (Yan, 2001) مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که نتایج بدست آمده از روش رگرسیون ابرهات و راسل مطابقت بالایی با روش چند متغیره GGE biplot دارد. شافی و پرایس (Shafii and Price, 1998) با استفاده از نمودار تای پایداری عملکرد 6 ژنوتیپ کلزا را در 27 محیط مورد مطالعه قرار دادند و نشان دادند که روش رگرسیون تای توانایی بالایی در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط دارد. آنها با استفاده از روش رگرسیون و روش Additive Main Effects and Multiplicative

آماري پایداری، از جمله روش رگرسیون فیلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را مورد ارزیابی قرار دهند و علاوه بر معرفی ارقام پایدار برای تمامی مناطق، ارقامی با سازگاری خصوصی بالا نیز برای برخی مناطق معرفی نمود.

مطالعات زیادی در زمینه بررسی پایداری عملکرد گیاهان مختلف توسط محققان داخلی از جمله فاحی و یوسفی (Fattahi and Yousefi, 2006) روی جو، دهقانپور (Dehghanpour, 2006) روی ذرت و محمدی‌نژاد و رضایی (Mohammadi Nejad and Rezai, 2005) روی یولاف انجام گرفته است. در تحقیقات داخل کشور از روش تای به دلیل در دسترس نبودن برنامه SAS در گذشته چندان مورد استفاده محققان قرار نگرفته و گزارشی برای بررسی پایداری از این روش در این بخش مشاهده نگردیده است.

هدف از انجام این تحقیق، معرفی ژنوتیپ‌های پایدار جو با استفاده از روش‌های رگرسیونی فیلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) و روش تای (Tai, 1971) برای مناطق سردسیر کشور و مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف به منظور تعیین بهترین آنها برای این نوع اقلیم می‌باشد. ضمناً برنامه SAS برای تجزیه پایداری با استفاده از روش تای (Tai, 1971) نیز فراهم بوده و در صورت نیاز کاربران می‌توانند برنامه SAS این روش را از نویسندگان این مقاله دریافت نمایند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، ۱۸ ژنوتیپ امیدبخش جو به همراه با دو ژنوتیپ بهمن (شاهد اول) و ماکویی // زاگرس / ۸۰-۵۱۵۱ (شاهد دوم)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در هشت ناحیه سرد کشور که در شش منطقه همدان، میاندوآب، کرج، اراک، جلگه‌رخ و مشهد طی دو سال زراعی

(Interaction Model) (Zobel *et al.*, 1988) دو رقم کلزا را معرفی کردند. در نروژ آزمایشی برای ارزیابی پایداری ۲۲۰ واریته مختلف جو بهاره در ۶ منطقه انجام گرفت و از روش رگرسیون تای (Tai, 1971) برای بررسی پایداری استفاده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که برای بیشتر صفات مورد بررسی، روش رگرسیون تای یک روش قابل اعتماد بوده و مطابقت بالایی با روش چند متغیره AMMI داشت (Nurminiemi *et al.*, 2002). آستویت و آستویت (Aastveit and Aastveit, 1984) با مطالعه‌ای پایداری عملکرد ۱۵ رقم جو در مدت ۹ سال با استفاده از روش‌های تک متغیره و چند متغیره گزارش کردند که روش رگرسیون تای بهترین روش برای تعیین ژنوتیپ‌های پایدار می‌باشد.

واعظی و احمدی (Vaezi and Ahmadi, 2010) با بررسی پایداری ۱۹ ژنوتیپ جو در چهار مکان به مدت سه سال توانستند با استفاده از مدل‌های رگرسیونی فیلی و ویلکینسون و ابرهارت و راسل ژنوتیپ‌های 13-B- Moghan-2003، 6-BNYT-Gachsaran-2003 و IZEH را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار برای چهار مکان مورد آزمایش معرفی نمایند. کریمی‌زاده و همکاران (Karimizadeh *et al.*, 2009) به منظور تعیین برترین ژنوتیپ جو در مناطق دیم نیمه گرمسیر چندین روش تک متغیره و چند متغیره را برای تجزیه داده‌های عملکرد دانه مورد استفاده قرار دادند و بیان داشتند که ضریب رگرسیون فیلی و ویلکینسون و آماره S^2_{di} (Eberhart and Russell, 1966) همبستگی بالایی با رتبه میانگین داده‌های عملکرد دارد. شاه‌محمدی و همکاران (Shahmohamadi *et al.*, 2005) نیز در آزمایشی روی پایداری ژنوتیپ‌های جو توانستند با استفاده از آماره‌های تک متغیره و روش‌های رگرسیونی چهار ژنوتیپ برتر را معرفی نمایند.

در آزمایشی که شیخ‌ممو (Shaikhmamo, 2008) روی بیست ژنوتیپ جو در هشت منطقه سرد کشور انجام داد، توانست با استفاده از روش‌های مختلف

کودی هر آزمایش بسته به نیاز منطقه و آزمایش با توجه به نتایج آزمون خاک هر ناحیه انجام گرفت. بعد از جمع آوری داده‌های مربوط به تمامی محیط‌های مورد آزمایش، ابتدا از تجزیه واریانس معمولی برای بررسی اختلاف بین عملکرد ژنوتیپ‌ها استفاده شد. آنگاه یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت مورد بررسی قرار گرفت و سپس از آزمون F در تجزیه مرکب با استفاده از امیدریاضی میانگین مربعات با فرض ثابت بودن اثر ژنوتیپ و تصادفی بودن اثر محیط و تکرار برای آزمایش‌ها استفاده شد. برای انجام تجزیه پایداری نیز از سه روش فیلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) و تای (Tai, 1971) با استفاده از روابط زیر استفاده شد.

$$\alpha_i = \frac{\sum_j \varepsilon_j g e_{ij} / (q-1)}{(MSL - MSB) / (pr)}$$

$$\lambda_i = \frac{(\sum_j (g e_{ij})^2 / (q-1)) - \alpha_i (\sum_j \varepsilon_j g e_{ij}) / (q-1)}{(p-1)MSE / pr}$$

$$\varepsilon_j = \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{..}$$

$$g e_{ij} = X_{ij} - \bar{X}_{i.} - X_{.j} + \bar{X}_{..}$$

$$[I_j = (\sum_i Y_{ij} / p) - (\sum_i \sum_j Y_{ij} / pq)], \sum_j I_j = 0$$

$$b_i = \sum_j Y_{ij} I_j / \sum_j I_j^2$$

$$S_{di}^2 = [\sum_j \hat{\sigma}_{ij}^2 / (q-2)] - S_e^2 / r$$

$$P_i - \alpha = \left| t_{(0.05, q-2)} \sqrt{\frac{(\lambda \cdot (p-1) \cdot MSE \cdot MSL)}{((MSL - MSB) \cdot (((q-2) \cdot MSL) - ((t_{(0.05, q-2)})^2 + (q-2)) \cdot (MSB)))}} \right|$$

(۸) حدود اطمینان برای ضریب رگرسیون تای (Tai, 1971) نسبت به صفر.

$$U = F_{(0.025, (q-2), q(p-1), r-1)}$$

(۹) حد بالای انحراف از رگرسیون تای (λ) نسبت به ۱. (Tai, 1971)

$$L = \frac{1}{F_{(0.025, (q-2), q(p-1), r-1)}}$$

(۱۰) حد پایین انحراف از رگرسیون تای (λ) نسبت به ۱ (Tai, 1971)

۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ و در دو منطقه اردبیل و تبریز فقط در سال ۱۳۸۶، در مجموع در ۱۴ محیط (ترکیب سال و مکان) کشت و عملکرد دانه آنها مورد بررسی قرار گرفت. لازم به توضیح است که در منطقه اردبیل و تبریز، ژنوتیپ‌ها فقط در سال ۱۳۸۶ کشت شدند. آزمایش‌های سال دوم دو ناحیه مذکور به دلیل سرمای بیش از حد به مرحله گلدهی نرسیدند. ویژگی‌های اقلیمی مناطق کشت شده در جدول ۱ و شجره و مشخصات ژنوتیپ‌ها در جدول ۲ ارائه شده‌اند. مساحت هر کرت ۷/۲ متر مربع با طول ۶ متر و عرض ۱/۲ متر و فاصله ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتیمتر بود که با حذف اثرهای حاشیه‌ای، ۶ متر مربع از وسط هر کرت برای اندازه‌گیری عملکرد دانه برداشت گردید. مراقبت‌های زراعی لازم در طول انجام آزمایش‌ها از جمله آبیاری، کنترل علف‌های هرز و آفات به عمل آمد. توصیه

(۱) ضریب رگرسیون تای برای ژنوتیپ نام (Tai, 1971)

(۲) انحراف از رگرسیون تای برای ژنوتیپ نام (Tai, 1971)

که در این روابط:

(۳) اثر محیط

(۴) برآورد اثر متقابل ژنوتیپ × محیط

(۵) شاخص محیطی (Finlay and Wilkinson, 1963)

(۶) ضریب رگرسیون (Finlay and Wilkinson, 1963)

(۷) انحراف از رگرسیون (Eberhart and Russell, 1966)

مربوط به تمامی مناطق و سال‌ها در قالب محیط ادغام و تجزیه مرکب داده‌ها بر اساس محیط با ۱۴ محیط انجام شد.

پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت با ۱۳ درجه آزادی ($\chi^2_{(13)} = 16/1^{ns}$)، نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد، که بین عملکرد محیط‌ها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). در بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. اما اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، بنابراین شرط انجام تجزیه پایداری و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای معرفی ژنوتیپ‌ها پایدار برقرار بود. گزارشات متعددی برای وجود اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ارائه شده است (Shahmohamadi *et al.*, 2005; Fattahi and Yousefi, 2006; Nikkhah *et al.*, 2006). روند رگرسیون خطی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شکل یک نشان داده شده است. با توجه به این که تعداد ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این تحقیق زیاد بوده و به دلیل روی هم قرار گرفتن خطوط رگرسیونی تفسیر نتایج مشکل بود، تفسیر نهایی رگرسیون بر مبنای جدول ۶ ارائه شد.

نتایج بدست آمده از روش رگرسیون فیلی و ویلکینسون نشان داد ژنوتیپ‌های ۲، ۱۳ و ۱۶ با ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ پایداری متوسطی دارند (جدول ۶)، ولی از آنجاییکه ژنوتیپ‌های ۲ و ۱۳ دارای انحراف از رگرسیون معنی‌داری بودند (جدول ۵ و ۶)، بنابراین ژنوتیپ ۱۶ با دارا بودن ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ و کمترین میزان انحراف از رگرسیون در مقایسه با تمامی ژنوتیپ‌ها، پایداری نسبتاً خوبی را از خود نشان داد و به عنوان ژنوتیپ پایدار برای تمامی محیط‌ها شناخته شد. همچنین ژنوتیپ ۱۹ به محیط‌های مساعد و مطلوب (محیط‌های با میانگین بزرگتر از میانگین کل) سازگاری خصوصی داشته و ژنوتیپی پاسخ‌ده شناخته

MSL = واریانس اثرهای محیطی، MSB = واریانس تکرار در درون محیط‌ها، MSE واریانس اشتباه آزمایشی، I_j شاخص محیط، b_i ضریب رگرسیون فیلی و ویلکینسون و S^2_{di} انحراف از رگرسیون، S_e^2 واریانس خطای آزمایشی، Pi_{α} حدود اطمینان ضریب رگرسیون U و L به ترتیب حدود اطمینان بالا و پایین λ برای روش تای می‌باشند. تعداد ژنوتیپ‌ها برابر با p ، تعداد محیط‌ها برابر با q و r برابر با تعداد تکرار در نظر گرفته شدند.

از نرم‌افزار SAS نیز برای محاسبه آماره‌های رگرسیونی فیلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و ابره‌ارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) استفاده گردید. همچنین برای استفاده از روش رگرسیونی تای (Tai, 1971)، از برنامه فرناندز (Fernandez, 2000) که در محیط SAS قابل اجرا می‌باشد، استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده محیط‌های آزمایش به تفکیک نشان داد که اختلاف معنی‌دار آماری بین ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها به استثناء محیط‌های ۱ و ۶ وجود داشت (جدول ۳). تجزیه واریانس ساده محیط‌ها به همراه مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در هر محیط نشان‌دهنده نوسان بالای بین عملکرد هر ژنوتیپ از محیطی به محیط دیگر بود. بعنوان مثال ژنوتیپ شماره ۳ در محیط ۹ بالاترین میانگین عملکرد و در محیط ۱۳ کمترین میانگین عملکرد را به خود اختصاص داد و یا ژنوتیپ شماره ۱۴ در محیط ۱۴ بالاترین میانگین عملکرد و در محیط ۸ کمترین میزان عملکرد را داشت (جدول ۳). این نتایج نشان‌دهنده پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها در محیط‌های متفاوت بود. برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط تجزیه واریانس مرکب محیط‌ها انجام گرفت و با توجه به اینکه آزمایش در دو منطقه اردبیل و تبریز فقط در یک سال (۱۳۷۶) انجام شده بود، داده‌های

جدول ۱ - مختصات جغرافیایی، میزان بارندگی و کد اختصاری ایستگاه‌های تحقیقاتی محل اجرای آزمایش (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷)

Table 1. Geographical characteristics, rainfall and cods of experimental sites (2007 and 2008)

Site	مکان	کد محیط‌ها		دما		رطوبت		بارش		عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	ارتفاع Altitude (m)
		Environments		Temperature (°C)		Humidity (%)		Rainfall (mm)				
		۱۳۸۷ 2008	۱۳۸۶ 2007	۱۳۸۷ 2008	۱۳۸۶ 2007	۱۳۸۷ 2008	۱۳۸۶ 2007	۱۳۸۷ 2008	۱۳۸۶ 2007			
Hamadan	همدان	(E1)	(E9)	8.57	7.76	0.57	0.53	324.23	167.14	35°12' N	48 ° 41' E	1679
Miandoab	میاندوآب	(E2)	(E10)	9.28	8.92	0.59	0.56	226.77	115.93	36°58' N	43 ° 03' E	1300
Karaj	کرج	(E3)	(E11)	8.57	7.76	0.57	0.53	324.23	167.14	35 ° 56' N	50 ° 54' E	1312
Arak	اراک	(E4)	(E12)	10.51	9.45	0.56	0.5	243.71	184.1	34 ° 06' N	49 ° 46' E	1708
Jolgerokh	جلگه‌رخ	(E5)	(E13)	10.97	10.34	0.54	0.44	273.17	97.19	35 ° 05' N	58 ° 13' E	1650
Mashhad	مشهد	(E6)	(E14)	11.92	11.33	0.59	0.52	260.03	146.43	36 ° 16' N	59 ° 38' E	990
Ardabil	اردبیل	-	(E7)	-	6.38	-	0.74	-	173.67	38 ° 15' N	48 ° 17' E	1350
Tabriz	تبریز	-	(E8)	-	9.15	-	0.51	-	94.88	38 ° 05' N	46 ° 17' E	1361

جدول ۲- مشخصات شجره‌ای و علامت اختصاری ژنوتیپ‌های جو

Table 2. Pedigree and codes of barley genotypes

شجره ژنوتیپ Genotypes/Pedigree	کد ژنوتیپ در آزمایش Genotype code in experiment	کد ژنوتیپ Genotype code
Bahman (Control 1)	EBYT-C85-01	G1
Radical/Star	EBYT-C85-02	G2
Boyer (F356J126/Com)/4/Productive/3	EBYT-C85-03	G3
F2//Radical/Karat/3/Radical/4/Xemus	EBYT-C85-04	G4
Bereke-54	EBYT-C85-05	G5
Narcis//K-281/Skorohod	EBYT-C85-06	G6
/Skorohod	EBYT-C85-07	G7
Bugar/4/Hma-02//11012-2/CM67/3/Marageh	EBYT-C85-08	G8
Robur/J126//OWB753431D/SL3/3/Radical	EBYT-C85-09	G9
Kny/K-273	EBYT-C85-10	G10
Pamir-010/Bulbul	EBYT-C85-11	G11
Xemus/Rhn-03	EBYT-C85-12	G12
Productiv/3/Roho//Alger/Ceres362-1-1	EBYT-C85-13	G13
CWB117-77-9-7/Victoria	EBYT-C85-14	G14
Belt67-1608/Slr/3/Dicktoo/Cascade//Hip/4/Victoria	EBYT-C85-15	G15
Robur/J126//OWB753431D/SL3/3/Radical	EBYT-C85-16	G16
Belt67-1608/Slr/3/Dicktoo/Cascade-/Hip/4/Antares/Ky63-1294	EBYT-C85-17	G17
Reaserch/Ashar//CWB117-5-9-5	EBYT-C85-18	G18
Alpha/Badia	EBYT-C85-19	G19
MAKOUEE//ZARJOW/80-5151 (Control 2)	EBYT-C85-20	G20

EBYT-C85-01: Elite Barley Yield Trial – Cold 85 –No. genotype

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد دانه برای ۲۰ ژنوتیپ جو در ۱۴ محیط (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷)

Table 3. Analysis of variance for grain yield of 20 barley genotypes in 14 environments (2007 and 2008)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات محیط (MS environments)													
			E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Genotype	ژنوتیپ	19	1.54**	1.1 ^{ns}	2.02**	1.1**	1.22*	0.76 ^{ns}	1.3*	1.26**	1.64*	1.94**	0.93*	1.37*	1.52**	2.1**
Block	بلوک	2	0.64 ^{ns}	3.25**	0.93 ^{ns}	0.54	1.25 ^{ns}	0.14 ^{ns}	3.8**	4.23**	0.53 ^{ns}	1.09 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.82 ^{ns}	1.17 ^{ns}	4.15**
Error	خطای آزمایشی	38	0.42	0.79	0.76	0.38	0.51	0.48	0.66	0.5	0.75	0.71	0.41	0.65	0.55	0.41
C.V (%) ضریب پراکندگی			8.67	21.43	14.42	9.99	9.14	9.87	18.66	11.13	12.58	23.42	9.37	17.5	13.17	13.53
حد اقل عملکرد (kg.ha ⁻¹)			G13=	G4=	G17=	G4=	G7=	G2=	G7=	G14=	G12=	G19=	G10=	G6=	G3=	G1=
حد اکثر عملکرد (kg.ha ⁻¹)			G19=	G17=	G3=	G13=	G15=	G8=	G2=	G8=	G3=	G5=	G1=	G18=	G17=	G14=
			6250	2680	4780	5210	6600	5970	2950	5090	5560	2310	6250	3550	4040	3140
			8960	5110	8680	7460	9010	7670	6040	7140	8220	5650	7490	6200	6660	5900

ns: Not significant

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

ns: غیر معنی دار

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

جدول ۴- نتایج تجزیه مرکب عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ جو در ۱۴ محیط
Table 4. Combined analysis of variance for grain yield of 20 barley genotypes in 14 environments

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS	امید ریاضی Expected Value
Environment	محیط	13	108.47**	$\sigma_e^2 + p\sigma_r^2 + pr\sigma_E^2$
Rep/Environment	تکرار درون محیط	28	1.628	$\sigma_e^2 + p\sigma_r^2$
Genotype	ژنوتیپ	19	.895 ^{ns}	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE}^2 + qr\sigma_G^2$
Genotype × Environment	ژنوتیپ × محیط	247	1.458**	$\sigma_e^2 + r\sigma_{GE}^2$
Error	خطای آزمایشی	532	.573	σ_e^2

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

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

p, q and r: Number of genotypes, environments and replications, respectively

مستقل نبودن شاخص محیطی از میانگین محیطها نمی تواند به عنوان یک روش کامل، توجه کننده رفتار سازگاری ژنوتیپها در محیطها باشد (Freeman and Perkins, 1971; Freeman, 1973). محدودیت دیگری که توسط Westcott (1986) و Crossa (1990) برای روش رگرسیون بیان شده است زمانی است که در برخی آزمایشها که محیطهای با میانگین عملکرد بسیار بالا و پایین وجود دارند، برازش خط رگرسیون عمدتاً تحت تاثیر آن محیطها قرار می گیرد و باعث گمراه شدن نتیجه آزمایشها می گردد. بکر و لئون (Becker and Léon, 1988) نیز بیان داشتند که ضریب رگرسیون ابرهات و راسل نمی تواند یک معیار قوی برای تفکیک پایداری عملکرد ژنوتیپها باشد و بیشتر به عنوان یک پارامتر اضافی برای درک رابطه بین میانگین عملکرد ژنوتیپها با روند هر ژنوتیپ در محیطهای انجام آزمایش مورد استفاده قرار می گیرد.

با استفاده از تجزیه واریانس انحراف از رگرسیون (جدول ۵) و S^2_{di} (جدول ۶) ژنوتیپهای ۶، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۶، ۱۸ و ۲۰ ژنوتیپهای برتری از لحاظ این شاخصها بودند و بدلیل کم بودن خطای انحراف از رگرسیون از قابلیت اعتماد بالاتری برخوردار بودند. با استفاده از رگرسیون

شد. میانگین عملکرد کل آزمایش برابر با ۵۸۵۰ کیلو گرم در هکتار، میانگین محیطهای با عملکرد بالاتر از میانگین کل یا محیطهای مساعد (E01، E03، E04، E05، E06، E08، E09 و E11) برابر با ۶۸۴۰ و میانگین محیطهای نامساعد یا محیطهای با میانگین عملکرد کمتر از میانگین کل (E02، E07، E10، E12، E13 و E14) برابر با ۴۵۲۰ کیلو گرم در هکتار بود (جدول ۶). بر اساس روش رگرسیون ابرهات و راسل، ژنوتیپ ۱۹ با دارا بودن ضریب رگرسیون معنی دار ۱/۲۹ و انحراف از رگرسیون غیر معنی دار و با میانگین عملکرد ۵۷۴۰ کیلو گرم در هکتار، برترین ژنوتیپ برای محیطهای با میانگین عملکردی بالاتر از میانگین کل معرفی شد. ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) بیان داشتند ژنوتیپهایی که ضریب رگرسیون بالا و یا پایین دارند به ترتیب قابل پیشنهاد برای محیطهای مساعد و نامساعد می باشند. در این تحقیق ضریب رگرسیون ابرهات و راسل فقط برای ژنوتیپ ۱۹ معنی دار بود و این پارامتر قادر به تفکیک ژنوتیپها از نظر سازگاری نبود. اگرچه روش رگرسیون یک روش سودمند برای ارزیابی سازگاری آزمایشات ناحیه ای معرفی شده است (Freeman and Perkins, 1971; Freeman, 1973; Hill, 1975; Westcott, 1986) ولی این روش به دلیل

جدول ۵- نتایج تجزیه به روش ابرهارت و راسل داده‌های عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ جو در ۱۴ محیط (۱۳۸۶ و ۱۳۸۷)

Table 5. Analysis of variance for grain yield of 20 barley genotypes in 14 environments (2007 and 2008)

(Eberhart and Russell, 1966)

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS
Total	کل	279	
Genotype	ژنوتیپ	19	0.893 ^{ns}
Environment / Genotype	ژنوتیپ / محیط	260	6.812 ^{**}
Environment (Linear)	محیط (خطی)	13	
Genotype × Environment (Linear)	محیط × ژنوتیپ (خطی)	247	
Environment (Linear)	محیط (خطی)	1	470.28
Genotype × Environment (Linear)	محیط × ژنوتیپ (خطی)	19	0.479 ^{ns}
Pooled deviation of regression	انحراف رگرسیون پولد شده	240	0.462 ^{**}
G1		12	0.452 ^{**}
G2		12	0.615 ^{**}
G3		12	1.082 ^{**}
G4		12	0.58 ^{**}
G5		12	0.689 ^{**}
G6		12	0.308 ^{ns}
G7		12	0.531 ^{**}
G8		12	0.454 ^{**}
G9		12	0.33 ^{ns}
G10		12	0.317 ^{ns}
G11		12	0.237 ^{ns}
G12		12	0.423 ^{**}
G13		12	0.543 ^{**}
G14		12	0.505 ^{**}
G15		12	0.432 ^{**}
G16		12	0.124 ^{ns}
G17		12	0.605 ^{**}
G18		12	0.308 ^{ns}
G19		12	0.463 ^{**}
G20		12	0.251 ^{ns}
Average of error	اشتباه متوسط	532	0.191

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

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

راسل برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها استفاده شد و به دلیل معنی دار نشدن ضرایب رگرسیون ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از رتبه پایداری ضرایب رگرسیون برای معرفی ژنوتیپ‌ها استفاده شد. در آزمایش دهقانپور (Dehghanpour, 2006) روی پایداری برخی هیبریدهای زودرس ذرت، ضریب رگرسیون ابرهارت و راسل برای هیچ کدام از هیبریدها معنی دار نشد ولی از بین آن‌ها

ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) (ژنوتیپ ۱۱) $(\bar{X}_i = 6040, S^2_{di} = 0/71, b_i = 0/87)$ و ژنوتیپ ۱۸ $(\bar{X}_i = 6020, S^2_{di} = 0/93, b_i = 0/79)$ به ترتیب به عنوان ژنوتیپ‌های سازگار برای محیط‌های نامساعد شناخته شدند (جدول ۶). در آزمایش (Maluf *et al.*, 1983) که روی پایداری عملکرد سیب زمینی انجام شد، از روش‌های رگرسیونی تای و ابرهارت و

فوق، ۴ ژنوتیپ 74-M4-30، Cossak/Gerbel/Harmal، Walfajre/w1/2291 و L.1242//L.640/L.527 را که ضریب رگرسیون نزدیک به یک داشتند، به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار جو معرفی کردند، اما چون انحراف از خط رگرسیون این ژنوتیپ‌ها زیاد بود، تنها ژنوتیپ Walfajre/w1/2291 را که با استفاده از سایر آماره‌های تک متغیره دیگر به عنوان ژنوتیپ پایدار انتخاب شده بود، معرفی نمودند.

هیبریدی که ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ داشت معرفی شد. نیکخواه و همکاران (Nikkhah *et al.*, 2006) با مطالعه پایداری بیست ژنوتیپ جو در هفت مکان کشور به مدت دو سال توانستند، سه ژنوتیپ Gusroe/Arar و Rihane-03، Trompillo/L.moghan را با استفاده از روش‌های رگرسیون فینلی و ویلکینسون و ابرهارت و راسل به عنوان ژنوتیپ‌های برتر معرفی نمایند. در آزمایشی دیگر شاه‌محمدی و همکاران (Shahmohamadi *et al.*, 2005) با استفاده از روش‌های

جدول ۶- ضرایب رگرسیون و انحراف از رگرسیون برای عملکرد دانه ۲۰ ژنوتیپ جو بر اساس روش‌های فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) و تای (Tai, 1971)

Table 6. The regression coefficient and deviation from regression for 20 barley genotypes based on Finlay and Wilkinson (1963), Eberhart and Russell (1966) and Tai (1971) regression methods

ژنوتیپ Genotype	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	b _i	S ² _{di}	α	P _{i_α}	λ
G1	5920	1.24 ^{ns}	1.36 ^{**}	0.244 ^{ns}	0.252	2.317 ^{**}
G2	5760	1.02 ^{ns}	1.84 ^{**}	0.02 ^{ns}	0.294	3.144 ^{**}
G3	5770	1.12 ^{ns}	3.24 ^{**}	0.122 ^{ns}	0.389	5.516 ^{**}
G4	5660	1.16 ^{ns}	1.74 ^{**}	0.162 ^{ns}	0.283	2.923 ^{**}
G5	5980	0.92 ^{ns}	2.07 ^{**}	-0.071 ^{ns}	0.309	3.475 ^{**}
G6	5730	1.07 ^{ns}	0.92 ^{ns}	0.071 ^{ns}	0.206	1.544 ^{ns}
G7	5670	0.84 ^{ns}	1.59 ^{**}	-0.162 ^{ns}	0.272	2.703 ^{**}
G8	5870	1.12 ^{ns}	1.36 ^{**}	0.122 ^{ns}	0.249	2.262 ^{**}
G9	5980	0.91 ^{ns}	0.99 ^{ns}	-0.091 ^{ns}	0.213	1.655 ^{ns}
G10	5690	0.92 ^{ns}	0.95 ^{ns}	-0.081 ^{ns}	0.210	1.6 ^{ns}
G11	6040	0.87 ^{ns}	0.71 ^{ns}	-0.132 ^{ns}	0.183	1.214 ^{ns}
G12	5620	1.08 ^{ns}	1.27 ^{**}	0.071 ^{ns}	0.243	2.151 [*]
G13	5810	1.00 ^{ns}	1.63 ^{**}	0.00 ^{ns}	0.275	2.758 ^{**}
G14	6090	0.89 ^{ns}	1.51 ^{**}	-0.112 ^{ns}	0.264	2.537 ^{**}
G15	6020	0.86 ^{ns}	1.29 ^{**}	-0.142 ^{ns}	0.243	2.151 [*]
G16	5730	0.99 ^{ns}	0.37 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.129	0.607 ^{ns}
G17	5960	0.82 ^{ns}	1.82 ^{**}	-0.183 ^{ns}	0.291	3.089 ^{**}
G18	6020	0.79 ^{ns}	0.93 ^{ns}	-0.213 [*]	0.206	1.544 ^{ns}
G19	5740	1.29 [*]	1.39 ^{**}	0.284 [*]	0.255	2.372 ^{**}
G20	5860	1.10 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.091 ^{ns}	0.187	1.269 ^{ns}

ns: Not significant

ns: غیرمعنی دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively * و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

b_i و α؛ به ترتیب ضریب رگرسیون، S²_{di} و λ؛ به ترتیب انحراف از خط رگرسیون ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) و رگرسیون تای (Tai, 1971). P_{i_α} قدر مطلق حدود اطمینان عدد صفر در سطح 5% برای ضریب رگرسیون. b_i با مقدار ۱ و S²_{di} با خطای آزمایش آزمون شده‌اند. مقادیر λ با حدود اطمینان Upper=1.969 و Lower=0.508 در سطح پنج درصد آزمون شده‌اند.

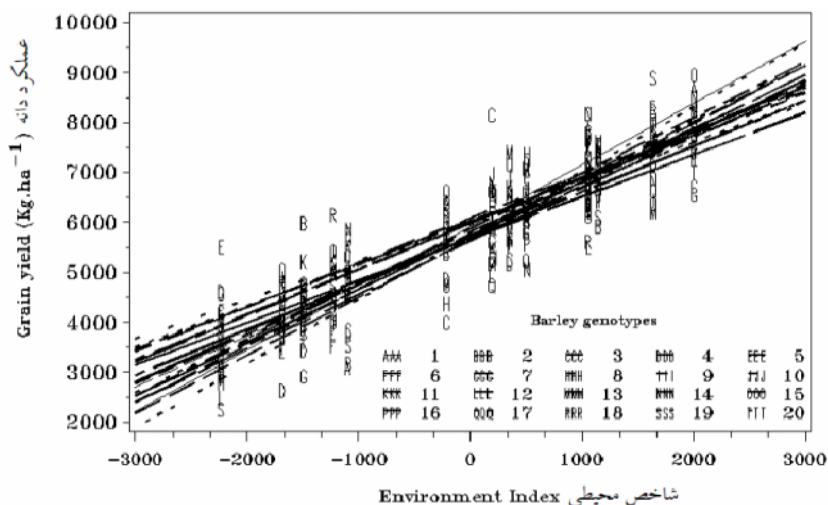
α and b_i; regression coefficient, λ and S²_{di}; deviation from regression for Eberhart and Russell and Tai methods, respectively P_{i_α}; represented confidence levels for coefficient regression of Tai method at 5% probability level. b_i was tested with 1. S²_{di} was tested with pooled error. λ values were tested with confidences levels Upper=1.969 and Lower=0.508 at 5% probability level

نتایج رگرسیون تای برای تعیین پایداری ژنوتیپ‌ها در جدول ۶ نشان داده شده است. بر اساس شکل حاصل از این روش ژنوتیپ‌هایی که در داخل هذلولی قرار گرفتند، ژنوتیپ‌هایی با پایداری متوسط محسوب شدند (شکل ۲). ژنوتیپ‌هایی که مختصات آنها برابر با $\lambda=1$ و $\alpha=-1$ باشد پایداری بالا و ژنوتیپ‌هایی که مختصات آنها برابر با $\lambda=1$ و $\alpha=0$ باشد پایداری متوسطی داشتند. از آنجاییکه پایداری مطلق بر اساس نظر تای برای ژنوتیپ‌ها در شرایط مزرعه‌ای یک حالت غیر ممکن می‌باشد، لذا فرضیه‌های رگرسیون تای بر مبنای پایداری متوسط یعنی $\lambda=1$ و $\alpha=0$ آزمون می‌گردند (Tai, 1971). ژنوتیپ ۱۸ در رتبه نخست پایداری بالاتر از متوسط قرار گرفت، ولی از آنجاییکه این ژنوتیپ عملکرد بالایی در محیط‌های مساعد نداشت و فقط در محیط‌های نامساعد عملکرد بالاتری را دارا بود، بنابراین برای محیط‌های نامساعد پیشنهاد شد. در تحقیق تای (Tai, 1971) که بر روی ارقام سیب‌زمینی انجام گرفت رقم F5921 بالاترین پایداری را داشت، یعنی در موقعیتی بین فاصله اطمینان α و -1 قرار گرفت، ولی این رقم عملکرد بسیار ضعیفی در مقایسه سایر ارقام داشت و ارقامی که دارای پایداری متوسط بودند معرفی شدند.

در آزمایش حاضر ژنوتیپ ۱۶ با ضریب رگرسیون $-0/01$ و انحراف از رگرسیون $0/607$ بالاترین میزان پایداری متوسط را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ ۱۱ نیز با دارا بودن مقدار α برابر $-0/13$ و λ برابر $1/21$ رتبه دوم پایداری را داشت. ژنوتیپ‌های ۱۹، ۱ و ۳ نیز ناپایدارترین ژنوتیپ‌ها یا به عبارتی ژنوتیپ‌هایی بودند که نوسان عملکردی بالایی در بین محیط‌ها داشتند. البته ژنوتیپ ۱۹ در روش‌های رگرسیونی فینلی و ویلکینسون و ابرهات و راسل برای محیط‌های مساعد پیشنهاد گردید که نشان از سازگاری خصوصی این ژنوتیپ داشت. بنابراین ژنوتیپ ۱۹ برای محیط‌های با عملکرد بالا، قابل توصیه بود. ژنوتیپ‌های ۱ و ۳ نیز در رتبه‌های

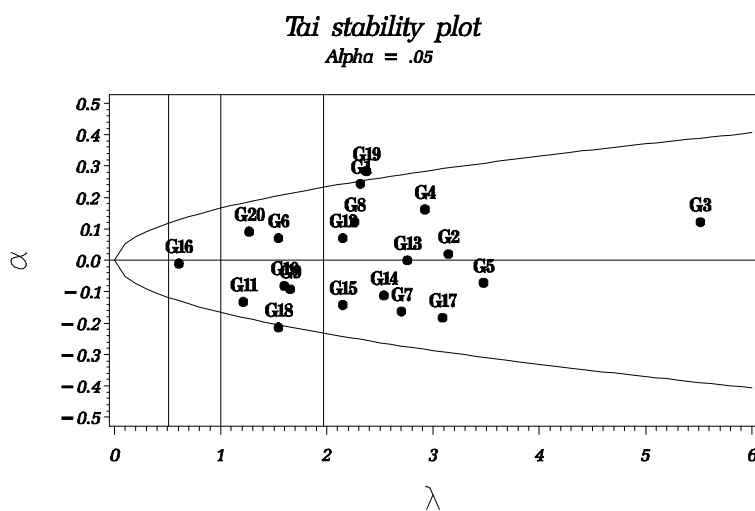
بعدی ناپایداری قرار گرفتند. این نتایج مطابقت بالایی با نتایج روش رگرسیونی ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) داشت. در روش رگرسیونی تای به استثنا ژنوتیپ ۱۸ که به عنوان یک ژنوتیپ با پایداری بیشتر از حد متوسط معرفی شد. ژنوتیپ ۱۶ از پایداری متوسط خوبی برای همه محیط‌های انجام آزمایش برخوردار بود و ژنوتیپ ۳ گرچه در هر دو روش ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ داشت، اما دارای انحراف از رگرسیون بالایی در هر دو روش رگرسیونی ابرهات و راسل و تای بود، این موضوع باعث کاهش میزان اطمینان برای معرفی این ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ پایدار می‌شود.

تای (Tai, 1971) گزارش کرد که روش رگرسیونی ارائه شده می‌تواند در مواردی که تعداد ژنوتیپ‌ها و یا محیط‌های آزمایش‌ها کم باشد، مفیدتر از روش رگرسیونی ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) باشد، زیرا با این روش نتیجه تجزیه براساس اثرات ژنوتیپی و فنوتیپی متفاوت می‌باشد. گرچه مالوف و همکاران (Maluf et al., 1983) با مقایسه این روش‌ها بیان داشتند که روش رگرسیونی ابرهات و راسل (Eberhart and Russell, 1966) یک روش برتر برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد، در این تحقیق نیز نشان داده شد این دو روش از نظر معرفی ژنوتیپ‌های پایدار مشابه بوده و تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند، بنابراین لازم است که از روش رگرسیون تای (Tai, 1971) به عنوان یک روش مکمل و تایید کننده سایر پارامترها در تحقیقات استفاده شود. بر اساس نتایج حاصل از روش‌های مختلف تجزیه پایداری استفاده شده در این تحقیق، ژنوتیپ ۱۶ پایدارترین ژنوتیپ شناخته شد و برای همه محیط‌های انجام آزمایش قابل پیشنهاد است. ژنوتیپ ۱۹ نیز برای محیط‌های مساعد یا محیط‌های با عملکرد بالاتر از میانگین کل و ژنوتیپ‌های ۱۱ و ۱۸ برای محیط‌های نامساعد آزمایش قابل توصیه هستند.



شکل ۱- الگوی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جو در ۱۴ محیط با استفاده از رگرسیون ابرهات و راسل حروف الفبا به ترتیب شماره ژنوتیپ‌های جو از ۱ تا ۲۰ می‌باشند

Fig. 1. Grain yield pattern of barley genotypes for 14 Environments by Eberhart and Russell method. The alphabetic words represented G1 to G20, respectively



شکل ۲- میزان پایداری ۲۰ ژنوتیپ جو و حدود اطمینان آماره‌های روش رگرسیون تای، α نشان‌دهنده ضریب رگرسیون و λ انحراف از رگرسیون می‌باشد

Fig. 2. Stability of 20 barley genotypes and confidence interval levels for statistical parameters of Tai regression method, α is the regression coefficient and λ is the deviation from regression

مشهد، جلگه‌رخ، اراک، میاندوآب، تبریز و اردبیل، آقایان مهندس مظاهری، دکتر محمدی، مهندس تیمورپور، مهندس بابایی، مهندس امین‌زاده، مهندس رضوی و مهندس شریف‌الحسینی صمیمانه تشکر می‌شود.

سپاسگزاری

از مدیریت موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات غلات و همکاران علمی و فنی مجریان ایستگاه‌های تحقیقاتی شهرستان‌های همدان،

References

- Aastveit, A. H. and K. Aastveit. 1984.** Genetic variation of developmental stability in barley. *Hereditas*, 101:155-170
- Abay, F. and A. Bjørnstad. 2009.** Specific adaptation of barley varieties in different locations in Ethiopia. *Euphytica*, 167:181-195.
- Ashraf, M., A. S. Qureshi, A. Ghafoor and N. A. Khan, 2001.** Genotype-environment interaction in wheat. *Pak. J. Bio. Sci.* 1 (5): 356-367.
- Becker, H. B. and J. Leon. 1988.** Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101 : 1-23.
- Crossa, J. 1990.** Statistical analysis of multilocation trials. *Adv. Agron.* 44: 55-85.
- Dehghanpour, Z. 2006.** Study of yield and stability in early maturing hybrids of maize (*Zea mays* L.). *Seed Plant.* 22(1): 45-53. (In Persian with English abstract).
- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Fattahi, F. and A. Yousefi. 2006.** Evaluation of yield stability of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using repeatable stability parameters and pattern analysis of AMMI model. *Iran. J. Agric. Sci.* 37-1(2): 317 – 326. (In Persian with English abstract).
- Fernandez, G. C. J, 2000.** Quick results from statistical analysis (visited/last modified Aug. 16, 2000). <http://www.ag.unr.edu/gf>.
- Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963.** The analysis of adaptation in a plant breeding program. *Aust. J. Agr. Res.* 14: 742-754.
- Flores, F., M. T. Moreno and J. I. Cubero. 1998.** A comparison of univariate and multivariate methods to analyse G×E interaction. *Field Crops Res.* 56: 271-286.
- Freeman, G. H. 1973.** Statistical methods for the analysis of genotype environment interactions. *Heredity*, 31: 339-354.
- Freeman, G. H. and J. M. Perkins. 1971.** Environmental and genotype environmental components variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments. *Heredity*, 27: 15-23.
- Hill, J. 1975.** Genotype-environment – a challenge for plant breeding. *J. Agric. Sci.* 85: 477-493.
- Kang, M. S. 2004.** Breeding: Genotype-by-environment interaction. p. 218–221. in: Goodman, R. M. (Ed.) *Encyclopedia of Plant and Crop Science.* Marcel-Dekker, New York.
- Karimizadeh, R., B. Vaezi, T. Hosein Pour, A. Mehraban and H. Ghojagh. 2009.** Study on correlation and repeatability of parametric and multivariate statistics of grain yield stability in rainfed barley. *J. Sci. Tech. Agric. Natur. Resour.* 48; 53-62. (In Persian with English abstract).
- Maluf, W. R., C. M. T. Cordeiro, J. E. C. Miranda, F. A. A. Couto and O. J. Boock. 1983.** Yield stability of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars. *Revista Brasileira de Genetica Brasilia.* 6(1): 29-41.
- Mohammadi Nejad, G. and A. M. Rezai. 2005.** Analysis of genotype × environment interaction and study of oat (*Avena sativa* L.) genotypes pattern. *J. Sci. Tech. Agric. Natur. Resour.* 9(2): 89 – 107. (In Persian with English abstract).

- Nikkhah, H., A. Yousefi, M. Mahlouji, M. Arazmjo, Z. Ravari, M. Sharif Alhossini, M. E. Pejomand and Y. Morvati. 2006.** Selection of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for temperate zones of Iran using stability statistics. Seed Plant. 23 (1) 1-13. (In Persian with English abstract).
- Nurminiemi, M., S. Madsen, O. A. Rognli, A. Bjørnstad and R. Ortiz. 2002.** Analysis of the genotype-by-environment interaction of spring barley tested in the Nordic region of Europe: Relationships among stability statistics for grain yield. Euphytica, 127: 123–132.
- Shafii, B and W. Price. 1998.** Analysis of genotype-by-environment interaction using the additive main effects and multiplicative interaction model and stability estimates. J. Agric. Biol. Environ. Stat. 3: 335-345.
- Shahmohamadi M., H. Dehghani and A. Yousefi. 2005.** Stability analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in regional trial in cold zone. J. Sci. Tech. Agric. Natur. Resour. 9(1): 143 – 155. (In Persian with English abstract).
- Shaikhmamo, M. 2008.** Study on genotype \times environment interaction and yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising genotype in cold regions of Iran. MSc. Thesis. Tarbiat Modares Univ. (In Persian with English abstract).
- Tai, G. C. C. 1971.** Genotypic stability analysis and application to potato regional trials. Crop Sci. 11: 184–190.
- Tesemma, T., S. Tsegaye, G. Belay, E. Bechere and D. Mitiku. 1998.** Stability of performance of tetraploid wheat landraces in the Ethiopian highland. Euphytica, 102: 301–308.
- Vaezi B. and J. Ahmadi. 2010.** Assessment of genotype \times environment interaction and stability of yield in advanced barley lines in rainfed conditions. Iran. J. Agric. Sci. 41(2): 395-402. (In Persian with English abstract).
- Wachir, F., W. Ngetich, J. Omolo and G. Mamati. 2002.** Genotype \times environment interactions for tea yields. Euphytica, 127: 289–296.
- Westcott, B. 1986.** Some methods of analyzing genotype-environment interaction . Heredity, 56: 243-253.
- Wricks, G. 1962.** Uber eien method zur erfassung der ecologischen streubreite in feldversuchen. Pflanzenzuchtung, 47: 92-96.
- Yan, W. 2001.** GGEbiplot – a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agron. J. 93: 1111–1118.
- Zobel, R. W., M. J. Wright and H. G. Gauch. 1988.** Statistical analysis of yield trial. Agron. J. 80: 388-393.

Study of grain yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in cold regions of Iran using regression methods

Akbarpour, O. A.¹, H. Dehghani² and B. Sorkhi-Lalehloo³

ABSTRACT

Akbarpour, O. A., H. Dehghani and B. Sorkhi-Lalehloo. 2012. Study of grain yield stability of barley (*Hordeum vulgare* L.) promising lines in cold regions of Iran using regression methods. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 14(2):155-170. (In Persian).

Study of grain yield stability in different environmental conditions is very important in plant breeding programs. To study grain yield stability of 18 barley promising lines with two check cultivars (Bahman and MAKOUEE//ZARJOW/80-5151) in six - field stations (Hamedan, Miandoab, Karaj, Arak, Jolgeh Rokh and Mashhad) in cold agro-climatic zone of Iran for two cropping cycle (2007-2009). However, in Tabriz and Ardabil field stations the genotypes were only evaluated in 2007-2008 cropping cycle. The experimental design used in all locations and cropping cycles was randomized complete block design with three replications. Combined analysis of variance performed assuming environment (years and locations) as random and genotypes as fixed factors. Results showed that there was no significant difference among the genotypes. However, the effect of environments and genotype \times environment interaction were significant ($P < 0.01$). The genotype No. 16 with regression coefficient near to 1 and the lowest standard deviation from regression line determined as high yielding with high yield stability. Genotypes No. 18 and 11 with the lowest standard deviation from regression line and minimum regression coefficients using Eberhart and Russell method was determined as stable genotypes for unfavorable environment. Using Tai method, regression coefficients of barley genotypes No. 16, 18 and 11 showed that these genotypes were of high grain stability in comparison with other genotypes. In conclusion, comparison of the three regression methods showed that Tai method is the complementary method for other regression methods considering the biometrical aspects. Using three regression methods, the genotype No. 16 was determined as high yielding with high yield stability among all of the genotypes in all environments. The genotype No. 19 is recommended for high yielding environments and the genotypes No. 18 and 11 can be suggested for unfavorable conditions.

Key Words: Barley, Cold climate, Genotype \times Environment interaction and Yield stability.

Received: February, 2010 Accepted: October, 2011

1- Former M.Sc. Student, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Associate Prof., Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (Corresponding author) (Email: dehghanr@modares.ac.ir)

3- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran