Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 4, Winter 2019 (959-972)
DOI: 10.22059/ijhs.2017.235177.1268

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷ (ص ۹۷۲-۹۵۹)

ارزیابی پایداری عملکرد و سایر صفات مهم ژنوتیپ‌های پیاز روز کوتاه در مناطق جنوب ایران با استفاده ازروش گرافیکی GGE biplot

عبدالستار دارابی[1*]، حامد حسن‌زاده[2]، علی‌رضا پرکاسی[3] و احمد موسی پور گرجی[4]

۱. استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲. محقق، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان هرمزگان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

۳. محقق، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی بلوچستان (ایرانشهر)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایرانشهر، ایران

٤. استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۳/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۹/۱۸)

چکیده

پایداری عملکرد و سایر صفات مهم هشت ژنوتیپ پیاز روزکوتاه (پیاز اصلاح‌شده بهبهان، توده محلی بهبهان، توده محلی پادوک، توده محلی رامهرمز، توده محلی برازجان، توده محلی ایرانشهر و ارقام تگزاس‌ارلی‌گرانو و پریماورا) با استفاده ازطرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی بهبهان، میناب و ایرانشهر به‌مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) مطالعه گردید. برای مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط از روش GGE biplot استفاده گردید. ارزیابی عملکرد کل ژنوتیپ‌ها به‌روش نمودار چندضلعی مشخص نمود که هر منطقه به‌منزله یک محیط بزرگ تلقی می‌شود. در منطقه ایرانشهر رقم پریماورا، در منطقه بهبهان رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو و در منطقه میناب توده محلی برازجان برترین ژنوتیپ‌ها بودند. بر خلاف عملکرد کل، از نظر عملکرد قابل‌فروش دو منطقه ایرانشهر و میناب، به‌دلیل شباهت نتایج در یک محیط کلان قرار گرفتند. نتایج بهبهان با دو منطقه مزبور متفاوت بود و در یک محیط کلان دیگر قرار گرفت. براساس نمودار ایده‌آل، ایرانشهر منطقه ایده‌آل برای پدیده بولتینگ تلقی گردید. برای صفات عملکرد کل و قابل‌فروش، بهبهان ایده‌آل‌ترین محیط شناخته شد. میناب محیط ایده‌آلی برای دوقلویی بود. برای درصد ماده خشک سوخ، بهبهان و ایرانشهر مناطق ایده‌آلی تلقی گردیدند. نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌ها با نمودار محیط متوسط مشخص نمود، بر اساس دو مقوله عملکرد کل و پایداری، رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو برترین ژنوتیپ بود. از نظر عملکرد قابل‌فروش، مقاومت به بولتینگ و دوقلویی و پایداری این صفات رقم پریماورا بهترین ژنوتیپ بود.

واژه‌های کلیدی: بولتینگ، دوقلویی، محیط ایده‌آل، محیط بزرگ.

Stability of yield and other important characters of short day onion genotypes in south regions of Iran using graphical GGE biplot method

Abdolsatar Darabi[1*], Hamed Hassanzadeh[2], Ali Reza Parkasi[3] and Ahmad Mousapour Gorji[4]

1. Assistant Professor, Seed and Plant Research Improvement Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center , AREEO, Ahwaz, Iran
2. Researcher, Seed and Plant Research Improvement Department, Hormozgan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center , AREEO, Bandar Abbas, Iran
3. Researcher, Seed and Plant Research Improvement Department, Baluchestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center , AREEO, Iranshahr, Iran
4. Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO) Karaj, Iran

(Received: Jun. 8, 2017 - Accepted: Dec. 9, 2017)

ABSTRACT

Stability of yield and other important characters of eight short day onion genotypes (Behbahan, Padook, Ramhormoz, Iranshahr and Brazjan landraces, Primavera and Texas Early Grano cultivars and Behbahan bred onion) were studied using a randomized complete block design with four replications at Behbahan, Minab and Iranshahr Agriculture Research Stations for two years (2012-14). Genotype × environment interaction (GEI) was evaluated through GGE biplot. Using polygones for grouping of environments based on total yield showed that each location was considered as a mega environment. In Behbahan, Minab and Iranshahr locations, Texas Early Grano, Brazjan landrace and Primavera cultivar produced the highest total yield respectively. In regard to marketable yield two mega environments were identified. The first mega environment contains Minab and Iranshahr, the second mega-environment only contained Behbahan. According to the GGE biplot analysis of the ideal environment, it was concluded that Iranshahr and Minab were closest to the ideal environment for bolting and bulb doubling, respectively. For total and marketable yield Behbahan was closest to the ideal environment. Iranshahr and Behbahan was nearest to ideal environment for bulb dry matter percentage. Evaluation of genotypes through average environment coordinate indicated that Texas Early Grano was the best genotype in term of total yield and performance stability. Based on marketable yield, bulb doubling and bolting and performance stability, Primavera was the best genotype.

Keywords: Bolting, doubling bulb, ideal environment, Mega environment.

* Corresponding author E-mail: darabi6872@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پیاز (*Allium cepa* L.) گیاهی تک‌لپه از جنس آلیوم می‌باشد. سطح زیر کشت پیاز در جهان ۵۲۹۸۸۷۳ هکتار و متوسط عملکرد این محصول ۱۶/۶۷ تن در هکتار است (FAOSTAT, 2017). پیاز با سطح زیر کشت ۶۳۶۸۵ هکتار و عملکرد ۳۸/۱۵ تن در هکتار تن بعد از گوجه‌فرنگی مهم‌ترین سبزی کشت‌شده در کشور می‌باشد (Anonymus, 2016). این گیاه محصول فصل سرد است. تشکیل سوخ در پیاز توسط عوامل محیطی کنترل می‌شود، مهم‌ترین عامل مؤثر بر تشکیل سوخ در این گیاه، طول روز می‌باشد (Brewster, 2008).

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای پژوهشگران علوم اصلاح نباتات دارای اهمیت خاصی است و یکی از موضوعات پیچیده برنامه‌های به‌نژادی برای معرفی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار محسوب می‌شود (Gauch, 2006). آگاهی از ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به به‌نژادگران کمک می‌کند تا بتوانند ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتر بررسی نموده و ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد بالا را انتخاب کنند (Roy , 2000). معیار استفاده از انواع روش‌های تجزیه پایداری به نوع طرح آزمایشی، گیاه، نظر محقق و محیط آزمایش بستگی دارد (Fattahi &Yossefi, 2006). واکنش‌های بین ژنوتیپ و اثرهای محیطی را اثرهای متقابل ژنوتیپ و محیط می‌دانند و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، همبستگی بین ژنوتیپ و فنوتیپ را کاهش داد و در نتیجه کارایی انتخاب را کاهش می‌دهد (Brandiej & Meverty,1994).

مهم‌ترین مسئله که تحت تأثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط قرار می‌گیرد، مسئله سازگاری به شرایط محیط است. وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان‌دهنده این است که بهترین ژنوتیپ در یک محیط، ممکن است در محیط‌های دیگر بهترین ژنوتیپ نباشد (Perkins & Jinks, 1971). اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌تواند جنبه‌های مختلفی داشته باشد. مثلا یک اختلاف محیطی مخصوص می‌تواند روی برخی از ژنوتیپ‌ها بیشتر از سایر ژنوتیپ‌ها تأثیر داشته باشد. عکس‌العمل ژنونیپ‌های مختلف معمولاً به‌دلیل پاسخ متفاوت ژن‌ها و یا قدرت تظاهر متفاوت آن‌ها در محیط‌های مختلف است (Fallconer, 1981). تجزیه پایداری، مهم‌ترین روشی است که برای پی‌بردن به ماهیت اثر متقابل ژنوتیپ و محیط کاربرد دارد و با توجه به آن می‌توان ارقام پایدار و سازگار را شناسایی و مورد استفاده قرار داد. در صورت وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، برای گزینش و اصلاح ژنوتیپ‌ها در هنگام گزینش، نیاز به همبستگی معنی‌دار ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی است، زیرا اثر متقابل ژنوتیپ و محیط، ممکن است باعث کاهش همبستگی ارزش‌های فنوتیپی و ژنوتیپی گردد و تحلیل دقیق نتایج را مشکل سازد (Pham & Kang, 1988).

به‌منظور مطالعهٔ پایداری و بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط روش‌های آماری زیادی تاکنون استفاده شده‌اند. این روش‌ها به‌طورکلی، به دو گروه تک‌متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند (Lin *et al.*, 1986). ازجمله روش‌های چندمتغیره می‌توان به روش بای‌پلات (Biplot) که بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی پیشنهاد شده است، اشاره نمود (Yan *et al.*, 2000). نسخه‌های متنوعی از بای‌پلات بر اساس روش‌های آماری چندمتغیره معرفی و به‌صورت گسترده توسط به‌نژادگران در کشاورزی به‌منظور تجزیه گرافیکی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط استفاده شده است (Yan & Tinker, 2006). یک نسخه ویژه از بای‌پلات، GGE biplot است. در این روش گزینش‌ها و تصمیمات برمبنای آنالیز تصویری اطلاعات و بررسی هم‌زمان اثرمتقابل ژنوتیپ و محیط انجام می‌گیرد. این روش قابلیت‌های فراوان و سادگی در تفسیر خروجی را دارد. لازم به ذکر است که دراین روش، ارزیابی‌ها براساس تصاویرگرافیکی است، نه بر اساس خروجی که به‌صورت جدول و غیره ایجاد شده است. برتری این روش بر روش‌های دیگر این است که به‌نژادگر می‌تواند به کمک آن، تصویری از روابط بین ژنوتیپ و محیط را مجسم کند و بر اساس نمودار گرافیکی که بر اساس اصول GGE biplot رسم می‌شود، ژنوتیپ‌های مطلوب را برای محیط‌های بزرگ[1] مختلف یعنی گروه‌های

1. Mega Environment

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگ محیطی که مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌ها در آن گروه محیطی بیشترین عملکرد را دارند انتخاب کرده و نیز دو عامل ژنوتیپ و محیط را به‌طور همزمان بررسی کند (Yan *e tal*., 2000). هم‌چنین با استفاده از این روش می‌توان پایداری و سازگاری ژنوتیپ‌ها را مشخص نمود. استفاده از این مدل به‌منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های چندمحیطی درگندم (Yan & Hunt, 2002)، ذرت (Fan *et al*., 2007)، جو (Dehghani *et al*., 2006)، گندم دوروم (Mohammadi *et al*., 2010)، کلزا (Mostefavi*et al*., 2012) و سیر (Sing Bath *et al*., 2013) گزارش شده است. با توجه به اینکه تاکنون هیچ پژوهشی برای ارزیابی پایداری عملکرد و سایر صفات مهم ژنوتیپ‌های پیاز در کشور با روش GGE biplot انجام نشده است، هدف از انجام این پژوهش مطالعه اثر متقابل ژنوتیپ و محیط با استفاده از روش گرافیکی GGE biplot در سه منطقه جنوب کشور (بهبهان، میناب و ایرانشهر) برای هشت ژنوتیپ پیاز روزکوتاه در ارتباط با صفات بولتینگ یا گلدهی غیر وقت، عملکرد کل و قابل‌فروش، درصد وزنی دوقلویی و درصد ماده خشک سوخ بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق پایداری عملکرد و سایر صفات مهم هشت ژنوتیپ پیاز روز کوتاه (پیاز اصلاح‌شده بهبهان، توده محلی بهبهان، توده محلی پادوک، توده محلی رامهرمز، توده محلی برازجان، توده محلی ایرانشهر و ارقام تگزاس ارلی‌گرانو و پریماورا) با استفاده از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی بهبهان، میناب و ایرانشهر به‌مدت دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۱) مطالعه گردید. برخی از خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

کشت این آزمایش به‌صورت نشایی انجام گرفت. نشاها در مرحله ۲ تا ۳ برگی به زمین اصلی منتقل شدند. مصرف کود براساس نتایج آزمون خاک و توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفت (Bybordi & Malakoti, 1999). هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط کاشت به‌طول ۴ متر بود. فاصله خطوط کاشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط ۷ سانتی‌متر منظور گردید. سطح برداشت ۲ خط میانی با حذف ۳۵ سانتی‌متر از بالا و پایین هر خط و به مساحت ۱/۹۸ مترمربع بود. سوخ‌ها در زمان افتادگی ۵۰ تا ۸۰ درصد برگ‌ها و شروع خشک‌شدن آنها برداشت شدند (Brewster, 2008). تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC (MSTATC, 1983) انجام گرفت. به کمک نرم‌افزار Genstat از روش گرافیکی GGE biplot برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط در مورد صفات بولتینگ، عملکرد کل و قابل فروش سوخ (وزن کل سوخ‌های هر کرت منهای وزن سوخ‌های دوقلو، گندیده، گردن‌کلفت و سوخ‌های حاصل از بوته‌های به‌گل‌رفته)، درصد وزنی دوقلویی و درصد ماده خشک سوخ (برای تعیین درصد ماده خشک سوخ، ۱۰ سوخ به‌طور تصادفی از هرکرت انتخاب و پس از تمیز و خردکردن در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند) استفاده گردید. در این پژوهش، بای‌پلات‌ها بر اساس نمودار چندضلعی، محیط ایده‌آل و محیط متوسط ترسیم شدند.

جدول ۱. برخی از خصوصیات ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 1. Some characteristics of studied genotypes

Genotype	Bulb shape	Skin colour	False colour	Falavour	Planted region
Behbahan bred onion	Transverse medium elliptic	White	White	Pungent	Behbahan region
Behbahan landrace	Transverse medium elliptic	White	White	Pungent	Behbahan region
Padook landrace	Transverse medium elliptic	Red	White	Pungent	Dehdasht region
Ramhormoz landrace	Transverse medium elliptic	Red	White	Pungent	East of Khozestan province
Brazjan landrace	Transverse medium elliptic	Red	White	Pungent	Bushehr province
Iranshahr landrace	Transverse medium elliptic	Red	White	Pungent	Sistan and Buluchestan province
Texas Early Grano	Broad ovate	Yellow	White	Sweet	South provinces of Iran
Primavera	Broad ovate	Yellow	White	Sweet	South provinces of Iran

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای درصد بولتینگ، عملکرد کل و قابل‌فروش سوخ، درصد دوقلویی و درصد ماده خشک سوخ تفاوت معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها در سطح احتمال ۱٪ نشان داد (جدول ۲). نتایج مشابهی توسط Darabi (2009) در مطالعه ژنوتیپ‌های پیاز گزارش شده است. معنی‌دار شدن اثر محیط بدین معناست که محیط‌ها از نظر صفات مورد بررسی با هم اختلاف دارند. معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نشان می‌دهد که تأثیر محیط‌ها بر صفات مورد مطالعه متفاوت می‌باشند (جدول ۲) و بنابراین شرط انجام تجزیه پایداری و معرفی ژنوتیپ‌های پایدار برقرار است (Yan *et al*., 2000).

نمودار چندضلعی

در نمودار بای‌پلات، محور افقی (PC1) معرف اثر اصلی ژنوتیپ و محور عمودی (PC2) نشان‌دهنده اثر متقابل ژنوتیپ و محیط می‌باشد که خود معیاری از ناپایداری ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. در این نمودار ژنوتیپ‌هایی که حداکثر فاصله از مبدأ را دارند به یکدیگر وصل شده و یک چندضلعی حاصل می‌شود، این ژنوتیپ‌ها از نظر صفت مورد نظر، بهترین و یا ضعیف‌ترین ژنوتیپ در بعضی از محیط‌ها و یا همه محیط‌ها هستند، زیرا بیشترین فاصله را از مرکز بای‌پلات دارند (Yan & Kang, 2003)، سپس از مبدا مختصات خطوطی بر اضلاع این چندضلعی رسم شده و محیط‌های بزرگ مشخص می‌شوند (Yan *et al*., 2007). رسم این نمودار برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که هر سه منطقه بهبهان، ایرانشهر و میناب از لحاظ بولتینگ (که صفتی نامطلوب در پیاز بوده و سبب سخت‌شدن مرکز سوخ و کاهش کیفیت آن می‌گردد) در یک محیط کلان قرار گرفته و بنابراین نتایج هر کدام از این محیط‌ها، برای سایر محیط‌ها قابل توصیه می‌باشد. توده محلی ایرانشهر که بیشترین فاصله از مبدأ را داشت، حداکثر بولتینگ را به خود اختصاص داد. رقم پریماورا نزدیک‌ترین ژنوتیپ به مرکز بای‌پلات بود و یا به عبارتی به تغییر محیط واکنش زیادی نشان نداد (شکل ۱). ارزیابی عملکرد کل ژنوتیپ‌ها به روش نمودار چندضلعی مشخص نمود که هر منطقه به منزله یک محیط بزرگ تلقی شده و در نتیجه ژنوتیپ مناسب برای هر منطقه بایستی به صورت مستقل توصیه شود. در منطقه ایرانشهر رقم پریماورا، در منطقه بهبهان رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو و در منطقه میناب توده محلی برازجان، برترین ژنوتیپ‌ها بودند (شکل ۲). مشابه با این نتایج Kimani *et al*. (1993) برای مناطق مختلف کنیا ژنوتیپ‌های متفاوت پیاز را توصیه نمودند. Sabaghnia *et al*. (2008) نیز با بررسی اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از طریق روش GGE biplot برای عملکرد عدس در ایران سه محیط بزرگ را شناسایی کردند. Jalata (2011) در تحقیقی در جنوب‌شرقی اتیوپی بر روی هجده ژنوتیپ جو در یازده محیط، براساس GGE biplot محیط‌ها را به دو محیط بزرگ تقسیم نمود و برای هر محیط بزرگ یک ژنوتیپ مناسب تعیین نمود.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب درصد بولتینگ، عملکرد کل و قابل فروش، درصد دوقلویی و درصد ماده خشک سوخ

Table 2. Combined analysis of variance for bolting percentage, total and marketable yield, doubling bulb percentage and bulb dry matter percentage

Source of variance	df	Mean square				
		Bolting percentage	Total yield	doubling bulb percentage	Marketable yield	Bulb dry matter percentage
Year (Y)	1	708.557**	15425.341**	4668.414**	789.294**	4.579$^{n.s}$
Location (L)	2	63559.375**	25454.356**	11935.625**	13269.106**	56.558**
Year× Location (YL)	2	2985.381**	2514.320**	8060.782**	976.741**	30.046**
Error (Year× Location)	18	29.987	20.817	16.32.	8.792	1.685
Genotype	7	2841.228**	1269.438**	9054.954**	2746.240**	118.387**
Year× Genotype	7	1591.481**	180.883**	367.814**	66.219**	3.369**
Location× Genotype	14	1441.735**	1441.735**	1069.877**	548.879**	3.353**
Year× Location× Genotype	14	1116.602**	403.634**	365.983**	245.331**	4.756**
Error	126	18.458	28.764	21.964	12.993	0.807
C. V. (%)		18.11	13.92	14.63	19.38	7.66

** و ns: وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و نبود اختلاف معنی‌دار.

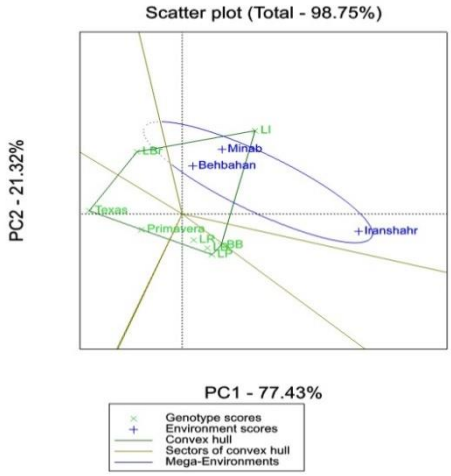
**, ns: Significant at 1% of probability level and non-significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

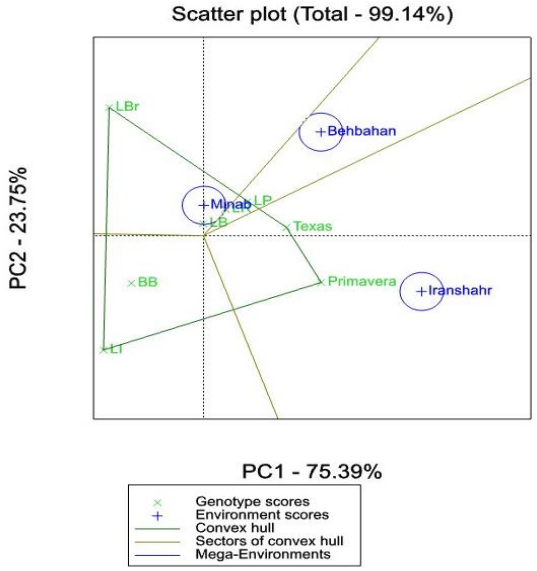
توده محلی بهبهان در مرکز بای‌پلات قرارگرفت، بنابراین این توده عکس‌العمل یکسانی به سه محیط نشان داده است. توده محلی ایرانشهر اگر چه در راس چندضلعی قرار گرفته بود ولی در هیچ‌یک از محیط‌ها عملکرد قابل‌توجهی تولید نکرد (شکل ۲). بین این نتایج و گزارش Yan & Kang (2003) که رئوس چندضلعی اختصاص به ژنوتیپ‌های پرمحصول ندارد و ژنوتیپ‌های کم‌محصول نیزممکن است در این مکان واقع شوند، هماهنگی کامل وجود دارد. نتایج مشابهی توسط Koocheki *et al.* (2012) در مورد ژنوتیپ‌های جو گزارش شده است.

برخلاف عملکرد کل، از نظر عملکرد قابل‌فروش دو منطقه ایرانشهر و میناب به‌دلیل شباهت نتایج در یک محیط کلان قرار گرفتند. نتایج بهبهان با دو منطقه مزبور متفاوت بود و در یک محیط کلان دیگر جای گرفت (شکل ۳).



شکل ۱. نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس بولتینگ

Figure 1. Polygone graph of GGE biplot method for grouping environments based on bolting.
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: LandraceIranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan



شکل ۲. نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس عملکرد کل

Figure 2. Polygone graph of GGE biplot method for grouping environments based on total yield.
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan

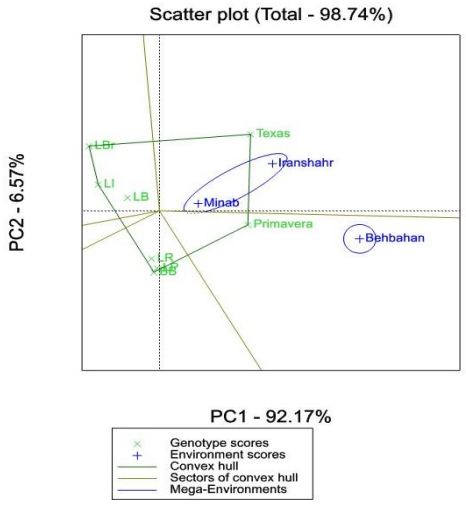
www.SID.ir

Archive of SID

از لحاظ درصد وزنی دوقلویی، هر سه منطقه در یک محیط کلان قرار گرفته و توده محلی برازجان حداکثر این صفت را به خود اختصاص داد (شکل ۴). ارزیابی درصد ماده خشک سوخ ژنوتیپ‌ها (که از عوامل مهم کیفیت پیاز بوده و نقش بسزایی در تولید فرآورده‌ها و خاصیت انبارمانی این محصول دارد) به‌کمک نمودار چندضلعی نشان داد که برای این صفت دو محیط کلان قابل‌تشخیص می‌باشد. دو منطقه بهبهان و ایرانشهر در یک محیط کلان جای گرفته و بنابراین نتایج هرکدام از این دو منطقه، قابل‌تعمیم به منطقه دیگر نیز می‌باشد. در این دو منطقه بیشترین درصد ماده خشک سوخ به پیاز اصلاح‌شده بهبهان مربوط بود. نتایج میناب از لحاظ این صفت با دو مکان قبلی متفاوت بوده و این منطقه به‌تنهایی در یک محیط بزرگ قرار گرفت. در این منطقه بیشترین درصد ماده خشک توسط توده محلی ایرانشهر تولید گردید (شکل ۵).

محیط ایده‌آل

اگرچه آزمایش‌های چند محیطی برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها به‌کار می‌روند ولی این آزمایش‌ها را می‌توان برای ارزیابی محیط‌ها نیز به کار برد. مفهوم محیط ایده‌آل برای محیط‌هایی کاربرد دارد که دارای دو خصوصیت عمده باشند: ۱) محیط توانایی بالایی در تفکیک و تمایز بین ژنوتیپ‌ها داشته باشد. ۲) نماینده‌ای برای محیط‌های دیگر مورد آزمون باشند (Yan & Tinker, 2006). این مفهوم از محیط ایده‌آل برای محصولات مختلف از جمله ذرت (Fan *et al.*, 2007)، گندم (Mohammadi *et al.*, 2012)، کلزا (Pourdad & Moghaddam, 2013) و جو (Sayad *et al.*, 2014) مورد استفاده قرار گرفته است. توانایی و تفکیک و تمایز یک محیط، به توانایی محیط برای نشان‌دادن حداکثر تنوع بین ژنوتیپ‌ها برمی‌گردد، اما توانایی نمایندگی یک محیط بیان می‌کند که یک محیط نماینده شرایط سایر محیط‌ها در محیط موردنظر است (Blanch & Myers, 2006). بنابراین یک محیط ایده‌آل باید ترکیبی از این دو خصوصیت را برای توسعه مواد ژنتیکی سازگار داشته باشد. این خصوصیت در مدل GGE biplot تحت عنوان قدرت تفکیک محیط‌ها در مقابل نمایندگی آنها[1] بیان شده است (Yan & Tinker, 2006). در این پژوهش محیط ایده‌آل برای میانگین‌های دو ساله صفات مورد بررسی مشخص گردید. در شکل‌های ۶ تا ۱۰محیط ایده آل، مرکز دوایر هم مرکز هستند که با فلش مشخص شده‌اند. سایر محیط‌ها بر اساس این نقطه گروه‌بندی می‌شوند. محیطی که فاصله کمتری از مرکز داشته باشد، محیط ایده‌آل‌تری است (Sayad *et al.*, 2014). از میان سه منطقه مورد بررسی، ایرانشهر به‌علت نزدیکی به دوایر متحددالمرکز به‌منزله منطقه ایده‌آل برای پدیده بولتینگ شناخته شد. منطقه میناب در گروه بعدی و پس از ایرانشهر قرار گرفت. بیشترین فاصله از مرکز دوایر متحدالمرکز به منطقه بهبهان مربوط بود، به‌همین دلیل، کمترین توانایی در تفکیک و ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ بولتینگ به منطقه بهبهان مربوط بود (شکل ۶).



شکل ۳. نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس عملکرد قابل‌فروش

Figure 3. Polygone graph of GGE biplot method for grouping environmentas based on marketable yield
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan

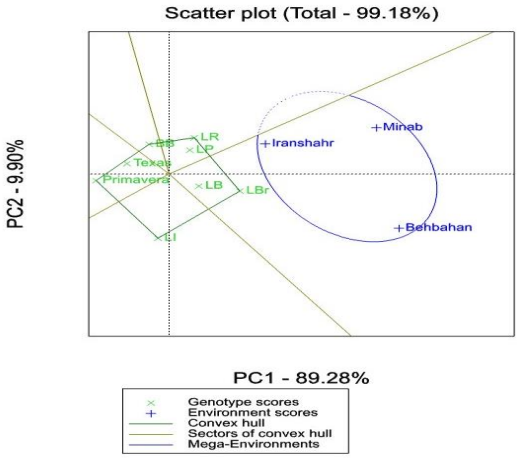
1. Discriminating power vs. representativeness of testers

www.SID.ir

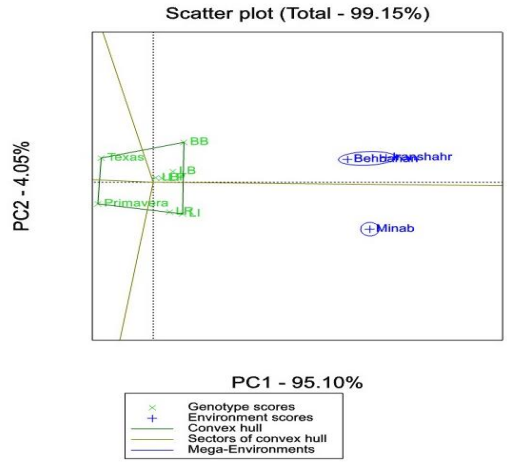
Archive of SID

ارزیابی مناطق مورد مطالعه براساس محیط ایده‌آل برای عملکرد کل و قابل فروش مشخص نمود که بهبهان برای هر دو صفت مزبور کمترین فاصله را با مراکز دوایر متحددالمرکز داشته و بنابراین دارای بیشترین توانایی در تفکیک و ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌ها می‌باشد. در بین مناطق مورد مطالعه کمترین مطلوبیت از لحاظ عملکرد کل و قابل‌فروش به میناب مربوط بود (شکل‌های ۷ و ۸).

Sayad *et al.* (2014) نیز از روش GGE biplot برای تعیین محیط ایده‌آل برای ژنوتیپ‌های جو در کشور استفاده نمود و از میان زرقان، ورامین، کرج، نیشابور و بیرجند، مناطق زرقان، ورامین و کرج را به‌منزله منطقه ایده‌آل تلقی نمود. در این بررسی میناب به‌منزله ایده‌آل‌ترین منطقه برای دوقلویی شناخته شد و کمترین ایده‌آلی برای این صفت به منطقه ایرانشهر تعلق داشت (شکل ۹). دوقلویی همانند بولتینگ، عارضه نامطلوبی در تولید پیاز بوده که تحت تأثیر ژنتیک و تنش‌های محیطی می‌باشد (Rai & Yadav, 2005). با توجه به یکسان‌بودن ژنوتیپ‌های مورد بررسی در هر سه منطقه و ایده‌آل نبودن ایرانشهر برای بروز این عارضه، به‌نظر می‌رسد که گیاهان در دوره رشد و نمو محصول در منطقه ایرانشهر در مقایسه با دو منطقه دیگر در معرض تنش‌های محیطی کمتری بوده‌اند.



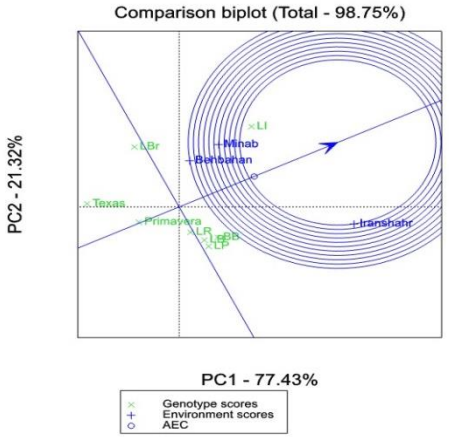
شکل ۴. نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس دوقلویی
Figure 4. Polygonegraph of GGE biplot method for grouping environments based on doubling bulb



شکل ۵. نمودار چندضلعی GGE biplot برای گروه‌بندی محیط‌ها بر اساس درصد ماده خشک سوخ
Figure 5. Polygonegraph of GGE biplot method for grouping environments based on dry matter percentage.
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan

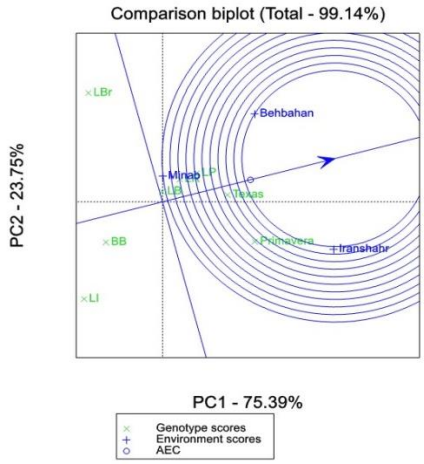
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آنها برای بولتینگ

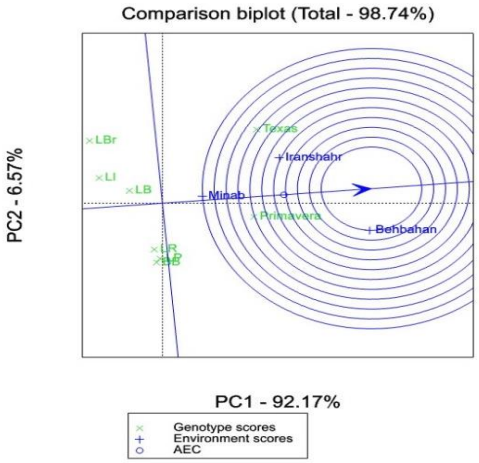
Figure 6. Relationship among environments and discriminative vs. representative of testers for bolting



شکل ۷. روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آنها برای عملکرد کل

Figure 7. Relationship among environments and discriminative vs. representative of testers for total yield

LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan



شکل ۸. روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آنها برای عملکرد قابل‌فروش

Figure 8. Relationship among environments and discriminative vs. representative of testers for marketable yield

www.SID.ir

Archive of SID

بهبهان و ایرانشهر بیشترین توانایی در تفکیک و ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد ماده خشک سوخ را داشته و مناطق ایده‌آلی تلقی گردیدند. کمترین توانایی در تفکیک و ایجاد تنوع بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد ماده خشک سوخ به منطقه میناب اختصاص داشت (شکل ۱۰).

نمودار محور متوسط

به‌منظور بررسی همزمان پایداری و مقدار صفات مورد مطالعه در ژنوتیپ‌ها از نمودار محیط متوسط[1] استفاده می‌گردد (Yan & Kang, 2003). به این نمودار، بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری نیز گفته می‌شود (Yan *et al.*, 2007). در این نمودار هر ژنوتیپی که به محور مشخص با دایره و فلش نزدیک باشد پایدارتر است و هرچه در جهت نوک فلش محور مذکور دورتر شود از عملکرد بیشتری برخوردار است (Yan *et al.*, 2000). ارزیابی بولتینگ بر اساس نمودار محیط متوسط مشخص نمود که توده محلی ایرانشهر حداکثر فاصله را در جهت نوک فلش داشت و بنابراین بیشترین بولتینگ به این ژنوتیپ تعلق داشت. سایر ژنوتیپ‌های بومی در مقایسه با توده محلی ایرانشهر فاصله کمتری از فلش داشتند. درصد بولتینگ در ارقام تجاری موردبررسی به‌میزان قابل‌توجهی از ژنوتیپ‌های بومی کمتر بود. حداقل بولتینگ به رقم پریماورا مربوط بود و چون این رقم دقیقاً روی محور حاوی فلش و دایره قرار گرفته، پایدارترین ژنوتیپ از نظر مقاومت به بولتینگ می‌باشد (شکل ۱۱). Khar *et al.* (2007) در هندوستان نیز دو ژنوتیپ پیاز مقاوم به بولتینگ معرفی نمودند.

مطالعه عملکرد کل سوخ به کمک نمودار بای‌پلات میانگین در مقابل پایداری نشان داد که بیشترین عملکرد کل توسط رقم پریماورا تولید شده است، اگرچه عملکرد رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو از رقم پریماورا کمتر بود ولی اختلاف عملکرد این دو ژنوتیپ قابل ملاحظه نبود (شکل ۱۲). عملکرد ژنوتیپ‌های بومی از ارقام تجاری کمتر بود. دو ژنوتیپ توده محلی بهبهان و رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو کمترین فاصله را با محور حاوی دایره و فلش داشتند و بنابراین از نظر این صفت بیشترین پایداری را به خود اختصاص دادند. با توجه به اینکه اختلاف عملکرد دو رقم پریماورا و تگزاس‌ارلی‌گرانو قابل‌توجه نبود ولی اختلاف فاصله این دو ژنوتیپ با محور حاوی فلش قابل‌توجه می‌باشد، رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو بر اساس دو مقوله پایداری و عملکرد کل به‌عنوان بهترین ژنوتیپ معرفی می‌شود. Golani *et al.* (2005) با مطالعه ارقام پیاز در هندوستان از نظر عملکرد و پایداری این صفت، آگری‌فونداراک‌رد را رقمی مناسب معرفی نمود. Sing Bath *et al.* (2013) با استفاده از روش GGE biplot ژنوتیپ‌های سیر را از نظر پایداری صفات در هندوستان مطالعه نمودند. نتایج این پژوهش مشخص نمود که ژنوتیپ PG-18 بهترین ژنوتیپ با توجه به دو مقوله عملکرد و پایداری می‌باشد.

شکل ۱۳ نمودار بای‌پلات میانگین عملکرد قابل فروش در مقابل پایداری را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو بیشترین فاصله را در جهت فلش داشته و بیشترین عملکرد قابل‌فروش را به خود اختصاص داد. بعد از رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو بیشترین عملکرد قابل فروش به رقم پریماورا مربوط بود. عملکرد قابل‌فروش ژنوتیپ‌های بومی از ارقام تجاری کمتر بود. ترتیب عملکرد قابل فروش ژنوتیپ‌های بومی به‌صورت زیر بود:

توده برازجان ‹ توده ایرانشهر ‹ توده بهبهان ‹ اصلاح شده بهبهان ‹ توده رامهرمز ‹ توده پادوک

اختلاف عملکرد قابل‌فروش توده محلی پادوک با توده محلی رامهرمز و پیاز اصلاح‌شده بهبهان بسیار اندک و قابل ملاحظه نبود. با توجه به این‌که اختلاف عملکرد قابل‌فروش دو رقم پریماورا و تگزاس‌ارلی‌گرانو قابل‌توجه نبود ولی اختلاف فاصله این دو ژنوتیپ با محور حاوی فلش قابل‌توجه می‌باشد رقم پریماورا بر اساس دو مقوله پایداری و عملکرد قابل‌فروش به‌عنوان بهترین ژنوتیپ معرفی می‌شود.

مطالعه درصد وزنی دوقلویی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس نمودار محور متوسط مشخص نمود که این صفت در ژنوتیپ‌های بومی از ارقام تجاری بیشتر می‌باشد. توده محلی برازجان حساس‌ترین

1. Average Environment Coordinate

www.SID.ir

Archive of SID

ژنوتیپ نسبت به دو قلویی بود. در سایر ژنوتیپ‌های بومی میزان دوقلویی به‌میزان قابل‌توجهی از توده محلی برازجان کمتر بود. ترتیب میزان دوقلویی در ژنوتیپ‌های بومی به صورت زیر بود:

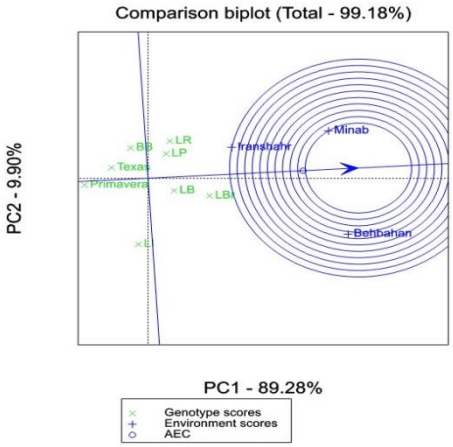
اصلاح شده بهبهان ‹ توده ایرانشهر ‹ توده پادوک ‹ توده رامهرمز ‹ توده بهبهان ‹ توده برازجان

درصد وزنی دوقلویی در رقم پریماورا از رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو کمتر بود و این رقم به محور حاوی فلش و دایره بسیار نزدیک بود، با عنایت به پایین‌ترین درصد وزنی دوقلویی و پایداری این صفت، رقم مزبور مقاوم‌ترین ژنوتیپ نسبت به دو قلویی بود (شکل ۱۴). Khar *et al.* (2007) با مطالعه پایداری صفات پیاز در هندوستان، دو ژنوتیپ مقاوم به دوقلویی را معرفی نمودند.

ارزیابی درصد ماده خشک سوخ ژنوتیپ‌ها به کمک نمودار محور متوسط مشخص نمود که حداکثر درصد ماده خشک سوخ توسط پیاز اصلاح‌شده بهبهان تولید گردید. اختلاف درصد ماده خشک سوخ این ژنوتیپ با توده محلی ایرانشهر بسیار اندک بود. به‌طور کلی اختلاف درصد ماده خشک سوخ ژنوتیپ‌های بومی به صورت زیر ولی قابل توجه نبود:

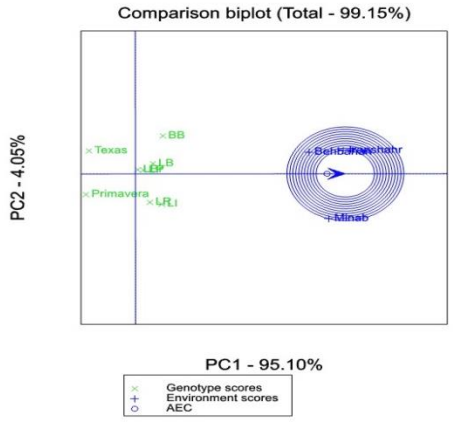
محلی برازجان ‹ محلی پادوک ‹ محلی رامهرمز ‹ محلی بهبهان ‹ محلی ایرانشهر ‹ اصلاح شده بهبهان

میزان درصد ماده خشک ارقام تگزاس‌ارلی‌گرانو و پریماورا به‌میزان قابل‌توجهی از ژنوتیپ‌های بومی کمتر بود. توده محلی برازجان از نظر درصد ماده خشک سوخ پایدارترین ژنوتیپ بود (شکل ۱۵).



شکل ۹. روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آنها برای دوقلویی

Figure 9. Relationship among environments and discriminative vs. representative of testers for doubling bulb
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan

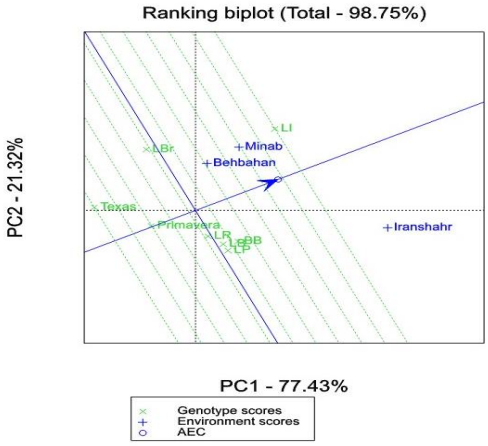


شکل ۱۰. روابط بین محیط‌ها و مقایسه محیط‌ها از نظر قابلیت تفکیک بین ژنوتیپ‌ها در مقابل نماینده بودن آنها برای درصد ماده خشک سوخ

Figure 10. Relationship among environments and discriminative vs. representative of testers for bulb dry matter percentage

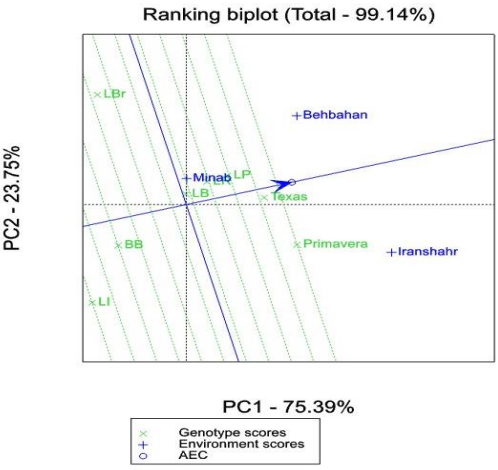
www.SID.ir

Archive of SID



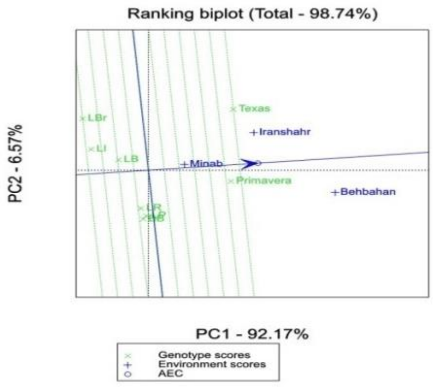
شکل ۱۱. ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر ای بولتینگ و پایداری این صفت

Figure 11. Evaluation of studied genotypes for bolting and stability performance.
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan



شکل ۱۲. ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای عملکرد کل و پایداری این صفت

Figure 12. Evaluation of studied genotypes for total yield and stability performance
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan

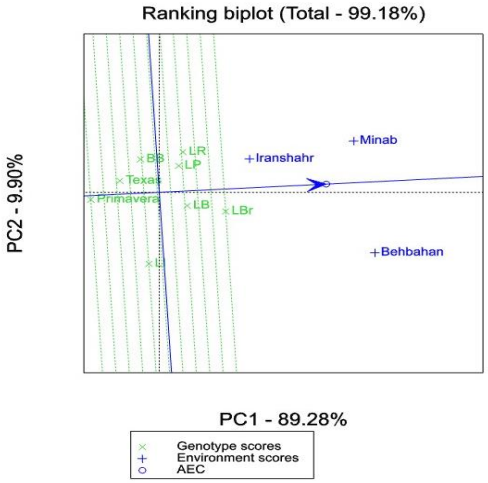


شکل ۱۳. ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس عملکرد قابل‌فروش و پایداری این صفت

Figure 13. Evaluation of studied genotypes based on marketable yield and stability performance.
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultivar, LB: Landrace Behbahan

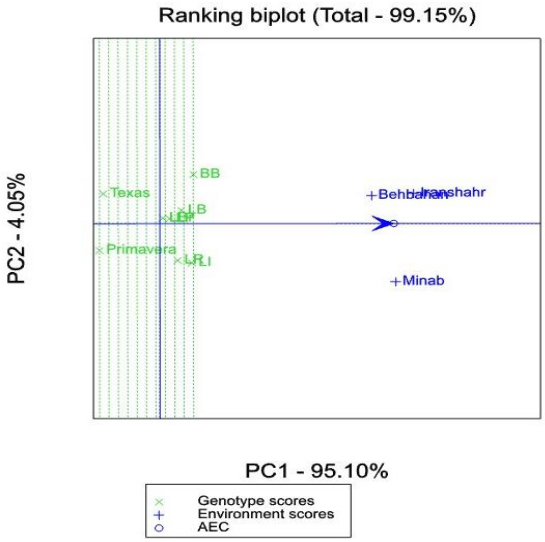
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۴. ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه برای دوقلویی و پایداری این صفت

Figure 14. Evaluation of studied genotypes for doubling bulb and stability performance.
LP: Landrace Padook, BB: Bred Behbahan, LBr: Landrace Brazjan, LI: Landrace Iranshahr, LR: Landrace Ramhormoz, Primavera: Primavera cultivar, Texas: Texas Early Grano cultiv,ar LB: Landrace Behbahan



شکل ۱۵. ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر ای درصد ماده خشک سوخ و پایداری این صفت

Figure 15. Evaluation of studied genotypes for bulb dry matter percentage and stability performance

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج این پژوهش، GGE biplot روشی مؤثر برای بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط می‌باشد و اطلاعات مفیدی در خصوص ژنوتیپ‌ها و محیط‌های تحت بررسی ارائه می‌کند. از طریق این روش مشخص گردید که از نظرعملکرد کل هر منطقه به‌منزله یک محیط بزرگ تلقی شده و در نتیجه ژنوتیپ مناسب برای هر منطقه بایستی به‌صورت مستقل توصیه شود. برخلاف عملکرد کل، از نظر عملکرد قابل‌فروش دو منطقه ایرانشهر و میناب به‌دلیل شباهت نتایج در یک محیط کلان قرار گرفتند، از نظر نتایج این صفت بهبهان با دو منطقه مزبور متفاوت بوده و در یک محیط کلان دیگر قرار گرفت. بهبهان از نظر تفکیک و تمایز بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد کل و قابل‌فروش ایده‌آل‌ترین محیط بود. نتایج ارزیابی ژنوتیپ‌ها با نمودار محیط متوسط مشخص نمود بر اساس دو مقوله عملکرد کل و پایداری رقم تگزاس‌ارلی‌گرانو برترین ژنوتیپ بود. از نظر عملکرد قابل‌فروش، مقاومت به بولتینگ، دوقلویی و پایداری این صفات رقم پریماورا بهترین ژنوتیپ بود.

www.SID.ir

Archive of SID

REFERENCES

1. Anonymus. (2016). *Agricultural statistics*, first volume-horticultural and field crop, 2014-15 Ministry of Jihad-e- Agriculture, Programing and Economic Deputyt, Statistics and Information Tecnology Office. pp. 99. (in Farsi)
2. Brandiej, E. & Meverty, B. E. (1994). Genotype × environmental interaction and stability of seed yield of oil rapeseed. *Crop Science*, 18, 344-353.
3. Brewster, J. L. (2008). *Onions and other vegetable alliums* (2th ed.) edition. CABI International , UK.
4. Bybordi, A. & Malakoti, M. J. (1999*). The necessary of optimum application of fertilizer to increase yield and quality and reducing nitrate concentration in onion bulb*. Publication of Agricultural. 16 pp. (in Farsi)
5. Darabi, A. (2009). *Study of bulbing physiology in important local populations of Iranian onion in Behbahan and Karaj province.* Ph. D. Thesis. Campus of Agriculture & Natural Science. Faculty of Agriculture and Engineering, Teharan University, Iran. 162 pp. (in Farsi)
6. Dehghani, H., Ebadi, A. & Yousefi, A. (2006). Biplot analysis of genotype by environment interaction for barley yield in Iran.*Agronomy Journal*, 98, 388-393.
7. Fallconer, D. S. (1981). *Introduction to Quantitative Genetics.* (2nd ed.). Longman Press. London, UK.
8. FAO STAT. (2017). Food and Agricultural Organization, from: www.fao.org/ faostst/en/#dara/QC.
9. Fan, X. M., Kang, M. S., Chen, H., Zhang, Y., Tan, J. & Xu, C. (2007). Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, *China*. *Agronomy Journal*, 99, 220-228.
10. Fattahi, F. & Yossefi, A. (2006). Evaluation of yield stability of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) using repeatable stability parameters and pattern analysis of AMMI model. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 37, 317-326. (in Farsi)
11. Gauch, H. G. (2006). Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Science*, 46, 1488-1500.
12. Golani, J. I., Vaddoria, M. I., Metha, D. R., Naliyadhara, M. V. & Dobariya, K. L. (2005). Genotype × environment interaction and stability analysis in red onion (*Allium cepa* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 39(4), 307-309.
13. Jalata, Z. (2011). GGE biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*HordeumVulgare* L.) genotype in southeaster Ethiopia. *Plant breeding and genetics*, 5(1), 57-59.
14. Khar, A., Ashadevi, A., Mahajan, V. & Lawande, K. E. (2007).Stability analysis of some elite onion lines in late kharif season. *Indian Journal of Horticulture*, 64(4), 415-419.
15. Kimani, P. M., Kariuki, J. W., Peters, R. & Rabinowitch, H. D. (1993). Influence of the environment on the performance of some onion cultivars in Kenya. *African Crop Science Journal*, 1(1), 15-23.
16. Koocheki, A. R., Sorkhilaleloo, B. & 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 Farsi)
17. Lin, C. S., Binns, M. R. & Lefcovitch, L. P. (1986). Stability analysis: Where do we stand? *Crop Science*, 26, 894-900.
18. Mohammadi, R., Haghparast, R., Amri, A. & Ceccarelli, S. (2010). Yield stability of rainfed durum wheat and GGE biplot analysis of multi-environment trials. *Crop and Pasture Science*, 61, 92-101.
19. Mohammadi, R., Armion, M., Zadehhassan, E., Ahmadi, M. M. & Sadeghzadehahri, D. (2012). Genotype × environment interaction for grain yield of rainfed durum wheat using GGE biplot. *Seed and Plant Improvement Journal*, 28(3), 503-517. (in Farsi)
20. Mostefavi, K., mohammadi, A., Khodarahmi, M., Zabet, M. & Zare, M. (2011). Yield response of commercial canola cultivar to different location using graphic GGE biplot method. *Iranin Journal of Agronomy and plant breeding*, 8 (4), 133-143. (in Farsi)
21. MSTATC. (1983). Department of Crop and Soil Science. Mishigan State University.
22. Perkins, J. M. & Jinks, J. L. (1971). Environmental and genotype environment components of variability. III. Multiple line and crosses. *Heredity*, 23, 339-356.
23. Pham, H. N. & Kang, M. S. (1988). Interrelationships among and repeatability of several stability statistics estimated from international maize trials. *Crop Science*, 28, 925-928.
24. Pourdad, S. S. & Moghaddam, M. J. (2013). Study on genotype × environment interaction through GGE biplot for seed yield in spring rapeseed (*Brassica napus* L.) in rain–fed condition. *Journal of Crop Breeding*, 5 (12), 1-14. (in Farsi)
25. Rai, N. & Yadav, D. S. (2005). *Advances in Vegetable Production. Research*. Book Center. New Delhi. India.
26. Roy, D. (2000). *Plant breeding analysis and exploitation of variation*. Alpha Science International Ltd., UK.

www.SID.ir

Archive of SID

27. Sabaghnia, N., Dehghani, H. & Sabaghpour, S. H. (2008). Graphical analysis of genotype by environment interaction for lentil yield in Iran. *Agronomy Journa*l, 100, 760-764.
28. Sayad, S., Khodarahmi, M., Hamidreza Nikkhah, H. R., SorkhiLaleloo, B., Tajali, H., Taheri, M., Hasani, F. & Mahlooji, M. (2014). Evaluation of yield stability of barley genotypes using GGE-biplot method. *Applied Crop Breeding*, 2 (1), 47-58. (in Farsi)
29. Sing Batth, G., Kumar, H., Gupta, V. & Singh Bahar, P. (2013). GGE biplot analysis for characterization of garlic (*Alliumsativum* L.) germplasm based on agro-morphological traits. *International Journal of plant Breeding*, 7 (2), 106-110.
30. Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. & Szlavnics, Z. (2000). Genotype evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Science*, 40, 597-605.
31. Yan, W. & Hunt, L. A. (2002). Biplot analysis of diallel data. *Crop Science*, 42, 21-30.
32. Yan, W. & Kang, M. S. (2003). *GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists.* CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
33. Yan, W. & Tinker, N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 86, 623-645.
34. Yan, W., Baoluo, M., Sheila, M. & Paul, W. (2007). GGE biplot vs. Ammi analysis of genotype-by-environment data. *Crop Science*, 47, 643-653.

www.SID.ir