

## تحلیل پایداری عملکرد، وراثت پذیری و مشخصه یابی لاین های امیدبخش جو (*Hordeum vulgare* L.) در نیشابور

### Analysis of yield stability, heritability and characterization of barley promising lines in Nishabour

مجید طاهریان\*<sup>۱</sup> - حمید رضا نیکخواه<sup>۲</sup>

۱. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، (نگارنده مسئول)
۲. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۸ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2023.358117.1596

#### چکیده

طاهریان، م.، نیکخواه، ح. ر.، تحلیل پایداری عملکرد، وراثت پذیری و مشخصه یابی لاین های امیدبخش جو (*Hordeum vulgare* L.) در نیشابور

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۵ - شماره ۳- پیاپی ۱۳۶ پائیز ۱۴۰۱ صفحه: ۴۵-۲۸  
جو (*Hordeum vulgare* L.) بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت در ایران مقام دوم را دارد. به منظور شناسایی و گزینش ژنوتیپ های مطلوب جو، ۱۹ لاین امیدبخش حاصل از برنامه به نژادی جوی اقلیم معتدل بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، به همراه رقم به رخ به عنوان شاهد در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور طی سه سال زراعی ۹۸-۱۳۹۵ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات مورد اندازه گیری شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته و عملکرد دانه بود. تجزیه واریانس مرکب داده ها برای صفت عملکرد دانه نشان داد که اثر سال و ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × سال از نظر آماری معنی دار بودند. میانگین عملکرد دانه لاین های جو در مجموع سه سال آزمایش، در دامنه ای بین ۴/۴۴۶ (لاین شماره ۱۷) تا ۶/۹۴۶ (لاین شماره ۱۲) تن در هکتار قرار داشت. از تجزیه GGE بای پلات و تجزیه بای پلات ژنوتیپ × صفت جهت بررسی اهداف این پژوهش استفاده شد. بر اساس نتایج تجزیه پایداری، ژنوتیپ های G12 و G3 به عنوان لاین های با عملکرد و پایداری بالا شناسایی شدند. همبستگی عملکرد دانه با صفت طول دوره پرشدن دانه مثبت و قوی بود در حالی که با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته منفی و قوی بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ های دارای عملکرد بالا، از دوره پرشدن دانه طولانی، زمان گلدهی زودتر و ارتفاع بوته کمتر برخوردار بودند. لاین های امیدبخش G12، G13 و G9 نیز جزء ژنوتیپ های با عملکرد دانه بالا، طول دوره پرشدن دانه طولانی و بیشترین زودرسی (کمترین تعداد روز تا ظهور سنبله) بودند. با توجه به وراثت پذیری عمومی بالا برای صفات مذکور می توان از آن ها برای گزینش لاین های پرمحصول بهره گرفت. در مجموع براساس نتایج این پژوهش بهترین ژنوتیپ ها در منطقه نیشابور براساس عملکرد دانه و پایداری آن، وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه و زودرسی ژنوتیپ های G12، G3 و G9 بودند.

واژه های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، ژنوتیپ مطلوب، روابط صفات، لاین های امیدبخش جو.

## مقدمه

عملکرد آن از یک محیط به محیط دیگر تغییر می‌کند. این تغییرات که در نتیجه کنش بین ژنوتیپ و محیط ایجاد می‌شود تحت عنوان اثرات متقابل ژنوتیپ×محیط شناخته شده است (Allard & Bradshaw, 1964). چنانچه اثر متقابل ژنوتیپ×محیط معنی‌دار باشد به‌نژادگر نیازمند شناسایی ژنوتیپ‌های پایدار با میزان تولید نسبتاً ثابت در دامنه‌ای از محیط‌های هدف می‌باشد. پایداری ممکن است به‌صورت استاتیکی و یا دینامیکی باشد. پایداری استاتیکی حالتی است که در آن ژنوتیپ‌ها تمایل به حفظ عملکرد یکسان در همه محیط‌ها را دارند و در پایداری دینامیکی، واکنش عملکرد یک ژنوتیپ نسبت به تغییرات در محیط‌ها دارای یک روال ثابت می‌باشد. به‌عبارت دیگر واکنش یک ژنوتیپ موازی با میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌باشد (Becker & Leon, 1988).

در یک برنامه اصلاحی ژنوتیپ‌ها با دو چالش اصلی مواجه است (۱) اثر متقابل ژنوتیپ×محیط برای صفت هدف (۲) روابط نامطلوب بین صفات هدف. جهت تعیین اثر متقابل ژنوتیپ×محیط در یک صفت، GGE بای‌پلات روش مناسبی می‌باشد (Yan & kang, 2003). اما چالش روابط نامطلوب بین صفات کلیدی ناشی از این حقیقت است که معمولاً صفات هدف همبستگی منفی دارند، به‌طوری‌که بهبود در یک صفت اغلب به کاهش در یک یا بیش از یک صفت دیگر منجر می‌شود (Yan et al., 2019).

تنها اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×محیط

جو (*Hordeum vulgare* L.) بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت در ایران مقام دوم را دارد و طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت آن در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ در کشور ۱/۵۴۷ میلیون هکتار (آبی ۶۲۱۹۴۰ هکتار و دیم ۹۲۵۴۳۴ هکتار) گزارش شده است که از این سطح مقدار تولید دانه ۳/۵۱۴ میلیون تن می‌باشد. متوسط عملکرد این گیاه در هکتار در شرایط آبی ۳۷۶۳ و در شرایط دیم ۱۲۶۸ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. (Ahmadi et al., 2020). در سال جاری کمبود تولید جو بیش از پیش احساس شده و در طرح جامع علوفه کشور برنامه ریزی افزایش تولید آن در بلند مدت لحاظ شده است (معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی). از طرفی با توجه به کم توقعی محصول جو نسبت به شرایط آبی و خاک این محصول می‌تواند جایگاه بهتری در اکثر اراضی فقیر، کم باران، شور و کم آب کشور داشته باشد.

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های به‌نژادی همواره به دلیل تغییرات محیطی در مناطق هدف و اثر متقابل این تغییرات با ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشکل می‌باشد. به منظور اطمینان از تولید محصول و پایداری عملکرد در برنامه‌های به‌نژادی، لاین‌های امیدبخش باید در محیط‌هایی با شرایط آب و هوایی مختلف و در سال‌های متفاوت ارزیابی شوند (Yan & Rajcan, 2002). یک ژنوتیپ معمولاً در محیط‌های مختلف از لحاظ عملکرد واکنش‌های متفاوتی دارد به‌طوری‌که رتبه

در ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو در سه محیط در بنگلادش مشخص شد که سهم اثر متقابل ژنوتیپ×محیط و ژنوتیپ در تبیین میانگین مربعات کل به ترتیب ۲۴/۲ و ۲۶/۲۴ درصد بود. در این پژوهش دو ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا را شناسایی شدند (Maniruzzaman *et al.*, 2019).

ارزیابی ژرم پلاسم و گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب باید براساس صفات چندگانه یا اهداف به‌نژادی باشد (Yan *et al.*, 2019). در اغلب محصولات با وجود این که عملکرد هدف اصلی به‌نژادی می‌باشد، سایر صفات زراعی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. استفاده از تجزیه بای‌پلات ژنوتیپ×صفت (GT) به شناسایی اثرات استراتژی انتخاب (به‌طور قابل توجهی اثرات نامطلوب) کمک می‌کند و از این روش‌های مناسب را برای افزایش راندمان برنامه‌های به‌نژادی شناسایی می‌کند (Taherian *et al.*, 2019). بای‌پلات ژنوتیپ×صفت شناسایی صفاتی که به‌طور غیرمستقیم برای انتخاب صفت هدف مد نظر قرار می‌گیرند را تسهیل می‌بخشد (Xu *et al.*, 2017). تجزیه بای‌پلات GT همبستگی ژنتیکی بین صفات را نشان می‌دهد و به بررسی ارتباط بین ژنوتیپ، صفت و ارزیابی ژنوتیپ‌ها بر اساس چندین صفت می‌پردازد (Yan *et al.*, 2019). کاربرد GT بای‌پلات به عنوان یک روش سودمند در گزینش ارقام مناسب برای جو (Ebadi-Segherloo *et al.*, 2015; Karahan & Akgün, 2020; Kendal, 2020; Rahmati, *et al.*, 2021) ، گندم نان (Gholizadeh & Dehghani, 2019).

است که در گزینش لاین‌های با پایداری عملکرد اهمیت دارند و نکته اساسی این است که دو اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط باید به صورت توأم بررسی شوند. روش GGE بای‌پلات این امکان را فراهم می‌کند که این دو اثر (ژنوتیپ و ژنوتیپ×محیط) همزمان و به‌صورت ترسیمی مورد بررسی قرار گیرند (Yan, 2001). محققان زیادی روش GGE بای‌پلات را روشی کارآمد برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×محیط معرفی نموده و بیان داشته‌اند که این روش اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیط‌های تحت بررسی در اختیار محقق قرار می‌دهد. کاربرد GGE بای‌پلات در گزینش ارقام مناسب برای جو (Koocheki *et al.*, 2012; Mortazavian *et al.*, 2014; Vaezi, *et al.*, 2017; Taheripourfard *et al.*, 2017; Kendal *et al.*, 2019; Hudzenko *et al.*, 2019) گندم نان (Ahmadi *et al.*, 2012 (Omran *et al.*, 2016b) و گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2016a)، گزارش شده است.

در یک پژوهش جهت شناسایی ژنوتیپ‌های برتر جو از نظر عملکرد و پایداری در منطقه ریمسکی (Rimski) بوسنی و هرزگوین، ۱۵ ژنوتیپ بهاره جو به مدت هفت سال مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد اثر سال، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×سال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. متغیرهای هواشناسی در سال‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. با استفاده از تجزیه پایداری، دو ژنوتیپ پایدار با عملکرد بالا شناسایی شدند (Pržulj *et al.*, 2015).

در هر سال نیمه اول آبان بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط ۶ متری به فاصله ۲۰ سانتیمتر (متر مربع  $۷/۲=۶ \times ۱/۲$ ) بود که قبل از برداشت نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و بقیه (۶ متر مربع) برداشت شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، مخلوطی از علف کشهای گرانستار و پوما سوپر به ترتیب به مقدار ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار در مرحله پنجه زنی تا ساقه رفتن استفاده شد. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت برداری از کرت های آزمایشی شامل تعداد روز از کاشت تا ۵۰ درصد ظهور سنبله، تعداد روز تا ۵۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، و وزن هزار دانه به عمل آمد.

بررسی پایداری ارقام و لاین ها با استفاده از روش چند متغیره GGE بای پلات انجام شد. مدل استفاده شده در GGE بای پلات به صورت رابطه ۱ است:

رابطه (۱)

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

$\lambda_1$  و  $\lambda_2$ : به ترتیب مقادیر منفرد اولین و دومین مؤلفه اصلی (PC1) و (PC2) و  $\xi_{i1}$  و  $\xi_{i2}$ : به ترتیب بردارهای ویژه ژنوتیپ  $i$ ام برای PC1 و PC2 و  $\eta_{1j}$  و  $\eta_{2j}$ : به ترتیب بردارهای ویژه محیط  $j$ ام برای PC1 و PC2 می‌باشند. (Yan et al., 2000; Yan, 2001)

برای ارزیابی خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد بررسی و مطالعه همبستگی بین صفات از مدل بای پلات ژنوتیپ×صفت (GT biplot) استفاده شد. مدل آماری این روش بر پایه رابطه ذیل می‌باشد (Yan et al., 2019).

گندم دوروم (Merrick et al., 2020; 2016)، گزارش شده است. از ارقام رایج جو که در منطقه نیشابور کشت می‌شوند می‌توان ارقام یوسف، بهرخ، گوهران و نصرت را نام برد.

هدف از این پژوهش (۱) بررسی اثر متقابل ژنوتیپ×سال با استفاده از روش گرافیکی GGE بای پلات در لاین‌های امیدبخش جو و شناسایی و معرفی لاین‌های دارای عملکرد دانه بالا و پایدار جهت کشت در منطقه نیشابور، (۲) برآورد وراثت‌پذیری صفات زراعی و فنولوژیکی مهم، (۳) شناسایی صفات تاثیرگذار بر عملکرد دانه و (۴) تعیین خصوصیات لاین‌های امیدبخش جو بود.

### مواد و روش‌ها

نوزده لاین امیدبخش جو (جدول ۱)، به همراه رقم بهرخ به عنوان رقم شاهد در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی (RCBD) در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی نیشابور در شرایط آبی طی سه سال زراعی ۹۸-۱۳۹۵ کشت و مورد مطالعه قرار گرفتند. در هر سال، بر اساس نیاز ۶ تا ۷ دور آبیاری انجام شد.

میزان بذر مصرفی بر اساس تراکم ۳۵۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین گردید. کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری بصورت نشتی انجام گرفت. نوع و میزان کود بر اساس آزمون خاک مصرف گردید. کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم بصورت پایه و کود ازته از منبع اوره بصورت پایه و سرک به مصرف رسیدند. تاریخ کشت

جدول ۱- نام و شجره ارقام و لاین های امید بخش جو

Table 1. Name and pedigree of barley cultivars and promising lines

شماره لاین ها Lines number	شجره لاین ها Pedigree of lines	منشا Origin
G1	Behrokh (check)	Iran
G2	Kavir/Yousef	Iran
G3	Yousef/3/Rhn-03//L.527/NK1272	Iran
G4	Nosrat/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)/4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63	Iran
G5	Dasht//EBC(a)/Badia/3/Sahra/4/Rhn-03	Iran
G6	POA/HJO//QJINA /3/Comino/4/BAHMAN	ICARDA
G7	AWZ-12244	Iran
G8	Fajr30/Canadian-7	Iran
G9	Lignee 527/NK1272//JLB 70-63/5/Arbayan/NK1272/4/Arar/3/Mari/Aths*2//M-Att-73-337-1	ICARDA
G10	Ashar/Victoria//CWB117-5-9-5/3/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63	ICARDA
G11	Karoon/Kavir//Rhodes'S//Tb/Chzo/3/Gloria'S /4/Sahra	Iran
G12	Karoon/Kavir//Rhodes'S//Tb/Chzo/3/Gloria'S /4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63	Iran
G13	Courlis/Rhn-03/3/Rhn-03//L.527/NK1272	ICARDA
G14	Sahra//Trompilo/L.Moghan	Iran
G15	Rhn-03//L.527/NK1272/3/Fajr30	Iran
G16	CHAMICO/TOCTE//CONGONA/3/FAJR30	Iran
G17	Penco/China/Swedan no.10	ICARDA
G18	Yousef 2*/6/BLS-3(Sadik-10=(3896/1-3/4/1246/1-3/3/3887/28/3892/1-3/5/Grivita))	Iran
G19	Nosrat/3/D-10(Rhn-03//L.527/NK1272)/4/Lignee 527/NK1272//JLB 70-63	Iran
G20	MB-93-12(Zarjau/80-5151//OK84817)	Iran

GT بای پلات و تجزیه واریانس مرکب داده‌ها از نرم‌افزارهای (ADEL-R (Pacheco *et al.*, 2015 و GEA-R (Pacheco *et al.*, 2015) استفاده شد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای صفت عملکرد دانه نشان داد که اثر سال و ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ×سال از نظر آماری معنی‌دار بودند. تفکیک سهم اثر مختلف در جدول تجزیه واریانس نشان داد که حدود ۲۳/۴۵ درصد از کل تغییرات مربوط به اثر سال، ۳۰/۷۲ درصد مربوط به اثر ژنوتیپ و ۲۱/۳۷ درصد به اثر متقابل ژنوتیپ×سال بود (جدول ۲). نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققان گزارش شده است (Yan *et al.*, 2000; Fan *et al.*, 2007; Rose *et al.*, 2008; Moayydi *et al.*, 2020). بالا بودن اثر ژنوتیپ در تفسیر واریانس موجود ممکن است به دلیل تنوع ژنتیکی گسترده

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \xi_{i1} \tau_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \tau_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

که در آن  $T_{ij}$  ارزش متوسط ژنوتیپ  $i$  برای صفت  $j$ ،  $\bar{T}_j$  ارزش متوسط صفت  $j$  روی همه ژنوتیپ‌ها،  $S_j$  انحراف استاندارد صفت  $j$  بین میانگین‌های ژنوتیپ،  $\lambda_1$  و  $\lambda_2$  به ترتیب مقادیر منفرد مؤلفه‌های اصلی اول و دوم،  $\xi_{i1}$  و  $\xi_{i2}$  به ترتیب نمره‌های PC1 و PC2 برای ژنوتیپ  $i$ ،  $\tau_{1j}$  و  $\tau_{2j}$  نمره‌های PC1 و PC2 برای صفت  $j$  و  $\varepsilon_{ij}$  باقیمانده مدل است. با توجه به این که صفات مختلف واحدهای متفاوت دارند، در ابتدا استاندارد کردن داده‌ها برای از بین بردن واحدها صورت گرفت. استاندارد کردن با استفاده از رابطه  $Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$  انجام شد.

به منظور رسم نمودارهای GGE بای پلات،

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و سایر صفات لاین‌های جو در سه سال

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield and other traits of barley lines in three years

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares					
		عملکرد دانه GY	وزن هزار دانه TKW	ارتفاع بوته PLH	تعداد روز تا ظهور سنبله DHE	تعداد روز تا رسیدگی DMA	دوره پر شدن دانه GFP
سال Year	2	23.09**	63.9**	8426.9**	2889.6**	75.07*	2297.07**
بلوک/سال Block/year	6	2.34	3.79	161.53	9.82	9.59	11.49
ژنوتیپ Genotype	19	3.18**	48.41**	314.36**	24.83**	7.76**	12.02*
ژنوتیپ × سال Genotype × Year	38	1.11**	19.07**	110.83**	5.97**	6.43**	6.72**
خطای آزمایشی Error	114	0.29	5.11	25.02	3.06	2.38	3.22
ضریب تغییرات (CV%)	-	9.15	5.66	5.05	1.21	0.75	4.46

عملکرد دانه (GY)، وزن هزار دانه (TKW)، Thousand Kernel Weight (TKW)، ارتفاع بوته (PLH)، Plant Height (PLH) تعداد روز تا ظهور سنبله (DHE)، Days to Heading (DHE)، Days to Maturity (DMA) دوره پر شدن دانه (GFP)، Grain Filling Period (GFP) تعداد روز تا رسیدگی (DMA)

متقابل ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ در تبیین میانگین مربعات کل به ترتیب ۲۴/۲ و ۲۶/۲۴ درصد بود (Maniruzzaman *et al.*, 2019).

میانگین عملکرد دانه لاین‌های جو در مجموع سه سال آزمایش، در دامنه‌ای بین ۴/۴۴۶ (لاین شماره ۱۷) تا ۶/۹۴۶ (لاین شماره ۱۲) تن در هکتار قرار داشت. میانگین کل عملکرد دانه برای سال‌های اجرای آزمایش ۵/۹۷۹ تن در هکتار بود (جدول ۳).

ر اساس نتایج حاصل از روش GGE بای‌پلات، سهم مؤلفه اصلی اول از تغییرات کل ۶۶/۳۹ و سهم مؤلفه اصلی دوم ۱۷/۸۱ درصد و این دو مؤلفه در مجموع ۸۴/۲ درصد از کل تنوع موجود را تبیین کردند (شکل ۱). در ارزیابی پایداری عملکرد ۲۰ ژنوتیپ جو در ۱۲ محیط مشخص شد که دو مؤلفه اول حاصل از تجزیه GGE بای‌پلات ۴۶ درصد تغییرات را توجیه کردند (Taheripourfard *et al.*, 2017)، در حالی که در پژوهشی دیگر که با هدف بررسی پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو در ۹ محیط انجام شد، دو مؤلفه اول حاصل از GGE بای‌پلات حدود ۷۰/۲۹ درصد تغییرات را توجیه کردند (Hudzenko *et al.*, 2019). اگر بیشتر تنوع موجود توسط مجموع مؤلفه‌های اصلی اول و دوم قابل توجیه نباشد، نشان دهنده ماهیت پیچیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده اما این به مفهوم بی‌اعتبار بودن بای‌پلات نیست (Yan & Tinker, 2005). نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط ۱۹ لاین امیدبخش جو به

لاین‌های مورد استفاده باشد چرا که والدین هر یک از لاین‌های مورد استفاده در این آزمایش با هم متفاوت بوده و همین مطلب بیانگر پایه ژنتیکی گسترده در بین لاین‌های خالص شده است. بنابراین علیرغم افزایش خلوص ژنتیکی در لاین‌های این آزمایش، نقش ژنوتیپ‌ها در ایجاد تنوع به شدت افزایش می‌یابد. در ارزیابی عملکرد و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های جو در سه محیط در بنگلادش مشخص شد که سهم اثر



جدول ۳- میانگین عملکرد دانه و سایر صفات زراعی ژنوتیپ های جو طی سال های اجرای آزمایش (۹۸-۱۳۹۵)

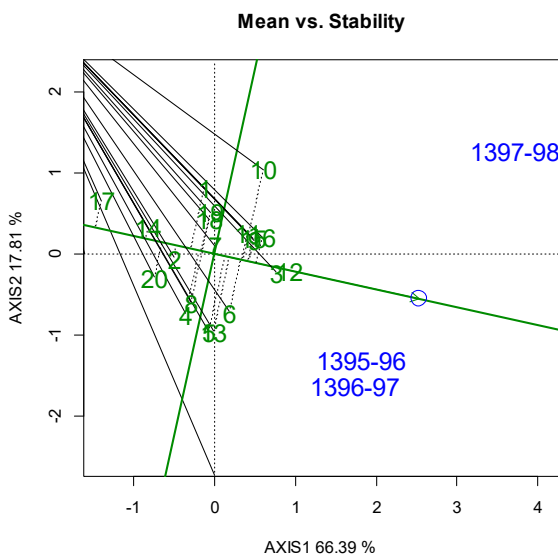
Table 3. Mean of grain yield of barley genotypes in the years of the trial (2016-2019)

کد لاین ها	عملکرد دانه (تن/هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد روز تا ظهور سنبله	تعداد روز تا رسیدگی	طول دوره پرشدن دانه (روز)
Code of lines	GY(t/ha)	TKW(gr)	PLH (cm)	DHE	DMA	GFP(day)
G1(check)	5.670 <sup>1h</sup>	38 <sup>bc</sup>	100.56 <sup>cd</sup>	168.78 <sup>ab</sup>	208 <sup>a</sup>	39.22 <sup>d-g</sup>
G2	5.492 <sup>gh</sup>	41.4 <sup>ab</sup>	108.22 <sup>ab</sup>	164 <sup>ef</sup>	205.22 <sup>c-f</sup>	41.22 <sup>a-d</sup>
G3	6.782 <sup>ab</sup>	44.2 <sup>a</sup>	100 <sup>cd</sup>	162.78 <sup>f</sup>	205.11 <sup>d-f</sup>	42.33 <sup>a</sup>
G4	5.772 <sup>c-h</sup>	40.3 <sup>a-c</sup>	104 <sup>bc</sup>	164.44 <sup>ef</sup>	205.44 <sup>c-f</sup>	41 <sup>a-c</sup>
G5	6.116 <sup>c-f</sup>	39.8 <sup>bc</sup>	110 <sup>a</sup>	167.44 <sup>a-c</sup>	206.44 <sup>a-c</sup>	39 <sup>c-g</sup>
G6	6.404 <sup>a-e</sup>	44.2 <sup>a</sup>	93.44 <sup>fg</sup>	166.67 <sup>cd</sup>	206.88 <sup>a-c</sup>	40.22 <sup>b-f</sup>
G7	5.959 <sup>c-g</sup>	38.8 <sup>bc</sup>	103.77 <sup>bc</sup>	164.67 <sup>c</sup>	205.66 <sup>b-c</sup>	41 <sup>a-c</sup>
G8	5.819 <sup>d-h</sup>	40.8 <sup>a-c</sup>	100.77 <sup>cd</sup>	165.77 <sup>c-c</sup>	204.77 <sup>ef</sup>	39 <sup>c-g</sup>
G9	6.441 <sup>a-c</sup>	42.2 <sup>ab</sup>	92.66 <sup>g</sup>	163.88 <sup>ef</sup>	205.88 <sup>b-f</sup>	42 <sup>ab</sup>
G10	6.341 <sup>b-c</sup>	38 <sup>bc</sup>	98.33 <sup>d-f</sup>	165.22 <sup>de</sup>	205 <sup>ef</sup>	39.78 <sup>c-g</sup>
G11	6.329 <sup>b-c</sup>	39 <sup>bc</sup>	94.55 <sup>c-g</sup>	165.67 <sup>c-c</sup>	205.22 <sup>c-f</sup>	39.55 <sup>c-g</sup>
G12	6.946 <sup>a</sup>	42.2 <sup>ab</sup>	97.88 <sup>d-g</sup>	164.44 <sup>ef</sup>	204.44 <sup>f</sup>	40 <sup>c-f</sup>
G13	6.179 <sup>c-f</sup>	39.2 <sup>bc</sup>	98 <sup>d-g</sup>	164.11 <sup>ef</sup>	205.44 <sup>c-f</sup>	41.33 <sup>a-c</sup>
G14	5.106 <sup>i</sup>	38.8 <sup>bc</sup>	92.66 <sup>g</sup>	167.11 <sup>b-d</sup>	205.77 <sup>b-f</sup>	38.67 <sup>fg</sup>
G15	6.406 <sup>a-d</sup>	36 <sup>d</sup>	83.88 <sup>h</sup>	165.67 <sup>c-c</sup>	206.77 <sup>a-d</sup>	41.11 <sup>a-d</sup>
G16	6.534 <sup>a-c</sup>	37.4 <sup>cd</sup>	96.11 <sup>d-g</sup>	165.67 <sup>c-c</sup>	206.11 <sup>b-f</sup>	40.44 <sup>a-f</sup>
G17	4.446 <sup>j</sup>	37.2 <sup>cd</sup>	99.77 <sup>c-c</sup>	169 <sup>a</sup>	206.88 <sup>a-c</sup>	37.88 <sup>g</sup>
G18	5.815 <sup>d-h</sup>	41.4 <sup>ab</sup>	99.11 <sup>c-c</sup>	166.67 <sup>cd</sup>	206.77 <sup>a-d</sup>	40.11 <sup>b-f</sup>
G19	5.820 <sup>d-h</sup>	35.6 <sup>d</sup>	100.67 <sup>cd</sup>	167.56 <sup>a-c</sup>	207.22 <sup>ab</sup>	39.67 <sup>c-g</sup>
G20	5.311 <sup>hi</sup>	44.2 <sup>a</sup>	104.44 <sup>bc</sup>	165.44 <sup>de</sup>	206.44 <sup>a-c</sup>	41 <sup>a-c</sup>
میانگین	5.979	39.95	98.94	165.75	205.98	40.23
Mean						

عملکرد دانه (GY), وزن هزار دانه (TKW), ارتفاع بوته (PLH), Plant Height (PLH), تعداد روز تا ظهور سنبله (DHE), Days to Heading (DMA), تعداد روز تا رسیدگی (DMA), دوره پر شدن دانه (GFP), Grain Filling Period (GFP).

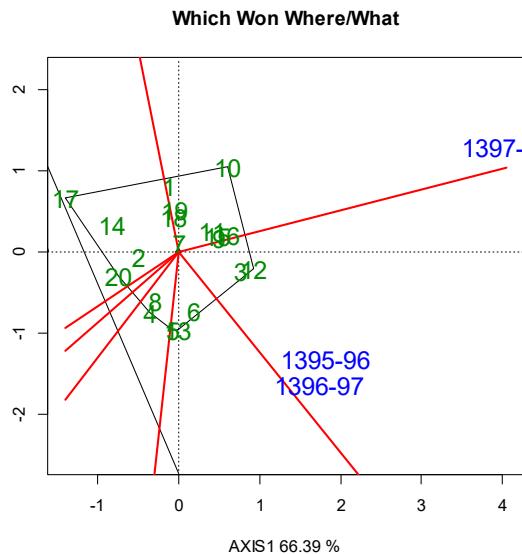
نمودار چند ضلعی به منظور تعیین لاین های برتر در محیط های مختلف (شکل ۱) نشان داد که لاین های G10، G12، G3 و G17 در رئوس چند ضلعی قرار داشتند. براساس شکل ۱ سال ها به دو ژنوتیپ ها به پنج گروه تقسیم شدند. اولین محیط شامل سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ با ژنوتیپ برتر G10 بود. دومین محیط شامل سال های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ با ژنوتیپ برتر G12 بود. ژنوتیپ های موجود در هر محیط شباهت زیادی به یکدیگر داشتند. به عنوان مثال ژنوتیپ های G9، G11، G15 و G16 در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ از نظر عملکرد و سازگاری مشابه ژنوتیپ برتر G10 بودند. همچنین در سال های زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ ژنوتیپ G3 مشابه G12 بود. تفاوت عملکرد ژنوتیپ ها در محیط های مختلف، نشان دهنده اثر متقابل

همراه رقم بهره در سه سال آزمایش در شکل ۱ ارائه شده است. در این شکل ژنوتیپ هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند، به وسیله تعدادی خطوط مستقیم به هم وصل شده و سایر ژنوتیپ ها در درون چند ضلعی قرار می گیرند. ژنوتیپ هایی که در رئوس چند ضلعی قرار دارند دارای بیشترین عکس العمل بوده و از لحاظ عملکرد دانه بهترین (G10) و (G12) یا ضعیف ترین (G3) و (G17) ژنوتیپ ها در یک یا چند محیط محسوب می شوند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند (Yan & Kang, 2003). از مرکز بای پلات، بر هر ضلع چند ضلعی یک خط عمود رسم می شود که بای پلات را به چندین بخش تقسیم می کند و بدین ترتیب محیط ها در بخش های یکسان و یا متفاوتی واقع می شوند. بررسی



شکل ۲- بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) برای گزینش هم‌زمان عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌های جو

Fig. 2. Biplot of the average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of grain yield and stability of barley genotypes



شکل ۱- نمایش چند ضلعی GGE بای پلات برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر جو در سال‌های مختلف.

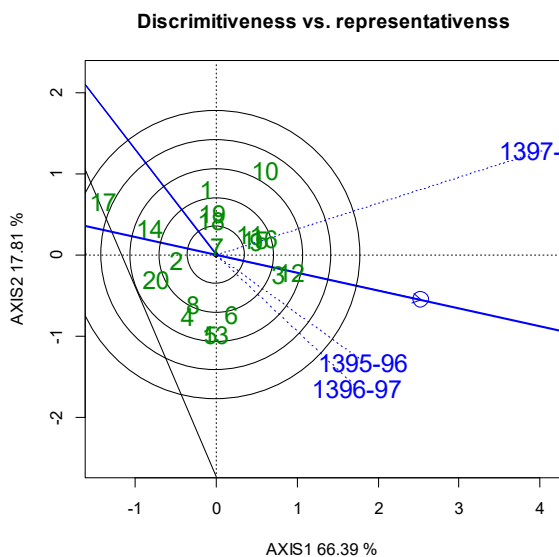
Fig. 1. Polygon view of GGE biplot to determine the superior barley genotypes in different years.

(Average environment coordination; AEC) استفاده شد (شکل ۲). این نمودار، بای پلات میانگین در مقابل پایداری نیز نامیده می‌شود. محور افقی که دارای دایره و پیکان می‌باشد، نشان‌دهنده پایداری است و ژنوتیپ‌های نزدیک به این محور پایدارتر هستند (Yan *et al.*, 2000). محور عمودی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه و میزان پایداری آن‌ها در ۳ سال، در شکل ۲ نشان داده شده است. بر این اساس لاین‌های G12 و G3 ژنوتیپ برتر (عملکرد و پایداری مطلوب) بودند و ژنوتیپ‌های G11، G9، G15 و G16 نیز از عملکرد و پایداری عملکرد مناسبی برخوردار بودند. براساس بای پلات مذکور و با توجه به این که محور عمودی بیانگر میانگین عملکرد هر ژنوتیپ است، ژنوتیپ‌هایی که در سمت راست این محور قرار داشتند از

کراس اوری است که در آن رتبه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف، متفاوت می‌باشد (Yan & Tinker, 2005). هرچند لاین‌های G17 و G3 در راس چند ضلعی قرار داشتند، اما هیچ سالی در اطراف آن‌ها وجود نداشت و این موضوع نشان می‌دهد که این لاین‌ها در اکثر سال‌های مورد بررسی عملکرد ضعیفی داشتند. ژنوتیپ G7 که در نزدیکی مرکز بای پلات قرار داشت، از عملکرد متوسطی در همه سال‌ها برخوردار بود. در یک پژوهش محققین بیست لاین امیدبخش جو را در شش محیط با استفاده از روش GGE بای پلات ارزیابی کردند. شش محیط در سه ابر محیط قرار گرفتند و در هر ابر محیط یک ژنوتیپ دارای برتری بود (Taheripourfard *et al.*, 2017).

جهت بررسی هم‌زمان پایداری و عملکرد لاین‌ها از نمودار مختصات محیط متوسط





شکل ۳- روابط بین محیطها و مقایسه محیطها از نظر "قابلیت

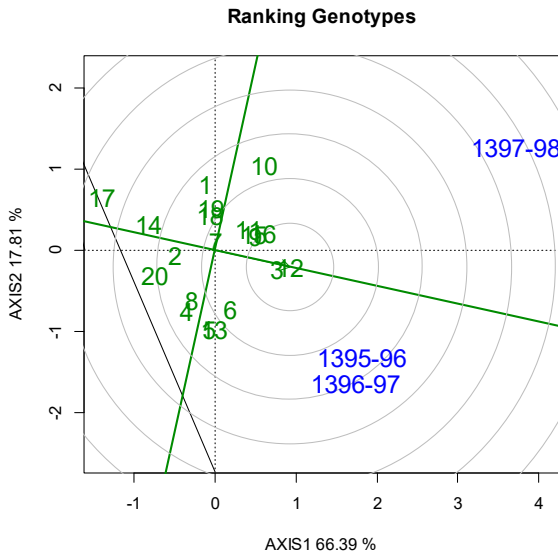
تفکیک بین ژنوتیپها در مقابل نماینده بودن" آنها

Fig 3- The relationship among different environments and comparison of them in terms of "discriminative vs. representative of testers"

ایده آل قرار گیرد. این نقطه به عنوان محیط ایده آل مجازی در نظر گرفته می شود. بنابراین، هر چه طول بردار محیطی بیشتر و فاصله آن به محور افقی کمتر باشد محیط مورد نظر به محیط ایده آل نزدیک تر می باشد (Yan, 2001). طول بردار محیطی بزرگ تر بیانگر این است که توانایی آن محیط در جداسازی ژنوتیپها از یکدیگر زیاد می باشد از لحاظ میزان نماینده بودن، محیطهایی که دارای کوچک ترین زاویه با محور افقی پیکان دار هستند، نماینده بهتری برای سایر محیطها می باشند. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می شود، سال ۱۳۹۵-۹۶ و بعد از آن سال ۱۳۹۶-۹۷ دارای کمترین زاویه با محور افقی پیکان دار هستند. بنابراین محیطهای مذکور از لحاظ نماینده بودن برای ژنوتیپهای جو، بیشترین قابلیت را داشتند. اما طول بردار محیطی کوچک تر نشان می دهد که آن محیط،

نظر عملکرد برتر از میانگین و ژنوتیپهایی که در سمت چپ این محور قرار داشتند عملکرد کمتری از میانگین کل داشتند. لذا ژنوتیپهای G5 و G13، G6، G10 از میانگین و پایداری عملکرد پایین بودند و ژنوتیپهای G1 و G19، G18، G4، G8 و دارای عملکرد پایین تر از متوسط و ناپایدار و ژنوتیپهای G14 و G2 دارای عملکرد کمتر از متوسط ولی پایداری عملکرد بیشتر بودند. ژنوتیپ G7 دارای عملکرد متوسط و نسبتاً پایدار بود. استفاده از نمودار مختصات محیط متوسط در روش GGE بای پلات از روش های مفید و موثر تجزیه پایداری به شمار می رود و اطلاعات خوبی از نحوه تظاهر ژنوتیپهای مورد بررسی ارائه می دهد (Kaya, 2006; Samonte *et al.*, 2005).

شکل ۳ نشان می دهد بین سالهای ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ تشابه وجود داشت زیرا زاویه بین این دو سال بسیار حاده بود که نشان دهنده همبستگی مثبت این سالها در رتبه بندی ژنوتیپها می باشد. زاویه دو سال مذکور با سال ۹۸-۱۳۹۷ هر چند حاده بود ولی حاکی از همبستگی کمتر این دو سال با سال ۹۸-۱۳۹۷ بود. هر چند که آزمایشهای چند محیطی برای ارزیابی ژنوتیپها مورد استفاده قرار می گیرند، ولی می توان آنها را جهت ارزیابی محیطها نیز به کار برد. یک محیط ایده آل باید به وضوح تفاوت بین ژنوتیپها را آشکار کند و همزمان نماینده خوبی از محیط هدف نیز باشد. در شکل ۳ دایره کوچک نشان داده شده بر روی محور افقی پیکان دار، جایی است که بایستی محیط



شکل ۴- بای پلات مقایسه ژنوتیپ‌های جو با ژنوتیپ ایده‌آل بر مبنای عملکرد و پایداری عملکرد دانه

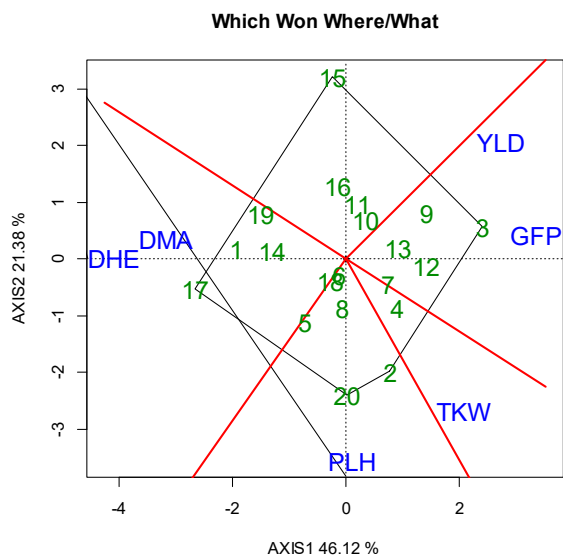
Fig. 3. Biplot of barley genotypes in comparison with ideal genotype based on grain yield and stability

### تجزیه بای پلات ژنوتیپ × صفت

نمایش گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ × صفت ۲۰ ژنوتیپ جو و شش صفت زراعی مهم در شکل ۵ ارائه شده است. در این شکل ژنوتیپ‌هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند، به وسیله تعدادی خطوط مستقیم به هم وصل شده و سایر ژنوتیپ‌ها در درون چند ضلعی قرار می‌گیرند (Yan, 2001). بای پلات ۶۷/۵ درصد از تنوع کل داده‌های استاندارد شده را تبیین کرد (شکل ۵). در یک پژوهش با استفاده از هشت صفت در لاین‌های دابل‌هاپلوئید جو دو مولفه اول بای پلات حدود ۵۵ درصد از تنوع کل را توجیه کردند (Ebadi-Segherloo, 2015). براساس شکل ۵ صفات به چهار گروه و ژنوتیپ‌ها به پنج گروه تقسیم شدند. گروه اول شامل صفات طول دوره پرشدن دانه و عملکرد دانه بود. در راس این گروه لاین شماره ۳ قرار

از توانایی کمتری در جداسازی و تمایز بین ژنوتیپ‌ها برخوردار است، بنابراین از بین سه سال آزمایش، سال ۹۸-۱۳۹۷ از بیشترین قابلیت در جداسازی و شناسایی تفاوت بین ژنوتیپ‌های جو برخوردار بود.

یک ژنوتیپ مطلوب باید دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در محیط‌های مورد مطالعه و عملکرد پایدار نسبت به شرایط محیطی باشد (Yan, 2002). چنین ژنوتیپی به‌عنوان ژنوتیپی که دارای بیشترین طول روی بردار میانگین ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا و دارای حداقل نقش در پدیده اثر متقابل ژنوتیپ × محیط باشد تعریف شده است. ژنوتیپ ایده‌آل از نظر مکانی در مرکز دواير متحدالمرکز بای پلات قرار دارد (Yan, 2001). فاصله لاین‌ها از ژنوتیپ مطلوب، میزان مطلوبیت آن‌ها را مشخص می‌کند. نتایج نشان داد ژنوتیپ‌های G12 و G3 را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ مطلوب در نظر گرفت. از طرف دیگر ژنوتیپ‌های G17، G14 و G20 به‌عنوان نامطلوب‌ترین ژنوتیپ‌ها در نظر گرفته شدند (شکل ۴). محققین در یک آزمایش، ۱۲ لاین امیدبخش جو را در هفت محیط با استفاده از روش GGE بای پلات بررسی کردند. آن‌ها با استفاده از بای پلات رتبه ژنوتیپ‌ها بر اساس ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپ G4 را به‌عنوان ژنوتیپ ایده‌آل انتخاب کردند که در مرکز دواير متحدالمرکز قرار داشت و شش ژنوتیپ دیگر که در خارج از مرکز دواير متحدالمرکز ولی در سمت راست محور عمودی و نزدیک به ژنوتیپ ایده‌آل بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های مطلوب شناسایی شدند (Kendal et al., 2019).



شکل ۵- نمایش چندضلعی بای پلات ژنوتیپ × صفت

ژنوتیپ‌های جو طی سه سال آزمایش

Figure 5. Polygon view of GT biplot for barley genotypes during three years of experiment

G19 جزء لاین‌هایی بودند که دیرترین زمان گلدهی و رسیدگی را داشتند (شکل ۵). در این میان ژنوتیپ‌های G17 و G14 به ترتیب کمترین عملکرد دانه را در بین همه ژنوتیپ‌ها داشتند. هرچند ژنوتیپ شماره ۱۵ در راس چند ضلعی قرار داشت اما هیچ صفتی در اطراف آن وجود نداشت (شکل ۵). در پژوهشی با بررسی هشت صفت در ۱۲ ژنوتیپ جو با استفاده از GT بای پلات گزارش شد که صفات به پنج گروه و ژنوتیپ‌ها به شش گروه تفکیک شدند (Kendal *et al.*, 2020).

#### بررسی رابطه بین صفات

دو مولفه اول بای پلات ژنوتیپ × صفت حدود ۶۷/۵ درصد از تنوع کل را توضیح داد (شکل ۶). این واریانس نسبتاً متوسط، بیان‌گر پیچیدگی روابط بین صفات بود. با وجود این، الگوهای اساسی میان صفات توسط بای پلات قابل تفسیر هستند (Kroonenberg, 1995). در

داشت که دارای عملکرد دانه بالا، طولانی‌ترین دوره پر شدن دانه و کمترین تعداد روز تا ظهور سنبله (زودرس‌ترین لاین) بود. در این میان، لاین‌های امیدبخش G12، G13 و G9 نیز جزء ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا، طول دوره پر شدن دانه طولانی و زودرس (کمترین تعداد روز تا ظهور سنبله) بودند (شکل ۵). طول دوره پر شدن دانه صفت مطلوبی است ولی در شرایط یکسان در ژنوتیپ‌هایی که زمان گلدهی (ظهور سنبله) آن‌ها زودتر صورت می‌گیرد، طولانی شدن دوره پر شدن دانه در افزایش وزن دانه و نهایتاً افزایش عملکرد تاثیرگذارتر می‌باشد چرا که از تنش‌های احتمالی گرما و خشکی انتهای فصل کمتر آسیب می‌بینند. گروه دوم، شامل صفت وزن هزار دانه بود. هرچند وزن هزار دانه در یک گروه مجزا قرار گرفت ولی هیچ ژنوتیپی در رأس آن وجود نداشت. از طرفی وزن هزار دانه با فاصله اندکی در مجاورت ژنوتیپ‌های گروه اول و گروه سوم قرار داشت. لذا ژنوتیپ‌های دو گروه مذکور علاوه بر دارا بودن مقادیر بالای صفات اختصاصی هر گروه (عملکرد دانه و طول دوره پر شدن دانه در گروه اول و ارتفاع بوته در گروه سوم) از وزن هزار دانه بالایی نیز برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های G2، G3، G12 و G20 از این جمله بودند (شکل ۵). گروه سوم دربرگیرنده صفت ارتفاع بوته بود و لاین‌های G2 و G20 در رأس چندضلعی قرار داشتند. صفات فنولوژیکی تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی در گروه چهارم قرار گرفتند و ژنوتیپ‌های موجود در این گروه شامل لاین‌های G17، G1، G14 و

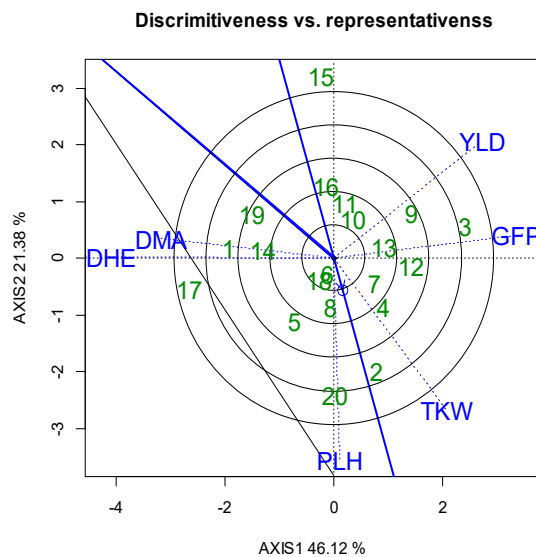
شرایط محیطی مانند رطوبت قابل دسترس گیاه و دمای هوا، صفاتی همچون زودرسی سنبله ممکن است نقش متفاوتی در مکان‌های مختلف داشته باشد (Cammarano *et al*, 2019). همبستگی بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته منفی بود و بدین مفهوم است که احتمالاً ژنوتیپ‌های با ارتفاع خیلی زیاد به دلیل کودپذیری کمتر و حساسیت بیشتر به خوابیدگی بوته، افت عملکرد خواهند داشت. از طرفی ژنوتیپ‌های پابلند از پتانسیل پنجه‌زنی کمتری نیز برخوردارند. در پژوهشی که با استفاده از ژنوتیپ‌های جو در ترکیه انجام شد روابط بین صفات با استفاده از GT بای‌پلات بررسی شد و نتایج حاکی از همبستگی منفی ارتفاع بوته و عملکرد دانه و همبستگی منفی ارتفاع بوته و تعداد پنجه بود (Karahana & Akgün, 2020). همبستگی بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (زاویه بردارها نزدیک به نود درجه بود) (شکل ۶). نقش اجزای عملکرد ممکن است در محیط‌های مختلف تغییر کند و بدین مفهوم است که گیاه با اولویت ایجاد اجزائی از عملکرد با هزینه کم (دسترسی به منابع شامل آب، مواد غذایی و کربن با حداقل هزینه، ذخیره آن‌ها و استفاده در هنگامی که شرایط برای رشد گیاه مطلوب‌تر است) سازگاری می‌یابد (Ramazani & Abdipour, 2018). همبستگی بین دو صفت تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی مثبت و قوی بود که نشان دهنده این است که ژنوتیپ‌هایی که زودتر به سنبله رفتند، زودتر نیز رسیدند و برعکس. همبستگی بین طول دوره پرشدن دانه با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله

GT بای‌پلات، یک بردار از مرکز بای‌پلات به نقطه مختصات هر صفت رسم شده و تجسم و تصویرسازی روابط میان صفات را تسهیل می‌کند. طول بردار صفات، توانایی صفات در تبعیض ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. صفات با طول بردار بلندتر قدرت تفکیک بالاتری دارند و صفات با طول بردار کوتاه‌تر بالعکس. بر این اساس نمایش برداری بای‌پلات GT نشان داد که بیشترین تنوع توجیه شده ناشی از تعداد روز تا ظهور سنبله و ارتفاع بوته بود. صفت تعداد روز تا رسیدگی کمترین نقش در ایجاد تنوع را به خود اختصاص داد (شکل ۶). به شرط آن که بای‌پلات نسبت مناسبی از تنوع کل را توجیه کند، ضریب همبستگی بین دو صفت از طریق کسینوس زاویه بین بردارهای آن دو صفت برآورد می‌شود. همبستگی قوی مثبتی بین عملکرد دانه و طول دوره پرشدن دانه مشاهده شد که بیان‌گر این بود که این صفات در رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها مشابه هم عمل کردند (شکل ۶). همچنین همبستگی وزن هزار دانه و طول دوره پرشدن دانه قوی و مثبت بود. این نتایج نشان دادند که در شرایط فاریاب و در سال‌هایی که میزان و توزیع بارندگی مناسب است، ژنوتیپ‌هایی که طول دوره پرشدن دانه آن‌ها طولانی‌تر است از عملکرد و وزن هزار دانه بیشتری برخوردار خواهند بود. در پژوهشی که با استفاده از ۱۱ ژنوتیپ جو در دو منطقه در استان لرستان انجام شد همبستگی عملکرد دانه با تعداد روز تا سنبله دهی در منطقه دلفان مثبت و در منطقه ایمان‌آباد منفی بود (Rahmati *et al.*, 2021). در مطالعات انجام شده بر ژنوتیپ‌های جو اظهار شده است که به‌علت ماهیت متفاوت

ژنوتیپ‌ها براساس هر صفت به کار رود (Yan & Rajcan, 2002). بهترین ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه و تعداد روز تا ظهور سنبله ژنوتیپ‌های G12، G3 و G9 بودند.

### نتیجه گیری کلی

روش گرافیکی GGE بای پلات، روش مناسبی برای گزینش همزمان عملکرد و پایداری در ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی می‌باشد. بر اساس نتایج این پژوهش، ژنوتیپ‌های G12 و G3 به عنوان ژنوتیپ مطلوب بودند در این پژوهش از GT بای پلات جهت شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب براساس چندین صفت به طور همزمان استفاده شد. همبستگی عملکرد دانه با صفت طول دوره پرشدن دانه مثبت و قوی بود درحالی که با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته منفی و قوی بود. در این پژوهش مشخص شد که ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا، از دوره پرشدن دانه طولانی، زمان گلدهی کوتاه‌تر و ارتفاع بوته کمتر برخوردار بودند. در مجموع براساس نتایج این پژوهش بهترین ژنوتیپ‌ها در منطقه نیشابور براساس عملکرد دانه و پایداری آن، وزن هزار دانه، طول دوره پرشدن دانه و تعداد روز تا ظهور سنبله ژنوتیپ‌های G12، G3 و G9 بودند.



شکل ۶- نمایش بای پلات روابط بین صفات و ژنوتیپ‌های جو  
Figure 6. Biplot view for relationship between traits and barley genotypes

و تعداد روز تا رسیدگی منفی و قوی بود که بیانگر این مطلب بود که صفت تعداد روز تا ظهور سنبله نقش مهمی در طول دوره پرشدن دانه داشت، بدین مفهوم که لاین‌هایی که زودتر وارد مرحله گلدهی شدند زمان بیشتری را برای پر شدن دانه در اختیار داشتند. همبستگی بین وزن هزار دانه و تعداد روز تا ظهور سنبله قوی و منفی بود که گویای این مطلب است که احتمالاً ژنوتیپ‌هایی که زودتر وارد مرحله گلدهی شدند، مدت زمان بیشتری را برای پرشدن دانه در اختیار داشتند و لذا وزن هزار دانه در این ژنوتیپ‌ها افزایش یافت.

این پژوهش بر ارزیابی ۲۰ لاین امیدبخش جو و بر اساس صفات چندگانه متمرکز بود. نتایج نشان داد که سطح بالایی از تنوع در میان ژنوتیپ‌ها، صفات و اثر متقابل بین آن‌ها وجود داشت و مشخصه‌یابی ژنوتیپ‌ها براساس صفات چندگانه مورد تایید و امکان‌پذیر بود. همچنین GT بای پلات می‌تواند جهت تفکیک و تمایز

## .References

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H. R., Hatami, F., Abdshah, H., and Kazemian, A. 2020. Agricultural statistics. Ministry of Agriculture-Jahad. Vol. 1. 95 pp. (In Persian).
- Ahmadi, J., Mohammadi, A., and Najafi Mirak, T. 2012. Targeting promising bread wheat (*Triticum aestivum* L.) lines for cold climate growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14: 645-657.
- Allard, R.W., and Bradshaw, A. D. 1964. Implication of genotype–environmental interaction in applied plant breeding. *Crop Science*, 5: 503–506.
- Becker, H.C., and Leon, J. 1988. Stability analysis in plant breeding. *Plant Breeding*, 101:1–23.
- Blanche, S.B., and Myers, G.O. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. *Crop Science*, 46: 946–949.
- Cammarano, D., Hawes, C., Squire, G., Holland, J., Rivington, M., Murgia, T., Roggero, P.P., Fontana, F., Casa, R., and Ronga, D. 2019. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland. *Field Crops Research*, 241: 1-11.
- Dimitrios, B., Christos, G., Jesus, R., and Eva, B. 2008. Separation of cotton cultivar testing sites based on representativeness and discriminating ability using GGE Biplots. *Agronomy Journal*, 100: 1230–1236.
- Ebadi-Segherloo, A., Mohammadi, S.A., Sadeghzadeh, B., and Kamrani, M. 2015. Study of heritability and genetic advance of agronomic traits in barley (*Hordeum vulgare* L.) and graphic analysis of trait relations by biplot. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*, 12(1), 299-310.
- Fan, X.M., Kang, M. S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J., and Xu, C. 2007. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. *Agronomy Journal*, 99: 220–228.
- Gabriel, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58: 453–467.
- Gholizadeh, A., and Dehghani, H. 2016. Graphic analysis of trait relations of



- Iranian bread wheat germplasm under non-saline and saline conditions using the biplot method. *Genetika*, 48(2), 473-486.
- Hudzenko, V., Demydov, O., Voloshchuk, H., Sardak, H., and Ishchenko, V. 2019. Genotype by environment interaction and yield stability of barley breeding lines in multi-environment trials. *Agriculture and Forestry*, 65(1), 201-210.
- Karahan, T., and Akgün, I. 2020. Selection of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes by GYT (genotype  $\times$  yield  $\times$  trait) biplot technique and its comparison with GT (genotype  $\times$  trait). *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1), 1347-1359.
- Kendal, E. 2020. Evaluation of some barley genotypes with genotype by yield\*trait (GYT) biplot method. *Agriculture and Forestry*, 66 (2), 137-150.
- Kendal, E., Karaman, M., Tekdal, S., and Dogan, S. 2019. Analysis of promising barley (*Hordeum vulgare* L.) lines performance by AMMI and GGE biplot in multiple traits and environment. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 5219-5233.
- Koocheki, A. R., Sorkhilaleloo, B., and Eslamzadeh Hesari, M.R. 2012. Yield stability of barley elite genotypes in cold regions of Iran using GGE biplot. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28 (4), 533-543 (in Persian with English abstract).
- Kroonenberg, P. M. 1995. Introduction to biplots for G $\times$ E tables. Department of mathematics, research report 51. University of Queensland.
- Maniruzzaman, M.Z., Begum, F., Khan, M.A.A., Amiruzzaman, M., and Hossain, A. 2019. valuation of yield stability of seven barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multiple environments using GGE biplot and AMMI model. *Open Agriculture*. 4:284-293.
- Merrick, L.F., Glover, K.D., Yabwalo, D., and Byamukama, E. 2020. Use of genotype by yield\*trait (GYT) Analysis to select hard red spring wheat with elevated performance for agronomic and disease resistance traits. *Crop Breeding, Genetics and Genomics*, 2(2), 1-18.
- Moayyedi, A., Najafi Mirak, T., Taherian, M., Sasani, S., and Amin Azarm, D. 2020. Evaluation of grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum*

- L. var. durum) promising lines in moderate regions of Iran. *Journal of Agroecology*, 12(2), 345-358 (in Persian with English abstract).
- Mohammadi, R., and Amri, A. 2011. Graphic analysis of trait relations and genotype evaluation in durum wheat. *Journal of Crop Improvement*, 25: 680-696.
- Mohammadi, M., Hosseinpour, T., Armion, M., Khanzadeh, H., and Ghojogh, H. 2016b. Analysis of genotype, environment and genotype  $\times$  environment interaction in bread wheat genotypes using GGE biplot. *Agricultural Communications*, 4(3), 1-8.
- Mohammadi, R., Armion, M., Sadeghzadeh, B., Golkari, S., Khalilzadeh, G.H., Ahmadi, H., Abedi-Asl, G.H., and Eskandari, M. 2016a. Assessment of grain yield stability and adaptability of rainfed durum wheat breeding lines. *Applied Field Crops Research*, 29 (4), 25-42. (In Persian with English abstract).
- Mortazavian, S.M.M., Nikkhah, H.R., Hassani, F.A., Sharif-al-Hosseini, M., Taheri, M., and Mahlooji, M. 2014. GGE Biplot and AMMI Analysis of Yield Performance of Barley Genotypes across Different Environments in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16: 609-622.
- Omran, S., Mohammad Naji, A., and Esmailzadeh Moghaddam, M. 2017. Yield stability analysis of promising bread wheat lines in southern warm and dry agroclimatic zone of Iran using GGE biplot model. *Journal of Crop Breeding*, 23(9), 157-165.
- Pacheco, A., Rodríguez, F., Alvarado, G., and Burgueño, J. 2017. "ADEL-R. Analysis and design of experiments with R for Windows. Version 2.0", <https://hdl.handle.net/11529/10857>, CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V3.
- Pacheco, A., Vargas, M., Alvarado, G., Rodríguez, F., Crossa, J., and Burgueño, J. 2015. "GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Version 4.1", <https://hdl.handle.net/11529/10203>, CIMMYT Research Data & Software Repository Network, V16.
- Panase, V.G. 1957. Genetics of quantitative characters in relation to plant breeding. *Indian Journal of Genetics*, 17, 318-328.
- Pržulj, N., Miroslavljević, M., Čanak, P., Zorić, M., and Boćanski, J. 2015.

- Evaluation of spring barley performance by biplot analysis. *Cereal Research Communications*, 43(4), 692-703.
- Rahmati, M., Ahmadi, A., Hossein Pour, T., Hamidiyan, K., and Reisivand, M. 2021. Evaluation of yield potential of barley genotypes and identification of traits related to improving grain yield under rainfed conditions. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*, 10 (1), 57-71 (In Persian).
- Ramazani, S.H.R., and Abdipour, M. 2018. Statistical analysis of grain yield in Iranian cultivars of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Agricultural Research*, 8: 239-246.
- Rose, I.V.L.W., Das, M.K., and Taliaferro, C.M. 2008. A comparison of dry matter yield stability assessment methods for small numbers of genotypes of bermudagrass. *Euphytica*, 164: 19-25.
- Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science. Oxford, UK.
- Samonte, S.O.P.B., Wilson, L.T., McClung, A. M., and Medley, J. C. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analysis. *Crop Science*, 45: 2414-2424.
- Stansfield, W.D. 1991. Theory and Problems in Genetics. McGraw-Hill, New York, USA.
- Taherian, M., Bihanta, M.R., Peyghambari, S.A., Alizadeh, H., and Rasoulnia, A. 2019. Stability analysis and selection of salinity tolerant barley genotypes. *Journal of Crop Breeding*, 11(29), 93-103.
- Taheripourfard, Z., Izadi-Darbandi, A., Ghazvini, H., Ebrahimi, M., Mortazavian, S. M. M., and Abdipour, M. 2017. Identifying superior barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using GGE-biplot across warm and moderate environments under irrigated conditions in Iran. *Crop Breeding Journal*, 7 (1 & 2), 23-35.
- Vaezi, B., Pour-Aboughadareh, A., Mohammadi, A., Armion, M., Mehraban, A., HosseinPour, T., and Dorii, M. 2017. GGE Biplot and AMMI Analysis of Barley Yield Performance in Iran. *Cereal Research Communications*, 45(3), 500-511.

- Xu, N., Fok, M., Li, J., Yang, X., and Yan, W. 2017. Optimization of cotton variety registration criteria aided with a genotype- by-trait biplot analysis. *Scientific Reports*, 7: 17237.
- Yan, W. 2001. GGE biplot—A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*, 93: 1111–1118.
- Yan, W., and Kang, M.S. 2003. GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Yan, W., and Rajcan, I. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*, 42: 11-20.
- Yan, W., and Tinker, N. A. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86:623–645.
- Yan, W., Hunt, L.A., Sheng, Q., and Szlavnic, Z. 2000. Genotype evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40: 597–605.
- Yan, W., Fregeau-Reid, J., Mountain, N., and Kobler, J. 2019. Genotype and management evaluation based on genotype by yield×trait (GYT) analysis. *Crop Breeding Genetics and Genomics*, 1(1), 1-21.
- Zali1, H., Barati, A., and Jabari, M. 2021. Evaluation of variation at barley inbred lines (*Hordeum vulgare* L.) using SIIG index. *Journal of Crop Breeding*, 13 (39), 179-194.

## **Analysis of yield stability, heritability and characterization of barley promising lines in Nishabour**

Majid Taherian<sup>1\*</sup>Hamid Reza Nikkhah<sup>2</sup>

1. Assistant Professor of Horticulture Crop Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran. . (Corresponding author)
2. Assistant Professor of Cereal Research Department, Seed and Plant Research Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran.

Received: March 2023 Accepted: August 2023- DOI: 10.22092/aj.2023.358117.1596

### **Extended Abstract**

**Teherian], M., Nikkhah, R.,** Analysis of yield stability, heritability and characterization of barley promising lines in Nishabour.

**Applied Research in Field Crops Vol 35, No. 3, 2022 4-6: 28-45**(in Persian)

### **Introduction**

Barley (*Hordeum vulgare* L.) occupies a cultivation area of one and a half million hectares and produces an annual yield of about three million tons, making it the main crop following wheat in Iran. Out of the yield produced, about 600,000 hectares with a production of approximately two million tons are related to irrigated barley and about 900,000 hectares with a production of approximately one million tons are related to dryland barley (Ahmadi *et al.*, 2020). In recent years, the shortage of barley production has been felt more than ever and as a result, in the country's Comprehensive Fodder Development Programme, it is planned to increase barley's output in the long run. Similar to other crops, insufficient yield stability in barley is recognized as a one of the factors responsible for the gap between actual yield and potential yield (Cattivelli *et al.*, 2008). In breeding programs, the identification of superior genotypes is difficult due to environmental variability of target locations and the interaction of these variabilities with the investigated

---

**Email address of the corresponding author:** taherian.m@ut.ac.ir

genotypes. Therefore, it is important to evaluate the advanced agronomic lines across various environments and over multiple years to ensure their yield stability and production (Yan & Rajcan, 2002). The main objectives of this study were to evaluate grain yield stability and adaptability in some promising barley lines and characterization of barley inbred lines based on multiple traits under irrigation conditions.

### **Materials&Methods**

19 promising barley lines (G1-G19) along with one check cultivar (Behrokh) were studied during 2016-2019 at Nishabour Agricultural Research Stations. The experimental design was a randomized complete block with three replications. Several main traits i. e., days to heading (DH), days to maturity (DMA), plant (GY) were recorded height (PLH), thousand kernel weight (TKW) and grain yield for all genotypes. GGE biplot and genotype by trait (GT) biplot methods were used to assess yield stability of genotypes and characterize barley inbred lines based on multiple traits.

The combined analysis of variance for GY and other traits was conducted using ADEL-R software. The GGE biplot and GT biplot methodologies were employed to analyze G×E interaction and characterize barley inbred lines based on multiple traits using GEA-R software (Yan, 2001).

### **Results&Discussion**

The combined analysis of variance for GY showed that the effects of year, genotype and genotype×year were significant at the 1% probability level. The results also showed that approximately 23.45% of total variance was attributable to year effect, 30.72% to genotype effect and 21.37% to genotype × year interaction. On the whole, the mean of GY for the evaluated lines in the all years of the trial varied from 4.446 to 6.946 ton /ha and the G17 and G12 lines gave the lowest and highest grain yield, respectively. Based on the biplot of average-environment coordination (AEC) for simultaneous selection of grain yield and stability of barley genotypes, genotypes G12 and G3 with the high grain yield were the most stable genotypes. According to the results from biplot of barley promising lines in comparison with ideal genotype, G12 and G3 were identified as the ideal genotype. Based on GT-



Biplot polygon, G12, G3 and G9 lines displayed high grain yield, grain filling period and lowest days to heading. The vector view of GT biplot showed high positive correlation between grain yield with grain filling period and negative correlation with days to heading. In conclusion, the GT biplot offers a useful analytical tool for examining the variation among sets of lines, exploring multiple trait data, which will aid in multi-trait selection.

**Conclusion:** It was found that the genotypes with the highest grain yield had extended duration of the grain filling period, were early in flowering time and had low to medium plant height under the irrigated conditions. Based on the results, the lines G12, G3 and G9 were the most stable high-yielding genotypes as were characterized by the extended duration of GFP, the highest TKW, early flowering time, and low PLH in Nishabour condition.

**Keywords:** Barley, Biplot, Effective traits, Ideal genotype, Stability.

#### **References**

- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A., and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomic. *Field Crops Research* 15:1–14.
- Yan, W. 2001. GGE biplot—A Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal*. 93: 1111–1118.
- Yan, W., and I. Rajcan. 2002. Biplot analysis of sites and trait relations of soybean in Ontario. *Crop Science*. 42: 11-20.