دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
دوره پنجم/ شماره سوم/ پاییز ۱۳۹۴ (۲۷۲-۲۶۱)

تجزیه پایداری لاین‌های پیشرفته جو در اقلیم گرمسیری گچساران

بهروز واعظی[۱]، جعفر احمدی[۲*] و علیرضا پورابوقداره[۳]

۱- عضو هیات علمی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری گروه تولید و اصلاح نباتات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی

(تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۱۶- تاریخ پذیرش: ۹۴/۵/۳)

چکیده

بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و شناسایی ارقام پایدار و پرمحصول در شرایط محیطی مختلف، اهمیت زیادی در اصلاح نباتات دارد. در این تحقیق، پایداری عملکرد دانه ۲۲ لاین پیشرفه جو به همراه دو رقم شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران به مدت سه سال زراعی (۹۱-۱۳۸۹) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب، اثر متقابل لاین × سال معنی‌دار بود، به این معنی که لاین‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی در سال‌های اجرای آزمایش داشتند و از این‌رو می‌توان لاین‌های پایدار و سازگار را در سال‌های مختلف شناسایی کرد. برای تعیین پایداری لاین‌ها، از روش‌های واریانس محیطی رومر، اکووالانس ریک، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون، واریانس انحراف از رگرسیون ابرهارت و راسل، واریانس پایداری شوکلا، ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کاننبرگ، مجموع رتبه‌بندی کانگ و روش گزینش همزمان عملکرد و پایداری کانگ استفاده شد. نتایج حاصل از روش‌های مختلف متفاوت بود و لاین‌های پایدار متفاوتی در هر روش شناسایی شدند، اما با توجه به کلیه روش‌های استفاده شده و با در نظر گرفتن عملکرد لاین‌ها در سال‌های مختلف، لاین‌های شماره ۹، ۳ و ۱۰ به ترتیب با میانگین عملکرد ۴۱۱۹/۸۴، ۳۶۵۹/۵۰ و ۳۵۷۸/۸۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان لاین‌های پرمحصول و پایدار شناسایی شدند که برای کشت در شرایط دیم گچساران و مناطق مشابه معرفی می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، سازگاری، شرایط دیم، عملکرد دانه

[*] نویسنده مسئول: njahmadi910@yahoo.com

مقدمه

جو (*Hordeum vulgare* L.) یکی از اولین گیاهان زراعی اهلی شده به شمار می‌رود که علاوه بر اهمیت تغذیه‌ای، گیاه با ارزشی برای تناوب محصولات زراعی است و مزایای زیادی از نظر تنوع گونه‌ای، کنترل آفات و بیماری‌ها دارد (Chakraborty and Newton, 2011؛ Abdollahi Sisi *et al.*, 2012). این گیاه با سازگاری وسیع اکولوژیکی، سطح زیر کشت وسیع و تولید حدود ۱۵۲ میلیون تن، به عنوان یکی از گیاهان زراعی مهم بعد از گندم، ذرت و برنج مورد استفاده انسان و دام قرار می‌گیرد. در ایران نیز جو با سطح زیر کشت حدود ۱/۶ میلیون هکتار و تولید حدود ۳/۵۳ میلیون تن دومین محصول بعد از گندم محسوب می‌شود (Food and Agriculture Organisation, 2013). ایران به عنوان یکی از کشورهای دارای آب و هوای گرم و خشک محسوب می‌شود، به طوری که به جز مناطق کوچکی از شمال و غرب کشور، سایر مناطق جزء نقاط خشک محسوب شده که در آن گیاهان در دوران رشد خود با کمبود آب مواجه می‌شوند و این مناطق بیش از ۶۴٪ از کل اراضی زیر کشت کشور را به خود اختصاص می‌دهند (Pour-Aboughadareh, 2012). به نظر می‌رسد در کنار تحقیقات برای شرایط آبیاری معمولی، بایستی تحقیقات در شرایط کم آبی و دیم نیز اجرا شود، تا ارقام مناسب برای این شرایط نیز شناسایی شوند. شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار با عملکرد بالا و پایدار نیازمند اجرای آزمایش‌های تکراردار در سال‌ها و مکان‌های مختلف است و ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در مناطق و سال‌های مختلف علاوه بر عملکرد بالا، پایداری عملکرد خود را حفظ کنند، به عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب و برتر برای آن شرایط شناسایی خواهند شد (Abdmishani and Shahnejat-Bushehri, 2008).

اثر متقابل ژنوتیپ × محیط یکی از مهم‌ترین مسائل برنامه‌های به‌نژادی برای تولید ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار به شمار می‌رود و وجود آن باعث کاهش همبستگی بین ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی و نیز کندی پیشرفت ژنتیکی می‌شود (Jamshidhi Moghaddam and Pourdad, 2013). از طرف دیگر، وراثت‌پذیری عملکرد دانه در شرایط دیم کاهش می‌یابد، زیرا بخش قابل توجهی از تغییرات عملکرد در این شرایط ناشی از محیط است. در این حالت، به‌نژادگران ژنوتیپ‌ها را در چند مکان و چند سال ارزیابی می‌کنند تا بتوانند نتایج نسبتاً دقیقی به دست آوردند (Blum, 1988). روش‌های پارامتری و ناپارامتری متعددی برای برآورد پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها پیشنهاد شده است که محققین مختلف با توجه به شرایط و اهداف ویژه آزمایش خود، تعدادی از آنها را مورد استفاده قرار می‌دهند.

آقایی و همکاران (Aghaee *et al.*, 1994) در تجزیه پایداری ارقام جو، از روش‌های ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) استفاده و ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بیش از میانگین کل ژنوتیپ‌ها، ضریب رگرسیون معادل یک و انحراف از خط رگرسیون غیرمعنی‌دار را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند. آکورا و همکاران (Akcura *et al.*, 2006) به منظور تجزیه پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم از روش‌های شوکلا (Shukla, 1972)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، ضریب رگرسیون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ضریب تغییرات محیطی (Roemer, 1917) و انحراف از خط رگرسیون (Eberhart and Russel, 1966) استفاده و در نهایت پنج ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار معرفی کردند. در مطالعه‌ای که توسط کبریایی و همکاران (Kebriayai *et al.*, 2007) به منظور پایداری عملکرد دانه لاین‌های امید بخش گندم انجام شد، واریانس شوکلا (Shukla, 1972) به عنوان پارامتر مطلوب در تعیین پایداری شناخته شد. باکسوانوس و همکاران (Baxevanos *et al.*, 2008) با بررسی تکرارپذیری پارامترهای پایداری در ارقام پنبه، آماره همزمان عملکرد و پایداری کانگ (Kang, 1993) را به عنوان مناسب‌ترین پارامتر پایداری گزارش کردند.

عبدمیشانی و شاه نجات بوشهری (Abdmishani and Shahnejat-Bushehri, 2008) نیز اظهار داشتند که اگرچه در اکثر مطالعات روش‌های آماری مختلفی برای بررسی پایداری به کار گرفته می‌شوند، ولی معمولاً سه روش فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ابرهارت و راسل (Eberhart and Russel, 1966) و اکووالانس ریک (Wricke, 1962) به عنوان مناسب‌ترین روش‌های ارزیابی پایداری و سازگاری ارقام توسط متخصصین اصلاح نباتات استفاده می‌شوند. آبای و بجرنستاد (Abay and Bjornstad, 2009) با بررسی پایداری عملکرد ۱۰ رقم جو در ۲۱ محیط با استفاده از روش رگرسیون و GGE biplot (Yan *et al.*, 2007)

نشان دادند که نتایج به دست آمده از روش رگرسیون ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966)، مطابقت بالایی با روش چند متغیره GGE biplot دارد. مقدم و پورداد (Moghaddam and Pourdad, 2009) در آزمایشات پایداری عملکرد گلرنگ از روش‌های پایداری تک متغیره استفاده و در بین آن‌ها دو روش ضریب رگرسیون (Finlay and Wilkinson, 1963) و گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری (Kang, 1993) را به عنوان شاخص‌های برتر در تجزیه پایداری معرفی کردند. واعظی و احمدی (Vaezi and Ahmadi, 2010) نیز با ارزیابی پایداری ۱۹ ژنوتیپ جو در چهار مکان به مدت سه سال، ژنوتیپ‌های پایدار را با استفاده از مدل‌های رگرسیونی فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و ابرهارت و راسل (Eberhart and Russell, 1966) معرفی کردند. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2013) نیز با استفاده از ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) و اکووالانس ریک (Wricke, 1962) ژنوتیپ‌های پایدار کلزا را معرفی کردند.

با توجه به اینکه در پژوهش‌های مختلف از روش‌های متفاوتی جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار استفاده می‌شود، در این پژوهش نیز تلفیقی از روش‌های پایداری مختلف جهت تعیین پایداری ژنوتیپ‌های جو مورد استفاده قرار گرفت. هدف از اجرای این پژوهش مقایسه عملکرد و ارزیابی سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های جو طی سال‌های مختلف در شرایط دیم گچساران و معرفی پایدارترین ژنوتیپ‌ها بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی سازگاری و پایداری عملکرد دانه لاین‌های جو برای شرایط دیم مناطق گرمسیر، تعداد ۲۲ لاین پیشرفته جو تهیه شده از ICARDA به همراه دو رقم ایذه و ماهور به عنوان ارقام شاهد طی سه سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم واقع در گچساران مورد مطالعه قرار گرفتند. متوسط بارش سالیانه منطقه در سال‌های اجرای آزمایش به ترتیب ۴۱۷/۱۰، ۴۲۰/۶۰ و ۵۰۳/۷۰ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دماهای سالیانه در سال اول ۳۲/۷۲-۴/۷۷، در سال دوم ۳۰/۳۱-۲/۷۰ و در سال سوم ۳۱/۲۲-۳/۹۲ درجه سلسیوس بود (Meteorological Organization, 2013). آزمایش در هر سال در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. هر کرت آزمایشی دارای ابعاد ۷/۵۰ × ۱/۵۰ متر و شامل شش ردیف کاشت به طول ۷/۵ متر با فاصله ردیف ۱۷/۵ سانتی‌متر بود. عملیات کاشت با استفاده از دستگاه بذرکار آزمایشات غلات در زمان مناسب انجام گرفت. مراقبت‌های لازم از قبیل مبارزه با علف‌های هرز در زمان قبل از به ساقه رفتن و پنجه‌زنی با 2-4-D به مقدار ۲/۵- ۲ لیتر در هکتار انجام شد.

پس از به دست آوردن عملکرد لاین‌ها در هر سال تجزیه واریانس مرکب برای سه سال با فرض تصادفی بودن عامل سال و ثابت بودن عامل لاین انجام شد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل لاین × سال، برای تعیین سازگاری و پایداری لاین‌ها از روش‌های مختلف تجزیه شامل واریانس محیطی رومر (Romer, 1917)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962)، ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، واریانس انحراف از رگرسیون ابرهارت و راسل (Eberhart and Russel, 1966)، واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972)، ضریب تغییرات محیطی فرانسیس و کاننبرگ (Francis and Kannenberg, 1978)، مجموع رتبه کانگ (Kang, 1988) و روش گزینش همزمان عملکرد و پایداری کانگ (Kang, 1993) استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها و محاسبه پارامترهای پایداری آزمون یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی (آزمون بارتلت) تأیید و سپس تجزیه مرکب داده‌ها انجام شد. برای آزمون یکنواختی واریانس خطای آزمایشی و تجزیه مرکب داده‌ها از نرم‌افزار MSTAT-C و به منظور برآورد پارامترهای پایداری از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب در سه سال اجرای آزمایش، اختلاف معنی‌داری بین سال‌ها، لاین‌ها و اثر متقابل لاین × سال نشان داد (جدول ۲). معنی‌دار شدن اثر لاین نشان داد که لاین‌های مورد مطالعه از نظر عملکرد متفاوت از هم بوده و از این نظر دارای تنوع ژنتیکی هستند. معنی‌دار بودن اثر متقابل لاین × سال نیز نشان داد که پاسخ لاین‌ها در سال‌های مختلف یکسان نبوده و در سال‌های مختلف، لاین‌های متفاوتی دارای بیشترین عملکرد بوده‌اند. بنابراین، صرفاً بر اساس مقایسه میانگین لاین‌ها نمی‌توان لاین با عملکرد بیشتر را تعیین

کرد، بلکه باید تجزیه پایداری انجام شود تا لاین‌های سازگار با شرایط منطقه که ضمن داشتن عملکرد دانه بالا، نوسانات عملکرد آنها نیز در سال‌های مختلف کمتر باشد، شناسایی شوند. به این ترتیب، تجزیه پایداری عملکرد دانه لاین‌های مورد مطالعه با روش‌های مختلف انجام شد تا لاین‌های با عملکرد دانه بالا و پایدار شناسایی شوند.

جدول ۱- شجره لاین‌های پیشرفته جو مطالعه شده در این آزمایش

Table 1. Pedigree of barley advanced lines studied in this experiment

کد لاین Line code	شجره Pedigree
L1	NK1272/MAlanda/Hamra//M192 ICB98-1210-0AP-19AP-0APoroc9-75/3/Arimar/Aths//M-Att-73-337-1/4/M187 ICB98-1240-0AP-2AP-0AP(13- BYTA11 2008-09)
L2	Lignee527/NK1272/6/Cita'S'/4/Apm/Rl//Manker/3/Maswi/Bon/5/Copal'S ICB91-0172-0AP-0AP-15AP-0AP-20AP-0AP(16- BYTA11 2008-09)
L3	Alanda/Harma//Alanda-01 ICB97-0905-OAP-25AP-OAP(9- BYTA11 2008-09)
L4	Lignee527/Rhn//Rhn-03 ICB91-0546-8SSD-1SSD-OSSD-3AP-OAP(12- BYTA11 2008-09)
L5	QB813-2/3/Alanda-01//Ssn/Lignee640 ICB97-0855-2AP-OAP-OAP(10- BYTA11 2008-09)
L6	ROBUST/GLORIA-BAR/COPAL/3/L.P/4/MSEL CBSS97WM00207T-B-1M-2Y-2M-1Y-1M-2Y-OM(4- BYTA11 2008-09)
L7	Viringa'S'//Hml-02/ArabiAbiad*2 ICB92-1453-0AP-10AP-24TR-0AP(14- BYTA11 2008-09)
L8	Arda/Moroco9-75 ICB93-1136-OAP-5AP-OAP(11- BYTA11 2008-09)
L9	SICH3.80/MSEL//INCI CBSW99WM00049T-F-3M-1Y-2M-OY(7- BYTA11 2008-09)
L10	SICH3.80/MSEL//ALELI/GOB CBSW99WM00034T-C-1M-1Y-OM(5- BYTA11 2008-09)
L11	MJA/BRB2//QUINA/3/CARDO CBSS99Y00023S-5Y-2M-2Y-OM(2- BYTA11 2008-09)
L12	BOLDO/MJA/3/MJA/ESPERANZA//GLORIA-BAR CBSS99M00328T-G-1M-1Y-1M-OY(1- BYTA11 2008-09)
L13	Rhn.o3/4/Lignee527//Bahtim/DL 71/3/ Api/CM67//Mzq ICB95.o615-OAP-11AP.oAP-1TR-OAP(4- BYTA2 2008-09)
L14	COMINO/3/MATICO/JET//SHYRI/4/ALELI/5/MAEL /6/ CBSS98Y00322T-A-OY-OM-1Y-2M-OY(3- BYTA2 2008-09)
L15	Alanda/Harma//Alanda-01 (7- BYTA2 2008-09)
L16	Rhn03/3/Arizona5908/AthsIIMari/Aths*2/4/Lignee… (5- BYTA2 2008-09)
L17	Alanda//Lignee527/Arar/3/BF891M-653 ICB95-0326-1AP-OAP-OAP-7TR-OAO (12- BYTA2 2008-09)
L18	Alanda//Lignee 527/Arar/3/BF891M-653 ICB95-0326-1AP-0AP-0AP-7TR-0AP(15- BYTA2 2008-09)
L19	BLLU/ALOE//BLLU/TITIRIB ICBSS98Y00790D-B-OY-OM-1Y-1M-OY(2- BYTA2 2008-09)
L20	Arda/MOROC975/4/Hml02/Arabi Abiad IIER.. (6- BYTA2 2008-09)
L21	Alanda//Lignee527/Arar/3/BF891M-653 ICB95-0326-1AP-OAP-OAP-3TR-OAO(10- BYTA2 2008-09)
L22	Rihane-03/3/As46/Aths*2//Aths/Lignee686 ICB95- 0602-OAP-10AP-OAP-17TR-OAP(1- BYTA2 2008-09)
L23	Mahor (check)
L24	Izeh (check)

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه لاین‌های پیشرفته جو طی سال‌های ۹۱-۱۳۸۸

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield of barley advanced lines during 2010-2013

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares
Year	سال	2	182360745.05**
Replication (Year)	تکرار درون سال	9	3184765.71
Line	لاین	23	1336170.84**
Line × Year	لاین × سال	46	527571.40**
Error	خطای آزمایش	216	315616.453
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	16.56

**: Significant at 1% probability level. ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

نتایج تجزیه واریانس روش گرسیونی ابرهارت و راسل در جدول ۳ ارایه شده است. با توجه به نتایج، واریانس محیط (خطی) و واریانس لاین × محیط (خطی) به ترتیب معنی‌دار و غیر معنی‌دار بودند. معنی‌دار بودن محیط (خطی) نشان دهنده رابطه خطی معنی‌دار بین عملکرد در سال‌های اجرای آزمایش با شاخص محیطی (منظور از شاخص محیطی در این آزمایش، سال است) بود. واریانس انحراف از رگرسیون کل نیز معنی‌دار نشد که این نتیجه دلالت بر مناسب بودن مدل رگرسیونی در توجیه تغییرات دارد. با این وجود، لاین‌های شماره ۲، ۶، ۹، ۱۴ و ۱۸ دارای انحراف از رگرسیون خطی معنی‌داری بودند که نشان می‌دهد عملکرد این لاین‌ها روی شاخص محیطی دارای نوسان و این پراکندگی‌ها در اطراف خط رگرسیون بین آنها معنی‌دار بود و در نتیجه این لاین‌ها از پایداری عملکرد مناسبی برخوردار نبودند. در مقابل، سایر لاین‌ها انحراف از رگرسیون غیر معنی‌دار داشتند، به این معنی که ضمن وجود ارتباط خطی معنی‌دار و قابل توجه بین عملکرد این لاین‌ها روی شاخص محیطی، نوسانات عملکرد لاین‌ها در اطراف خط رگرسیون معنی‌دار نبود. در بین این لاین‌ها نیز لاین‌های شماره ۳، ۲۳، ۴، ۱۷ و ۱۰ به ترتیب با برخورداری از کمترین مقدار انحراف از رگرسیون، به عنوان پایدارترین لاین‌ها در این پژوهش شناسایی شدند.

امیری اوغان و همکاران (Amiri Oghan *et al.*, 2004) ۲۳ ژنوتیپ بهاره کلزا را به مدت دو سال در چهار منطقه مورد ارزیابی قرار دادند و در نهایت با استفاده از مدل رگرسیونی ابرهارت و راسل، هیبرید هایولا ۴۰۱ را به دلیل دارا بودن عملکرد بالا، ضریب رگرسیون خطی معادل یک و انحراف از رگرسیون غیر معنی‌دار به عنوان ژنوتیپ پایدار معرفی کردند. واعظی و احمدی (Vaezi and Ahmadi, 2010) نیز تعداد ۱۸ ژنوتیپ جو را طی سه سال در چهار مکان با استفاده از پارامترهای پایداری مختلف ارزیابی نمودند و در نهایت از بین ده پارامتر اندازه‌گیری شده، کفایت مدل رگرسیونی ابرهارت و راسل را در شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار گزارش کردند.

نتایج حاصل از روش‌های مختلف تجزیه پایداری در جدول ۴ ارایه شده است. بر اساس ضریب رگرسیون خطی فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ۱۶ لاین در بین لاین‌های مورد بررسی دارای ضریب رگرسیون معادل یک بودند. بیشترین میزان ضریب رگرسیون مربوط به لاین‌های شماره ۵، ۶، ۱۵ و ۲۰ بود و در مقابل لاین‌های شماره ۴، ۱۶، ۱۷ و ۱۸ از کمترین مقدار ضریب رگرسیون برخوردار بودند. واریانس انحراف از خط رگرسیون ($S^2_{d_i}$) سهم هر ژنوتیپ را در اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان می‌دهد. بنابراین اگر ژنوتیپی دارای انحراف از خط رگرسیون صفر یا حداقل باشد آن رقم پایدار است (Soughi *et al.*, 2009). این اساس لاین‌های شماره ۲، ۶، ۹، ۱۴ و ۱۸ دارای واریانس انحراف از خط رگرسیون معنی‌دار بودند و در نتیجه تغییرات عملکرد این ژنوتیپ‌ها در طول تغییرات خطی با شاخص محیطی (سال‌های اجرای آزمایش) دارای نوسان بوده است.

جدول ۳- تجزیه واریانس پایداری عملکرد دانه لاین‌های جو به روش ابرهارت- راسل

Table 3. Stability analysis of barley grain yield stability by Eberhart and Russel method

Source of variation	منابع تغییرات	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean squares
Line	لاین	23	30731929.20	1336170.83**
Year + (En × Line)	سال + (محیط در لاین)	48	388989774.50	-
Year	سال	2	364721490.40	182360745.20**
Year × Line	سال × لاین	46	24268284.10	527571.39**
Year (linear)	سال خطی	1	9037517.51	-
Line x Year (linear)	لاین در سال خطی	23	84567203.48	3676834.93**
Pooled Dev.	انحرافات کل	24	3642722.22	151780.09
Line 1	لاین ۱	1	35735.73	35735.73
Line 2	لاین ۲	1	377157.85	377157.85*
Line 3	لاین ۳	1	68.00	68.00
Line 4	لاین ۴	1	943.98	943.98
Line 5	لاین ۵	1	6015.41	6015.41
Line 6	لاین ۶	1	320618.54	320618.54*
Line 7	لاین ۷	1	41014.00	41014.00
Line 8	لاین ۸	1	41090.20	41090.20
Line 9	لاین ۹	1	400388.81	400388.81*
Line 10	لاین ۱۰	1	3525.86	3525.86
Line 11	لاین ۱۱	1	175143.33	175143.33
Line 12	لاین ۱۲	1	101497.79	101497.79
Line 13	لاین ۱۳	1	159618.84	159618.84
Line 14	لاین ۱۴	1	359307.83	359307.83*
Line 15	لاین ۱۵	1	214210.94	214210.94
Line 16	لاین ۱۶	1	168236.48	168236.48
Line 17	لاین ۱۷	1	2396.97	2396.97
Line 18	لاین ۱۸	1	364589.60	364589.60*
Line 19	لاین ۱۹	1	214323.25	214323.25
Line 20	لاین ۲۰	1	74319.72	74319.72
Line 21	لاین ۲۱	1	5293.51	5293.51
Line 22	لاین ۲۲	1	285726.22	285726.22
Line 23	لاین ۲۳	1	213.19	213.19
Line 24	لاین ۲۴	1	291286.07	291286.07
Pooled error	خطای مرکب	216	17043288.46	78904.11

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively. * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه و پارامترهای پایداری در لاین‌های پیشرفته جو در روش‌های مختلف

Table 4. Mean comparison of grain yield and stability parameters of barley advanced lines in different methods during three cropping years

کد لاین Line code	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	اکووالانس Equivalence	واریانس شوکلا Shukla's variance	ضریب رگرسیون Regression slope (H_0:b=1)	انحراف از رگرسیون Deviation from regression	ضریب تغییرات Coefficient of variation	واریانس محیطی Environmental variance	مجموع رتبه Sum-rank	عملکرد- پایداری Yeild-stability
L1	3466.70	66972.93	30535.56	1.09	35735.73	43.53	2277481	18	13
L2	3445.10	491770.70	262243.40	1.17	377157.85	48.61	2805300	37	11
L3	3650.50	16915.28	3231.39	1.06	68.00	40.26	2160917	5	23
L4	3194.25	116388.60	57489.54	0.82**	943.98	35.63	1295553	26	4
L5	3587.81	419659.60	222910.10	1.33**	6015.41	51.11	3362988	27	19
L6	3243.81	606279.60	324702.90	1.27	320618.54	55.52	3244465	41	6
L7	3466.92	146514.50	73921.85	0.83*	41014.00	33.38	1339785	22	14
L8	3295.20	144248.30	72685.78	0.83*	41090.20	35.20	1345718	26	7
L9	4119.84	444927.30	236692.50	0.89	400388.81	31.74	1710776	22	27
L10	3578.80	63669.95	28733.93	0.87*	3525.86	33.68	1453464	12	18
L11	3450.40	184318.00	94541.94	1.05	175143.33	42.77	2178291	25	12
L12	3613.02	132167.80	66096.41	1.09	101497.79	42.03	2306933	13	21
L13	3752.79	190130.70	97712.55	1.08	159618.84	40.71	2335030	14	24
L14	3471.08	359753.30	190234	1.01	359307.83	41.94	2119917	28	15
L15	3627.78	411941.00	218699.90	1.23	214210.94	47.52	2972244	23	22
L16	3209.48	387399.20	205313.50	0.76	168236.48	33.85	1180822	37	5
L17	2695.33	117255.10	57962.21	0.82*	2396.97	42.26	1297666	31	-2
L18	2707.50	627173.80	336099.70	0.74	364589.60	40.70	1214393	47	-1
L19	3051.69	217784.40	112796.40	0.97	214323.25	45.09	1894027	34	3
L20	3577.32	234791.30	122072.80	1.20*	74319.72	46.75	2797749	23	17
L21	2779.68	5306.92	-3100.44	1.00	5293.51	49.64	1904421	23	1
L22	3592.54	298542.10	156846.00	1.06	285726.22	41.93	2269381	21	20
L23	3486.71	44827.79	18456.39	0.89*	213.19	35.24	1510364	13	16
L24	3360.41	338333.00	178550.10	0.88	291286.07	38.18	1646038	32	8
Mean	3417.69	-	-	-	-	-	-	-	12.625

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

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

فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963) اظهار داشتند که ضریب رگرسیون (b_i) هر لاین وابسته به سایر ژنوتیپ‌های موجود در آزمایش است و بنابراین ضریب رگرسیون به تنهایی قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار نیست و نمی‌تواند به عنوان یک معیار پایداری عمومی در نظر گرفته شود. دشتکی و همکاران (Dashtaki *et al*., 2004) برای بررسی پایداری ۲۰ ژنوتیپ گندم در هفت منطقه طی سه سال از روش رگرسیونی استفاده نمودند که در مطالعه آن‌ها نیز به علت معنی‌دار نبودن واریانس انحرافات از خط رگرسیون برای اکثر ژنوتیپ‌ها و قرار گرفتن بیشتر ژنوتیپ‌ها حول محور b=۱ از این دو پارامتر نتوانستند برای گزینش لاین‌های پایدار استفاده کنند.

بر اساس اکووالانس ریک (Wricke, 1962) و واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) لاین‌های شماره ۲۱، ۳، ۲۳، ۱۰ و ۱ در محیط‌های مختلف دارای اکووالانس و واریانس کمتر بودند و به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند. به دلیل اینکه واریانس پایداری شوکلا ترکیب خطی از اکووالانس است، بنابراین اکووالانس و واریانس پایداری از نظر رتبه‌بندی لاین‌ها دارای ارزش یکسان هستند و یکسان بودن نتایج حاصل از این دو روش دور از انتظار نبود. روستایی و همکاران (Roustaie *et al*., 1996) با مقایسه روش‌های مختلف پایداری برای انتخاب ارقام پایدار و پرمحصول جو در دیم‌زارهای کشور گزارش کردند که معیار اکووالانس ریک و واریانس پایداری شوکلا موجب انتخاب ارقام پرمحصول و پایدار می‌شوند. آن‌ها اظهار داشتند که این دو روش بیشتر تأکیدشان بر اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استوار است و به همین دلیل منجر به انتخاب ارقام پایدار و پرمحصول می‌شوند و بنابراین می‌توان این دو روش را به عنوان معیار مناسب پایداری به خصوص برای شرایط دیم توصیه کرد. رمضانی (Ramazani, 2012) نیز در بررسی خصوصیات زراعی و پایداری عملکرد یازده ژنوتیپ برنج در مناطق مختلف اصفهان از چند روش پایداری استفاده و در نهایت با استفاده از روش واریانس پایداری شوکلا، سه ژنوتیپ پایدار و سازگار به شرایط آب و هوایی منطقه را شناسایی و معرفی کرد.

مقایسه پایداری لاین‌ها از نظر واریانس محیطی نشان داد که لاین‌های شماره ۱۶،۹ ، ۱۸، ۴، ۱۷ و ۷ به ترتیب با کمترین مقدار واریانس محیطی از پایداری بیشتری برخوردارند. بر اساس ضریب تغییرات نیز لاین‌های شماره ۹، ۷، ۱۰، ۱۶ و ۸ دارای کمترین مقدار ضریب تغییرات بودند و در بین آن‌ها لاین‌های شماره ۹، ۱۰ و ۷ به دلیل دارا بودن میانگین عملکرد بالاتر از میانگین کل به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی شدند. ضعیفی‌زاده و همکاران (Zaifizadeh *et al*., 1996)، سوقی و همکاران (Soughi *et al*., 2009) و واعظی و احمدی (Vaezi and Ahmadi, 2010) نیز در آزمایشات خود برای شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار از ضریب تغییرات محیطی و واریانس درون مکانی استفاده کردند و اظهار داشتند که این دو روش بیانگر پایداری بیولوژیک هستند و به دلیل وراثت‌پذیر بودن می‌توانند به عنوان معیارهای مناسب برای انتخاب ارقام پایدار به کار روند.

بر اساس روش مجموع رتبه کانگ (Kang, 1988)، لاین‌های دارای کمترین مجموع رتبه به عنوان لاین‌های مطلوب شناسایی می‌شوند. بر این اساس، لاین‌های شماره ۳، ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۲۳ با کمترین مجموع رتبه به عنوان لاین‌های پایدار شناخته شدند. روستایی و همکاران (Roustaii *et al*., 2003) اظهار داشتند که روش مجموع رتبه در شرایط دیم بهتر از سایر روش‌ها در گزینش ارقام پر محصول و پایدار به‌نژادگران را یاری می‌کند. آنها با استفاده از این روش پایدارترین رقم گندم را در مطالعه خود معرفی کردند. صباغ‌نیا و همکاران (Sabaghnia *et al*., 2006) به منظور ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و پایداری عملکرد یازده ژنوتیپ عدس در ۲۰ محیط مختلف از روش‌های غیر پارامتری استفاده کردند و در بین آن‌ها مجموع رتبه کانگ را به عنوان مناسب‌ترین روش غیر پارامتری در تعیین ژنوتیپ‌های برخوردار از عملکرد بالا و پایدار معرفی کردند. عبادی و همکاران (Ebadi Segherloo *et al*., 2008) نیز در بررسی پایداری عملکرد لاین‌های پیشرفته نخود از روش‌های غیر پارمتری استفاده و گزارش کردند که روش مجموع رتبه به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه می‌تواند به عنوان یک معیار پایداری مفید در شناسایی ارقام پایدار و پرمحصول به کار گرفته شود.

نتایج تجزیه پایداری لاین‌ها به روش گزینش همزمان برای عملکرد و پایداری در جدول ۴ ارایه شده است. با استفاده از گزینش همزمان عملکرد-پایداری و در نظر گرفتن ۳۰ درصد از ارقام دارای بیشترین مقدار آن به عنوان ملاک گزینش، لاین‌های شماره ۹، ۱۳، ۳ و ۱۵ به

ترتیب با میانگین‌های ۴۱۱۹/۸۴، ۳۷۵۲/۷۹، ۳۶۵۰/۵۰ و ۳۶۲۷/۷۸ کیلوگرم در هکتار به عنوان پایدارترین لاین‌ها شناسایی شدند. مقدم و پورداد (Moghaddam and Pourdad, 2009) در آزمایشات پایداری عملکرد گلرنگ از شاخص‌های پایداری تک متغیره استفاده کردند و در بین آن‌ها دو شاخص ضریب رگرسیون (Finlay and Wilkinson, 1963) و گزینش همزمان برای عملکرد–پایداری کانگ (Kang, 1993) را به عنوان شاخص‌های برتر در تجزیه پایداری شناسایی و معرفی کردند. محمدی و همکاران (Mohammadi *et al.*, 2009) در ارزیابی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های گندم نشان دادند که همبستگی بسیار بالایی بین رتبه ژنوتیپ‌ها بر اساس روش‌های GGE biplot و روش گزینش همزمان عملکرد-پایداری وجود دارد و این آماره را جایگزین مناسبی برای روشGGE biplot عنوان کردند. در مطالعه واعظی و همکاران (Vaezi *et al.*, 2011) که به منظور بررسی پایداری ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره در شرایط دیم انجام گرفت، مشخص شد که روش گزینش همزمان عملکرد-پایداری نسبت به سایر روش‌ها به خوبی قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گلرنگ پر محصول و پایدار برای شرایط دیم بود. جمشیدی مقدم و پورداد (Jamshidi Moghaddam and Pourdad, 2013) نیز در ارزیابی عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ بهاره با استفاده از روش‌های غیر پارامتری و GGE biplot گزارش کردند که نتایج گزینش حاصل از روش GGE biplot با نتایج گزینش ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس آماره همزمان پایداری و عملکرد یکسان بوده که این نشان دهنده توانایی بالای این روش در معرفی ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالا است.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که ترتیب و نوع لاین‌های انتخاب شده با استفاده از پارامترهای مختلف پایداری متفاوت بود. با توجه به انتخاب لاین‌های تقریباً مشابه با ترتیب رتبه متفاوت و در برخی موارد انتخاب لاین‌های کاملاً متفاوت با استفاده از روش‌های مختلف پایداری پیشنهاد می‌شود که پس از محاسبه کلیه پارامترها، انتخاب لاین‌ها از نظر سایر ویژگی‌های زراعی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نیز انجام شود. با این وجود، با توجه به کلیه روش‌های پایداری و با در نظر گرفتن عملکرد لاین‌ها در سال‌های مختلف، لاین‌های شماره ۹، ۳ و ۱۰ به ترتیب با میانگین عملکرد ۴۱۱۹/۸۴، ۳۶۵۹/۵۰ و ۳۵۷۸/۸۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به ارقام شاهد از عملکرد و پایداری مطلوبی برخودار بودند و به عنوان لاین‌های پر محصول و پایدار برای کشت در شرایط دیم گچساران و سایر مناطق مشابه معرفی می‌شوند.

References

Abay, F. and Bjornstad, A. 2009. Specific adaptation of barley varieties in different locations in Ethiopia. **Euphytica** 167: 181-195.

Abdmishani, C. and Shahnejat-Bushehri, A. A. 2008. Advanced Plant Breeding. Vol. I. Conventional plant breeding. University of Tehran Press. (In Persian).

Abdollahi Sisi, N., Mohammadi S. A., Alavikia, S. S. and Sadeghzadeh, B. 2012. Efficiency of EST-SSR markers in determination of genetic diversity and relationships of barley landraces. **Cereal Research** 2 (2):123-133. (In Persian).

Aghaee, M., Moghaddam, M., Valizadeh, M. and Kazemi-Arbat, H. 1994. Stability and correlation analysis of grain yield in some barely cultivars. Proceedings of 3rd Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress. Sep. 3-8, 1994, University of Tabriz, Iran. (In Persian).

Ahmadi, J., Vaezi, B. and Naraki, H. 2013. Analysis of canola stability in rain-fed conditions and comparison of stable genotypes selection methods using stability indices. **The Plant Production** 36 (2): 13-22. (In Persian).

Akcura, M., Kaya, Y., Taner, S. and Ayranci, R. 2006. Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. **Plant, Soil and Environment** 52 (6): 254-261.

Amiri Oghan, H., Alemzadeh Khoomaram, M. H. and Javadifar, F. 2004. Stability of seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus*) genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences** 6 (3): 203-204. (In Persian).

Baxevanos, D., Goulas, C., Tzortzios, S. and Mavromatis, A. 2008. Interrelationship among and repeatability of seven stability indices estimated from commercial cotton variety evaluation trials in three Mediterranean countries. **Euphytica** 161 (3): 371-382.

Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.

Chakraborty, S. and Newton, A. C. 2011. Climate change, plant diseases and food security: An overview. **Plant Pathology** 60: 2-14.

Dashtaki, M., Yazdansepas, A., Najafi Mirak, T., Ghannadha, M. R., Joukar, R., Islampour, M. R., Moayedi, A. A., Kouchaki, A. R., Nazeri, M., Abedi Oskooie, M. S., Aminzadeh, G., Soltani, R. and Ashouri, S. 2004. Stability of grain yield and harvest index in winter and facultative bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. **Seed and Plant Improvement Journal** 20 (3): 263-280. (In Persian).

Ebadi Segherloo, A., Sabaghpour, S. H., Dehghani, H. and Kamrani, M. 2008. Nonparametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). **Euphytica** 162: 221-229.

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

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

Food and Agriculture Organization. 2013. Statistics: FAOSTAT Agriculture. Retrieved Oct. 23, 2013, from http://faostat.fao.org/.

Francis, T. R. and Kannenberg, G. N. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I: A descriptive method for grouping genotypes. **Canadian Journal of Plant Science** 58: 1029-1034.

Meteorological Organization. 2013. Kohgiloyeh and Boyerahmad Meteorological organization, Iran Meteorological Organization, Iran Ministry of Roads and Orban Development. Retrieved Dec. 18, 2013, from http://www.kb-weather.ir/. (In Persian).

Jamshidi Moghaddam, M. and Pourdad, S. S. 2013. Evaluation of seed yield adaptability of spring safflower genotypes using nonparametric and GGE biplot method in rainfed conditions. **Seed and Plant Improvement Journal** 29 (1): 45- 63. (In Persian).

Kang, M. S. 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. **Cereal Research Communications** 16: 113-115.

Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. **Agronomy Journal** 85 (3): 754-757.

Kebriayai, A., Yazdansepas, A., Keshavarz, S., Bihamta, M. R. and Najafi Mirak, T. 2007. Stability of grain yield in promising winter and facultative wheat (*T. aestivum* L.) lines. **Iranian Journal of Crop Sciences** 9: 236-244. (In Persian).

Moghaddam, M. J. and Pourdad, S. S. 2009. Comparison of parametric and nonparametric methods for analyzing genotype × environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **The Journal of Agricultural Science** 147 (5): 601-612.

Mohammadi, R., Haghparast, R., Amri, A. and Ceccarelli, S. 2009. Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. **Crop Pasture Science** 6: 92-101.

Pour-Aboughadareh, A. R. 2012. Evaluation of *Triticum boeoticum* and *Triticum urartu* populations based on morphological characteristics under normal and water stress conditions. M. Sc. Dissertation, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian).

Ramazani, A. 2012. The study of yield stability of rice genotypes in Isfahan province. **Cereal Research** 2 (3): 181-192. (In Persian).

Roemer, T. 1917. Sin die ertragsreichen sorten ertragssicherer. **Mitt DLG** 32: 87-89. (In German).

Roustaie, M., Mogaddam, M., Mahfouzi, S. and Mohammadi, A. 1996. Comparison of stability analysis of grain yield in wheat and barley cultivars in dry lands. Proceedings of 4th Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress. Aug. 26-29, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian).

Roustaie, M., Sadeghzadeh Ahari, D., Hesami, A., Soleymani, K., Pashapour, H., Nader-Mahmoudi, K., Pour Siahbidi, M. M., Ahmadi, M., Hassanpour Hosni, M. and Abedi-Asl, M. 2003. Study of adaptability and stability of grain yield of bread wheat genotypes in cold and moderate-cold dry land areas. **Seed and Plant Improvement Journal** 19 (2): 263-275. (In Persian).

Sabaghnia, N., Dehghani, H. and Sabaghpour, S. H. 2006. Non-parametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. **Crop Science** 46 (11): 1100-1106.

Shukla, G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype environmental components of variability. **Heredity** 29: 237-245.

Soughi, H., Vahabzadeh, M., Kalateh-Arabi, M., Jafarby, J. A., Khavarinejad, S., Ghasemi, M., Fallahi, H. and Amini, A. 2009. Study on grain yield stability of some promising bread wheat lines in northern warm and humid climate of Iran. **Seed and Plant Improvement Journal** 25 (1): 211-222. (In Persian).

Vaezi, B. and Ahmadi, J. 2010. Assessment of genotype × environment interaction and stability of yield in advanced barley lines in rain-fed conditions. **Iranian Journal of Field Crop Science** 41 (2): 395-402. (In Persian).

Vaezi, B., Ahmadi, J. and Naraki, H. 2011. Genotype × environment interaction and stability analysis for safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under warm rainfed conditions. **Iranian Journal of Crop Sciences** 13 (2): 395-407. (In Persian).

Wricke, G. 1962. Ubereine methode zurrefassung der okologischen streubretite in feldversuchen. **Flazenzuecht** 47: 92-96. (In German).

Yan, W., Kang, M. S., Ma, B., Woods, S. and Cornelius, P. L. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. **Crop Science** 47: 643-655.

Zaifizadeh, M., Mogaddam, M., Ghasemi, M., Mahfouzi, S. and Ahmadi. A. 1996. Stability analysis of grain yield of spring bread wheat cultivars in Caspian Sea regions. **Iranian Journal of Agricultural Sciences** 7 (1): 45-51. (In Persian).

Stability analysis of barley advanced lines under Gachsaran tropical environment

Behroz Vaezi[1], Jafar Ahmadi[2*] and Alireza Pour-Aboughadareh[3]

1. Scientific Staff Member, Gachsaran Agricultural Research Station, Gachsaran, Iran,
2 and 3. Assoc. Prof. and Ph. D. Student, respectively, Dept. of Production and Plant Breeding, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran

(Received: May 6, 2014- Accepted: July 25, 2015)

Abstract

Evaluating genotype × environment interaction effects and identifying stable and high performance varieties under different environmental conditions is very important in plant breeding. In this research, the stability of grain yield of 22 barley advanced lines and two check varieties were evaluated using randomized complete block design with four replications at Gachsaran Rainfed Agricultural Research Station, Gachsaran, Iran, from 2010 to 2013 cropping seasons. Results of combined analysis of variance showed that year × line interaction effect were significant, indicating the studied lines showed different responses to different years and therefore the stable and compatible lines can be recognized. To determine stability of the studied lines, the methods of Romer's environmental variance, Wrick's equivalence, Finlay and Wilkinson's coefficient of regression, Eberhart and Russell's deviation variance of regression, Shukla's stability variance, Francis and Kannenberg's environmental coefficient of variation, Kang's sum-rank and Kang's simultaneous yield-stability statistic were used. Results of various parameters were different and different stable lines were identified. However, according to all stability parameters and grain yield of the studied lines in different years, lines 9, 3 and 10 with average grain yield of 4119.84, 3659.50 and 3578.80 kg.ha^{-1} respectively, were identified as stable and high yielding lines. These lines are recommended to Gachsaran rainfed conditions and similar regions.

Keywords: Adaptation, Genotype × environment interaction, Grain yield, Rainfed condition

* Corresponding author: njahmadi910@yahoo.com