



شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی در ژرم پلاسما برنج خارجی با استفاده از تکنیک گرافیکی GGE biplot در شرایط غرقاب و تنش خشکی

حال بی بی بادپردست^۱، سید یحیی صالحی لیسار^۲، حسین صبوری^۳، علی موافقی^۴، ابراهیم غلامعلی پور علمداری^۵

۱. دانشجوی دکتری دانشکده علوم پایه، دانشگاه تبریز

۲. دانشیار دانشکده علوم پایه، دانشگاه تبریز

۳. دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس

۴. استاد دانشکده علوم پایه، دانشگاه تبریز

۵. استادیار دانشگاه گنبدکاووس

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۱۷

چکیده

خشکی یکی از تنش‌های محیطی است که رشد، نمو و عملکرد برنج را محدود می‌سازد. پیچیدگی روابط بین صفات از مسائلی است که فرآیند اصلاح واریته‌های متحمل به تنش خشکی را مشکل می‌نماید. امروزه از تکنیک‌های گرافیکی جدیدی برای بررسی اثر صفات با در نظر گرفتن اثرات متقابل آن‌ها استفاده می‌شود یکی از این روش‌ها GGE biplot است. این تحقیق برای بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات زراعی و مورفولوژیکی ۲۶۳ ژنوتیپ برنج بر اساس طرح لاتیس در دو شرایط بدون تنش و تنش آبی در طول فصل زراعی سال ۱۳۹۴ انجام شد. داده‌ها با روش آماری تجزیه واریانس و GGE biplot مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سه عامل محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل محیط × ژنوتیپ در اکثر صفات مورد بررسی بسیار معنی‌دار بود. تجزیه GGE biplot نیز نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی عملکرد دانه رابطه مثبتی با وزن دانه پر، تعداد دانه پر، وزن خوشه اصلی، وزن کل خوشه‌ها، قطر ساقه، تعداد خوشه‌چه ثانویه، تعداد خوشه‌چه اولیه، بیوماس، شاخص برداشت و باروری داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین اکثر صفات نشان می‌دهد که یکی از این صفات می‌تواند به عنوان معیار انتخاب مورد استفاده قرار گیرد. ژنوتیپ HHZ 10-DT5-LII در شرایط بدون تنش با دارا بودن بالاترین میزان عملکرد دانه (۱۴۶/۶۹ گرم)، دانه پر (۲۲۴/۸۳)، وزن دانه پر (۴/۶۶ گرم) و شاخص برداشت (۱/۲۵) برترین ژنوتیپ در این محیط بود و ژنوتیپ HHZ 18-Y3-Y1-Y1 با بالاترین میزان وزن کل خوشه‌ها (۴۶/۵ گرم)، وزن خوشه اصلی (۳/۸۰ گرم)، تعداد دانه پر (۲۰۷/۵) و وزن دانه پر (۳/۴۲ گرم) و عملکرد (۷۱/۸۲ گرم) به عنوان ژنوتیپ متحمل شناسایی شد. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در برنامه‌های اصلاحی برای بهبود تحمل به تنش خشکی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: برنج، تجزیه GGE biplot، تنش خشکی، تنوع ژنتیکی

مقدمه

تغذیه‌ای جهان کمک کند (Dixit et al., 2014, Hall and Richards; 2013). عوامل متعددی بر میزان بهره‌وری کشت برنج تأثیر می‌گذارند، تنش‌های زیستی و محیطی از آن جمله هستند، در بین تنش‌های مختلف محیطی خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد برنج به‌ویژه در مناطقی که با کمبود منابع آبی مواجه هستند، می‌باشد

برنج غذای اصلی نصف جمعیت جهان و قوت غالب مردم آسیا بوده و تقریباً ۳۰ تا ۶۰ درصد کالری مصرف‌شده در این مناطق را تأمین می‌کند (Fischer et al., 2012; Rahimi et al., 2013; Rohman et al., 2014). از این رو پرورش و توسعه واریته‌هایی با عملکرد بالا می‌تواند تا حدی از اثرات کمبود منابع طبیعی و کشاورزی کم کرده و به بهبود وضعیت

به‌نژادی می‌باشد. برای کسب حداکثر بازدهی از پروسه به‌نژادی، به‌نژادگران باید قدرت شناسایی ترکیبی از صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی که به‌طور مثبتی عملکرد دانه را بهبود می‌بخشند را دارا باشند (Obisesan, 2004). روابط بین صفات نیز بر انتخاب و غربالگری ژنوتیپ‌ها مؤثر هستند (Sabaghnia et al., 2016). اگر تمام صفات همبستگی مثبت با یکدیگر داشته باشند یا اینکه وراثت مستقلی داشته باشند انتخاب آسان خواهد بود ولی همبستگی قوی و منفی بین صفات از مواردی است که باید مدنظر قرار گیرد تا انتخاب برای یک صفت موجب از دست رفتن صفات دیگر یا حذف اثرات مثبت بر صفت مدنظر نگردد (Kamrani, 2015; Koutis et al., 2012).

اگرچه GGE biplot در آغاز برای تجزیه داده‌های حاصل از چند محیط به وجود آمد (Farias et al., 2016)، ولی می‌توان از آن برای کلیه جدول‌های دوطرفه که دارای ساختار ورودی در تستر هستند مثل جدول دوطرفه ژنوتیپ در صفت نیز استفاده کرد (Sabaghnia, 2014; Odewale et al., 2014). تنها تفاوت آن است که صفات مختلف دارای واحدهای مختلف هستند و قبل از تجزیه توسط بای‌پلات از طریق استاندارد کردن، واحد صفات را باید از بین برد (Rubio et al 2004, Odewale et al., 2014). تجزیه بای-پلات مزایایی ویژه‌ای دارد: اول اینکه اطلاعات مفیدی در مورد سودمندی ارقام و ژنوتیپ‌ها در اختیار ما قرار می‌دهد. دوم اینکه این تجزیه نه‌تنها راه را برای تشخیص صفات کم‌اهمیت‌تر هموار می‌سازد بلکه به شناسایی صفاتی که مناسب انتخاب غیرمستقیم هستند نیز کمک می‌نماید و درنهایت نیز یک نمودار بصری از روابط بین صفات ارائه می‌دهد (Yan and Kamrani 2015; Farshadfar et al., 2015). GGE biplot برای شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار با عملکرد بالا در گیاهانی مثل برنج، جو، گندم، ذرت و عدس توسط محققین مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است (Sharifi et al., 2013; Allahgholipour, 2016; Mohaddesi et al., 2017; Samonte et al., 2005; Deghani et al., 2006; Morris et al., 2004; Safari, 2006; Dolatabad et al., 2010; Sabaghnia et al., 2006). روش بای‌پلات برای بررسی روابط بین صفات و ارزیابی ژنوتیپ‌ها در گیاهانی مثل لوبیا چشم‌بلبلی، گندم، برنج، پنبه و در گیاه دارویی ترمس (*Lupinus albus* L.) مورد استفاده قرار گرفته است (Oladejo et al., 2011; Akcura, 2011; Samonte et al., 2013; Sharifi et al., 2013;

Suzuki et al., 2014; Abd El-Maksoudi et al., 2013); به‌عبارت‌دیگر، حساسیت بالای این گیاه حتی به دوره‌های کوتاه‌مدت کمبود آب مسئله‌ای است که کشاورزان با آن دست به‌گریبان هستند (Rahimi et al., 2013; Ansari et al., 2015).

امروزه بهبود تحمل گیاهان به کم‌آبی یکی از اهداف مهم دانشمندان در حوزه‌های مختلف علوم گیاهی است (Kamoshita et al., 2009; Mohanty et al., 2013). ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی می‌تواند دانش و آگاهی ما را در مورد خصوصیات و صفاتی که در تحمل به تنش کم‌آبی مؤثر هستند افزایش دهد (Aghaei et al., 2017). تحمل به تنش خشکی پیچیده بوده و تحت کنترل ژن‌های مختلف است (Wang et al., 2013). وراثت‌پذیری پایین صفات مرتبط با تحمل به تنش خشکی و تحت تأثیر عوامل محیطی بودن این صفات از مسائلی است که به‌نژادگران با آن مواجه هستند (Kirigwi et al., 2004). یک ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی باید عملکرد بالا و پایدار در سطوح مختلف خشکی داشته باشد (Ahmad et al., 2011).

اثر متقابل ژنوتیپ در محیط برای به‌نژادگران دارای اهمیت ویژه‌ای است و یکی از مسائل پیچیده به‌نژادی برای تعیین ژنوتیپ‌های پر محصول به شمار می‌رود. با آگاهی از این اثر می‌توان ژنوتیپ‌ها را با دقت بیشتری ارزیابی نمود و ژنوتیپ‌های برتر از نظر پایداری و عملکرد را انتخاب نمود. روش‌های مختلفی برای سنجش اثر متقابل ژنوتیپ × محیط و تعیین ژنوتیپ‌های پایدار ارائه شده است که شامل روش‌های پارامتری تک متغیره، چند متغیره و نا پارامتری است. هرچند استفاده از روش‌های پارامتری تک متغیره و نا پارامتری آسان است، اما این روش‌ها به‌خوبی نمی‌توانند ماهیت پیچیده و چندبعدی اثر متقابل را تفسیر نمایند از این رو روش‌های چند متغیره برای رفع این مشکل پیشنهاد شده است (Gauch, 1988, Zobel et al., 1988, Moreno-Gonzalez et al., 2004). روش جدید GGE بای‌پلات (Yan et al., 2000) با استفاده از ویژگی‌های نمودار بای‌پلات (Gabriel, 1971) و روش چند متغیره تجزیه به مؤلفه‌های اصلی معرفی شد در این روش، GGE بای‌پلات، از منابع تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط استفاده می‌شود تا بتوان نتایج قابل‌اعتمادی را به دست آورد (Allahgholipour, 2016). بهبود عملکرد گیاه مهم‌ترین هدف اصلاحی در برنامه‌های

صفات به آزمایشگاه منتقل گردید و ۲۳ صفت مورفولوژیک؛ تعداد روز از کشت تا گلدهی و رسیدگی، بیوماس، ارتفاع گیاه، تعداد پنجه بارور، تعداد پنجه کل، طول و عرض برگ پرچم، طول خروج از غلاف، قطر ساقه، طول خوشه اصلی، وزن کل خوشه‌ها، وزن خوشه اصلی، وزن کل ساقه، وزن دانه‌های پر، وزن دانه‌های پوک، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، تعداد خوشه‌چه اولیه، تعداد خوشه‌چه ثانویه و به‌منظور تعیین کد حساس و متحمل میزان لوله شدن برگ‌ها نیز بر اساس دستورالعمل استاندارد ارزیابی صفات برنج (SES, 2013) اندازه‌گیری و ثبت گردیدند. شاخص لوله شدن بر اساس دستورالعمل SES عبارت بود از صفر (برگ‌ها سالم)، ۱ (V شکل خفیف)، ۳ (V شکل عمیق)، ۵ (به‌طور کامل U شکل)، ۷ (لبه‌های برگ به هم رسیده یا برگ به شکل مدور (O) شده باشد)، ۹ (برگ‌ها به‌طور کامل لوله شده). داده‌های حاصل از این بررسی با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 و GGE biplot (Yan, 2001) مورد بررسی قرار گرفتند. برای رسم نمودارهای بای‌پلات مربوط به پایداری ژنوتیپ‌ها، از میانگین عملکرد دانه در داده‌های دوطرفه ژنوتیپ × محیط و برای ارزیابی روابط بین صفات از داده‌های دوطرفه ژنوتیپ × صفت استفاده گردید. رابطه مورد استفاده برای روش بای‌پلات براساس تجزیه به مقادیر منفرد^۱ به‌صورت زیر بودند:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum \lambda_i \xi_{i1} \eta_{1j} + \varepsilon_{ij} \quad [1]$$

در این رابطه Y_{ij} میانگین ژنوتیپ i م در محیط j ام، μ میانگین کل، β_j اثر اصلی محیط j ام، λ_i مقادیر منفرد برای مؤلفه اصلی ۱ ($1, 2 = 1$)، η_{1j} بردار ویژه محیط j م برای مؤلفه اصلی ۱م و ε_{ij} باقیمانده مدل است؛ به‌عبارت‌دیگر این روش نوعی تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای مجموع اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط است که در آن از راهبرد تجزیه به مقادیر منفرد استفاده می‌شود. داده‌های منتج از ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها به‌صورت یک ماتریس دوطرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقادیر و بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها از روابط زیر استفاده شد:

$$\xi_{i1}^* = \lambda_i^{1/2} \xi_{i1} = (\lambda_i \xi_{i1}) \lambda_i^{1/2} \quad [2]$$

$$\eta_{j1}^* = \lambda_i^{1/2} \eta_{j1} = \eta_{j1} \lambda_i^{1/2} \quad [3]$$

Farshadfar et al., 2015; Xu et al., 2017; Atnaf et al., 2017). با توجه به نیاز آبی بالای برنج و کمبود منابع آبی پژوهش حاضر در راستای بررسی روابط بین عملکرد و صفات مورفولوژیک و فنولوژیک، مقایسه ژنوتیپ‌ها و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و پایدار با عملکرد بالا در دو شرایط (بدون تنش و تنش خشکی) به کمک ۲۳ صفت مورفولوژیک در منطقه گنبدکاووس به کمک GGE biplot طرح‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی این بررسی ۲۶۳ لاین برنج تهیه‌شده از موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) در قالب طرح بین‌المللی مشترک بین آن موسسه و دانشگاه گنبدکاووس بود (جدول ۱). لاین‌های مذکور در دو آزمایش جداگانه در قالب طرح لاتیس در دو شرایط نرمال و تنش خشکی در سه تکرار ارزیابی شد. ارقام فیروز و IR64 به‌عنوان رقم چک معرفی شده توسط موسسه IRRI به‌عنوان یک ژنوتیپ شناخته‌شده در بین ژنوتیپ‌ها موجود بودند. ابتدا لاین‌های مذکور در گلدان‌هایی کشت شدند و بعد به زمین اصلی منتقل شدند و نشاکاری انجام شد. به‌منظور ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌گیری از خاک مزرعه انجام شد و به آزمایشگاه خاک‌شناسی شهرستان کلاله منتقل گردید (جدول ۲). هرکدام از ۲۶۳ لاین با فاصله بین و روی ردیف ۲۵ سانتیمتر در مساحت ۲ و ۲۵ مترمربع کشت شدند. آبیاری در شرایط بدون تنش به‌صورت غرقاب در طول دوره رشد ژنوتیپ‌ها انجام شد، اما در محیط تنش آبیاری مزرعه از ۴۰ روز پس از نشاکاری (مرحله با حداکثر پنجه‌زنی) به‌منظور اعمال تنش آبیاری قطع شد و بعد از ۴۰ روز به فاصله ۱۵ روز آبیاری انجام شد، پس از ۱۵ روز از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و وزن خشک و تر آن گرفته شد و رطوبت وزنی آن اندازه‌گیری شد و با توجه به منحنی رطوبتی خاک مزرعه برحسب بار تخمین زده شد که در مرحله اول پتانسیل آب خاک مزرعه ۱۵ بار و در مرحله دوم پتانسیل آب خاک ۲۵ بار بود. برای جلوگیری از نفوذ آب از حاشیه مزرعه، فاصله بین آزمایش‌ها دو متر در نظر گرفته شد و پوشش پلاستیکی مانع از نفوذ آب گردید.

از ۵۰ بوته موجود، بعد از رسیدگی کامل ۱۰ بوته از هر لاین با رعایت اثر حاشیه برداشت شد و برای اندازه‌گیری

¹ Singular value decomposition

جدول ۱. نام، منشأ و شماره ژنوتیپ‌های استفاده‌شده در این بررسی

Table 1. Genotypes name, origin and numbers of rice genotypes used in the experiment

شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشأ Origin	شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشأ Origin	شماره No.	نام ژنوتیپ Genotype name	منشأ Origin
1	BHS 519	Indonesia	66	HHZ 1-DT7-LI2-LI1	IRRI	125	IR14L247	IRRI
2	BHS 825	Indonesia	67	HHZ 21-DT7-Y1-Y1	IRRI	126	IR14L258	IRRI
3	BHS 826	Indonesia	68	HHZ 21-SAL13-Y1-Y1	IRRI	127	IR14L260	IRRI
4	BP 10620 F-BB 4-17-BB 8	Indonesia	69	HHZ 21-Y4-Y2-Y1	IRRI	128	IR14L256	IRRI
5	BP 11820-5F-KN-10-2	Indonesia	70	HHZ 22-Y3-DT1-Y1	IRRI	129	IR14L248	IRRI
6	BP 12342-5F-8-KN-2	Indonesia	71	HHZ 23-DT16-DT1-DT1	IRRI	131	IR14L121	IRRI
7	BP 12600F-KN-4-1	Indonesia	66	HHZ 1-DT7-LI2-LI1	IRRI	132	IR14L153	IRRI
8	BP 12816F-KN-7-1	Indonesia	67	HHZ 21-DT7-Y1-Y1	IRRI	133	IR14L160	IRRI
9	BP 16732E-6	Indonesia	68	HHZ 21-SAL13-Y1-Y1	IRRI	134	IR14L137	IRRI
10	HHZ 10-DT7-Y1	IRRI	69	HHZ 21-Y4-Y2-Y1	IRRI	135	IR13L268	IRRI
11	HHZ 14-SAL10-DT1-DT1	IRRI	70	HHZ 22-Y3-DT1-Y1	IRRI	137	IR13L337	IRRI
12	HHZ 14-SAL13-LI2-DT1	IRRI	71	HHZ 23-DT16-DT1-DT1	IRRI	138	IR12L380	IRRI
13	HHZ 14-SAL19-Y1	IRRI	72	HHZ 24-DT11-LI1-LI1	IRRI	140	IR14L262	IRRI
14	HHZ 1-DT3-Y1-Y1	IRRI	73	HHZ 26-SAL12-Y1-Y1	IRRI	141	IR14L271	IRRI
15	HHZ 23-DT16-DT1-DT1	IRRI	74	HHZ 2-SUB2-DT1-DT1	IRRI	143	IR14L270	IRRI
16	HHZ 24-DT11-LI1-LI1	IRRI	76	HHZ 3-SAL13-Y2-DT1	IRRI	146	IR13F228	IRRI
18	HHZ 3-SAL6-Y1-Y1	IRRI	77	HHZ 3-SAL4-Y1-Y1	IRRI	148	IR13F270	IRRI
19	HHZ 4-SAL12-LI1-LI1	IRRI	78	HHZ 3-SAL6-Y1-Y1	IRRI	150	IR13F321	IRRI
20	HHZ 4-SAL5-Y2-Y1	IRRI	79	HHZ 4-DT3-Y1-Y1	IRRI	153	IR13F589	IRRI
21	IR04A381	IRRI	80	HHZ 4-DT6-LI2-LI1	IRRI	154	IR13F402	IRRI
22	IR09N542	IRRI	81	HHZ 4-SAL12-LI1-LI1	IRRI	156	IRRI 132	IRRI
23	IR 10A270	IRRI	82	HHZ 4-SAL5-LI1-LI1	IRRI	160	B11598C-TB-2-1-B-7	Indonesia
24	IR 10F379	IRRI	83	HHZ 4-SAL5-Y2-Y1	IRRI	161	IR12L353	IRRI
25	IR 10N276	IRRI	84	HHZ 6-DT1-LI1-LI1	IRRI	162	IR12L356	IRRI
26	IR 11A106	IRRI	85	IRRI 104	IRRI	163	IR12L357	IRRI
27	IR 11A151	IRRI	86	IRRI 146	IRRI	164	IR12L369	IRRI
28	IR 11A257	IRRI	87	IRRI 154	IRRI	165	IR13L114	IRRI
29	IR 11A293	IRRI	88	HHZ 10-DT5-LI1-LI1	IRRI	166	IR13L118	IRRI
30	IR 11A302	IRRI	89	HHZ 10-DT8-DT1-DT1	IRRI	167	IR13L137	IRRI
31	IR 11A410	IRRI	90	HHZ 14-SAL19-Y1	IRRI	169	IR13L382	IRRI
33	IR 11A479	IRRI	91	HHZ 15-DT7-SAL2	IRRI	171	IR13L397	IRRI
34	IR 11A501	IRRI	92	HHZ 15-SAL13-Y1	IRRI	172	IR13L400	IRRI
35	IR 11A534	IRRI	93	HHZ 15-SAL13-Y3	IRRI	173	IR13L406	IRRI
36	IR 11N169	IRRI	94	HHZ 16-SAL13-LI1-LI1	IRRI	174	IR13L413	IRRI
37	IR 11N187	IRRI	95	HHZ 18-Y3-Y1-Y1	IRRI	175	IR14L177	IRRI
38	IR 11N304	IRRI	96	HHZ 1-DT3-Y1-Y1	IRRI	176	IR14L235	IRRI
39	IR 11N313	IRRI	97	HHZ 1-DT4-LI1-LI1	IRRI	177	IR14L238	IRRI
40	IR 11N400	IRRI	98	HHZ 1-DT7-LI2-LI1	IRRI	178	IR14L240	IRRI
41	IR 09L226	IRRI	99	HHZ 21-DT7-Y1-Y1	IRRI	179	IRRI 132	IRRI
42	IR 11L412	IRRI	100	HHZ 21-SAL13-Y1-Y1	IRRI	180	IR 43	IRRI
43	IR12L125	IRRI	101	HHZ 21-Y4-Y2-Y1	IRRI	181	IR 60080-46A	IRRI
44	IR12L144	IRRI	102	HHZ 22-Y3-DT1-Y1	IRRI	183	IRAT 112	Ivory Coast
45	IR12L159	IRRI	103	HHZ 23-DT16-DT1-DT1	IRRI	184	NSIC Rc 192	
46	IR12L201	IRRI	105	HHZ 26-SAL12-Y1-Y1	IRRI	185	UPL RI-7	Philippines
47	IR 12L232	IRRI	106	HHZ 2-SUB2-DT1-DT1	IRRI	187	IR14T101	IRRI
48	OM 6600	Vietnam	107	HHZ 3-SAL13-Y1-SAL1	IRRI	188	IR14T103	IRRI
49	PANT DHAN 19	India	109	HHZ 3-SAL4-Y1-Y1	IRRI	189	IR14T108	IRRI
50	PR 113	India	110	HHZ 3-SAL6-Y1-Y1	IRRI	190	IR14T110	IRRI
51	PSB RC 10 (IR 50404-57-2-2-3)	Philippines	111	HHZ 4-DT3-Y1-Y1	IRRI	191	IR14T111	IRRI
52	IR 64683-87-2-2-3-3 (PSB RC 82)	Philippines	112	HHZ 4-DT6-LI2-LI1	IRRI	192	IR14T118	IRRI
53	IR 50	IRRI	113	HHZ 4-SAL12-LI1-LI1	IRRI	193	IR14T119	IRRI
54	IR 64	IRRI	114	HHZ 4-SAL5-LI1-LI1	IRRI	194	IR14T123	IRRI
55	IR 72	IRRI	115	HHZ 4-SAL5-Y2-Y1	IRRI	195	IR14T125	IRRI
56	HHZ 10-DT5-LI1-LI1	IRRI	116	HHZ 6-DT1-LI1-LI1	IRRI	196	IR14T127	IRRI
57	HHZ 10-DT8-DT1-DT1	IRRI	118	IRRI 119	IRRI	197	IR14T129	IRRI
60	HHZ 15-SAL13-Y1	IRRI	120	IR14L110	IRRI	199	IR14T131	IRRI
61	HHZ 15-SAL13-Y3	IRRI	121	IR14L116	IRRI	200	IR14T132	IRRI
62	HHZ 16-SAL13-LI1-LI1	IRRI	122	IR14L101	IRRI	201	IR12T125	IRRI
63	HHZ 18-Y3-Y1-Y1	IRRI	123	IR14L103	IRRI	203	IR12T254	IRRI
64	HHZ 1-DT3-Y1-Y1	IRRI	124	IR13L188	IRRI	204	IR12T133	IRRI

Table 1. Continue

جدول ۱. ادامه

شماره	نام ژنوتیپ	منشأ	شماره	نام ژنوتیپ	منشأ	شماره	نام ژنوتیپ	منشأ
No.	Genotype name	Origin	No.	Genotype name	Origin	No.	Genotype name	Origin
205	IR12T260	IRRI	244	IRBLK-KU[CO]	IRRI	277	IR 11A410	IRRI
206	IR12T198	IRRI	245	IRBLKM-TS[CO]	IRRI	278	IR 11A479	IRRI
209	IR11T185	IRRI	247	IRBLKS-CO[CO]	IRRI	280	IR 11A501	IRRI
210	IR11T200	IRRI	250	IRBLSH-S[CO]	IRRI	281	IR 11A506	IRRI
211	IR11T210	IRRI	251	IRBLTA2-IR64[CO]	IRRI	282	IR 11A511	IRRI
212	IR11T219	IRRI	252	IRBLTA-ME[CO]	IRRI	286	IR 11N121	IRRI
213	IR11T220	IRRI	253	IRBLT-K59	IRRI	287	IR 11N137	IRRI
214	IR12T148	IRRI	255	IRBLZ5-CA[CO]	IRRI	288	IR 11N169	IRRI
215	IR12T246	IRRI	256	IRBLZT-IR56[CO]	IRRI	289	IR 11N239	IRRI
216	IR11T257	IRRI	257	CT 18614-4-1-2-3-2	CIAT	290	IR 11N313	IRRI
217	IR11T258	IRRI	258	IR 04A216	IRRI	291	IR12L201	IRRI
218	IR12T122	IRRI	259	IR 05A272	IRRI	292	SAKHA 105	Egypt
220	CSR 28	India	260	IR06A145	IRRI	293	B 40	Indonesia
221	CSR 90IR-2	India	261	IR 09L204	IRRI	296	IR1552	IRRI
222	IR 28	IRRI	262	IR08L216	IRRI	299	IR 11C123	IRRI
223	IR45427-2B-2-2B-1-1	IRRI	263	IR 09N127	IRRI	300	IR 11C186	IRRI
224	IR55179-3B-11-3	IRRI	264	IR 09L324	IRRI	301	IR 11C202	IRRI
225	IR58443-6B-10-3	IRRI	266	IR09N516	IRRI	302	IR 11C206	IRRI
226	IR63307-4B-4-3	IRRI	267	IR 09N251	IRRI	303	IR 11C208	IRRI
227	IR66946-3R-178-1-1	IRRI	268	IR 10A227	IRRI	304	IR 11C214	IRRI
228	IR71896-3R-8-3-1	IRRI	269	IR10A121	IRRI	305	IR 11C219	IRRI
230	NSIC Rc 222	Indonesia	270	IR 10A199	IRRI	306	IR 11C221	IRRI
236	IRBL5-M[CO]	IRRI	271	IR10A231	IRRI	307	IR 11C228	IRRI
237	IRBL7-M[CO]	IRRI	272	IR 10A237	IRRI	308	IR 10C172	IRRI
239	IRBLa-C	IRRI	273	IR 10A314	IRRI	309	HHZ-5-DT20-DT2-DT1	IRRI
240	IRBLB-IT13[CO]	IRRI	274	IR 10F221	IRRI	310	IR 83142-B-36-B	IRRI
241	IRBLI-F5	IRRI	275	IR 10L185	IRRI	311	Firooz (Acc 39261)	Iran
242	IRBLKH-K3[CO]	IRRI	276	IR10L139	IRRI	312	IR64197-3B-15-2	IRRI

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2. Physical and Chemical Properties of soil at the test Site

مشخصه	Characteristi	مقدار (content)
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	Electric conductivity (dSm ⁻¹)	2
pH	pH	7.6
مواد خنثی شونده (درصد)	Neutralizing agents (%)	10.5
کربن آلی (درصد)	Organic carbon (%)	0.84
نیتروژن کل (درصد)	Total nitrogen (%)	0.08
فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	absorbable Phosphorus (ppm)	16.4
پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	absorbable potassium (ppm)	195
سیلت (درصد)	Si (%)	35
رس (درصد)	C (%)	54
لوم	L (%)	11
درصد رطوبت اشباع	Saturated moisture (%)	48.5
آهن	Fe (ppm)	4
منگنز	Mn (ppm)	17.8
روی	Zn (ppm)	0.7
مس	Cu (ppm)	2

عملکرد و اکثر صفات موردبررسی شده است. وجود اثر معنی‌دار ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط برای عملکرد دانه در برنج توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Mohaddesi et al., 2017; Mostafavi et al., 2014).

مقایسه ژنوتیپ‌ها برای صفت نمره لوله شدن برگ نشان داد که در حالت بدون تنش لوله شدن برگ رخ نداد، ولی در شرایط تنش خشکی بسته به حساسیت ژنوتیپ به تنش خشکی، نمره لوله شدن برگ افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین رتبه (رتبه ۷) مربوط به ژنوتیپ‌های ۴۲، ۴۴، ۱۵۴، ۱۹۴ و ۱۹۹ تعلق داشت و کم‌ترین رتبه را ژنوتیپ‌های ۱۸، ۶۳، ۶۶، ۷۷، ۸۸، ۹۸، ۱۰۰، ۱۰۲، ۱۰۵، ۱۰۷، ۱۱۵، ۱۶۷، ۲۳۷، ۳۱۰ و ۳۱۲ دارا بودند. ارقام شاهد فیروز و IR64 رتبه ۳ را داشتند. افزایش میزان لوله شدن برگ در طی تنش خشکی در برنج توسط محققین مختلفی گزارش شده است (Zinolabedin et al., Salehifar et al., 2014, 2008).

در گونه‌های غلات یکسری سلول‌های بزرگ اپیدرمی، به نام سلول‌های بالیفورم یا بادکنکی کشیده وجود دارند که باعث لوله شدن برگ در گیاهانی مثل برنج، گندم و ذرت می‌گردند (Kadioglu and Terzi, 2007). در اثر کمبود آب در طی تنش خشکی فشار آماس در سلول‌های بالیفورم کاهش یافته و در نتیجه این سلول‌ها منقبض شده و برگ لوله می‌شود (Alvarez et al., 2008). لوله شدن برگ در شرایط تنش کم‌آبی یک مکانیسم سازگار کننده جهت جلوگیری از بروز کمبود آب در بافت‌های گیاه به حساب می‌آید؛ بنابراین تنش خشکی باعث افزایش میزان لوله شدن برگ می‌گردد بین لوله شدن برگ و عملکرد گیاه همبستگی منفی وجود دارد (Salehifar et al., 2014).

یکی از جنبه‌های بای‌پلات نمایش چندضلعی (پلی‌گون) اثر متقابل ژنوتیپ در صفت است. چندضلعی حاصل از GGE biplot بهترین راه برای تجسم الگوی تعامل بین ژنوتیپ‌ها و صفات است. دو مؤلفه اصلی که اساس تجزیه بای‌پلات را تشکیل می‌دهد، از تطبیق جدول ژنوتیپ استاندارد شده توسط صفات به دست می‌آید. برای نمایش گرافیکی بهتر یک بردار بین مبدأ بای‌پلات و هر صفت کشیده می‌شود. بای‌پلات حاصل از تجزیه ۲۶۳ ژنوتیپ برنج با ۲۳ صفت در دو شرایط بدون تنش و تنش آبی به ترتیب ۴۱ تا ۴۶ درصد از کل تغییرات داده‌های استاندارد شده را توجیه نمود. درصد نسبتاً پایین تغییرات توجیه شده توسط GGE biplot نشان‌دهنده پیچیدگی رابطه بین صفات است (Yan and Rajcan, 2003).

مقدار منفرد برای یک مؤلفه اصلی برابر ریشه دوم مجموع مربعات توجیه شده توسط آن مؤلفه اصلی است.

بنابراین ریشه دوم مقادیر منفرد برای مؤلفه اصلی k ام بر اساس رابطه زیر به دست آمد:

$$[\lambda_1]^{1/2} = (X_{1n})^{1/4}$$

در این رابطه X_1 مقدار منفرد برای مؤلفه اصلی ۱ ام و n تعداد ژنوتیپ است. پس از مقیاس بندی متقارن بردارهای ویژه ژنوتیپ‌ها و محیط‌ها، مقادیر موردنیاز برای رسم نمودارهای بای‌پلات حاصل می‌شود (Yan and Kang, 2003). نرم‌افزار GGE بای‌پلات به‌طور خودکار تمامی این مراحل را انجام داده و نمودارهای موردنیاز را رسم می‌کند. به‌عبارت‌دیگر میانگین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های آزمایش به‌صورت یک ماتریس دوطرفه به نرم‌افزار معرفی شد. برای رسم بای‌پلات ژنوتیپ × صفت، تمامی این روابط صادق بودند و کلیه پارامترها با همان روش تعریف شدند، به‌جز اینکه کلمه محیط با صفت جایگزین شد (Yan and Kang, 2003).

نتایج و بحث

نظر به عدم معنی‌دار شدن بین تغییرات بلوک در طرح لاتیس، داده‌های آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه شدند. قبل از تجزیه واریانس مرکب آزمون یکنواختی واریانس‌ها بررسی گردید و نتیجه آزمون بار تلت معنی‌دار نشد. نتایج تجزیه واریانس مرکب بین ۲۶۳ لاین برنج در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که بین لاین‌ها در تمام صفات موردبررسی تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۳). کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفت روز تا گلدهی و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به صفت وزن دانه پوک به دست آمد.

بررسی اثر لاین و اثر متقابل لاین × شرایط کشت نیز نشان داد که در تمامی صفات اختلاف بسیار معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ نشان‌دهنده وجود تنوع کافی بین لاین‌های موردبررسی می‌باشد. معنی‌داری اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان می‌دهد که میانگین عملکرد و سایر صفات در دو شرایط کشت موردبررسی متفاوت می‌باشد. به‌گونه‌ای که اعمال تنش خشکی باوجود یکسان بودن طول روز، عوامل جغرافیایی (خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا) سبب اختلاف در میزان

درون بخش محصورشده توسط دو خط از منشأ بای پلات قرار گرفته‌اند. این نمایش گرافیکی بای پلات به شناسایی ژنوتیپ‌هایی که بالاترین ارزش‌ها را برای یک یا چند صفت دارند کمک می‌نماید (Yan and Rajcan, 2002). ژنوتیپ‌هایی که رئوس چندضلعی را در شرایط بدون تنش تشکیل دادند شماره‌های ۱۱۸، ۲۵۷، ۸۸، ۲۴۱، ۲۸۹ و ۱۵۴ بودند. ژنوتیپ ۱۱۸ تقریباً بیشترین میزان وزن کل ساقه‌ها

شکل ۱- الف و ب چندضلعی حاصل از GGE biplot است که اطلاعات مربوط به ۲۶۳ ژنوتیپ برنج را در شرایط بدون تنش و تنش به نمایش می‌گذارد. در این شکل ژنوتیپ‌هایی که بیشترین فاصله را از مرکز بای پلات دارند توسط خطوط مستقیمی به هم متصل می‌شوند و بقیه ژنوتیپ‌ها در درون پلی گون قرار می‌گیرند. ژنوتیپ‌های هر رأس چندضلعی، بهترین ژنوتیپ‌ها از نظر صفاتی هستند که

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های برنج در دو شرایط

Table 3. Combined analysis of variance for morphological traits of rice genotypes across to conditions.

Traits	صفات	S.O.V					منابع تغییر	
		شرایط کشت Planting condition (PC)	خطای اول Error (a)	لاین Line (L)	لاین × شرایط کشت PC × L	خطای دوم Error (b)	ضریب تغییرات C.V (%)	
df	درجه آزادی	1	4	262	262	1048		
Plant height	ارتفاع کل	72655.18**	28.65	650.26**	139.83**	3.39	2.3	
Fertile Tiller number	تعداد پنجه بارور	18626.53**	30.57	115.89**	32.87**	2.92	8.04	
Total Tiller number	تعداد پنجه کل	16078.18**	31.52	125.02**	45.57**	3.37	8.01	
Flag Leaf Length	طول برگ پرچم	9523.38**	35.41	95.89**	20.90**	2.68	6.67	
Flag Leaf Width	عرض برگ پرچم	9.38*	0.5	0.124**	0.039**	0.006	7.82	
Leaf area Flag	مساحت برگ پرچم	19118.78**	61.56	166.43**	46.11**	17.56	21.25	
Panicle Exsertion	طول خروج از غلاف	992.71**	0.5	18.59**	4.38**	0.07	14.19	
Shoot Diameter	قطر ساقه	354.01**	0.049	2.37**	0.78**	0.043	4.82	
Panicle Length	طول خوشه اصلی	1651.13**	4.95	20.68**	3.70**	0.79	3.96	
Total Panicle Weight	وزن کل خوشه‌ها	98642.69**	59.93	1264.69**	667.84**	24.26	14.55	
Main Panicle Weight	وزن خوشه اصلی	282.46**	0.187	4.00**	0.74**	0.021	5.85	
Total Shoot Weight	وزن کل ساقه‌ها	59935.63**	31.69	659.91**	159.62**	10.56	9.12	
Filled Grain Number	تعداد دانه پر	564631.30**	173.57	9734.01**	1347.65**	148.2	11.93	
Unfilled Grain Number	تعداد دانه پوک	12932.70**	100.06	1898.57**	998.60**	32.82	15.46	
Filled Grain Weight	وزن دانه پر	271.30**	0.2	3.48**	0.58**	0.017	6.41	
Unfilled Grain Weight	وزن دانه پوک	0.010ns	0.007	0.03**	0.017**	0.001	23.83	
Number of Primary Branching	تعداد خوشه‌چه اولیه	863.05**	69.24	11.47**	5.17**	0.79	7.65	
Number of Secondary Branche	تعداد خوشه‌چه ثانویه	28494.13**	26.64	632.27**	90.12**	8.39	12.7	
Biomass	بیوماس	120423.71**	133.65	2092.15**	1470.43**	165.37	18.46	
Day to Flowering	روز تا گلدهی	5150.95**	0.15	454.33**	38.40**	0.07	0.36	
Harvest Index	شاخص برداشت	18.65**	0.03	0.220**	0.08**	0.004	11.19	
Ggrain yield	عملکرد	388876.14**	101.47	1677.38**	515.09**	22.36	10.83	
Fertility	باروری	50176.58**	80.39	1094.59**	417.66**	20.37	6.3	

**, * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵ و بدون معنی.

**, * and ns significant at the level of 0.01, 0.05 and non significant

جدول ۴. میانگین نمره لوله شدن برگ ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی

Table 4. Mean of leaf rolling score of genotypes in drought stress conditions

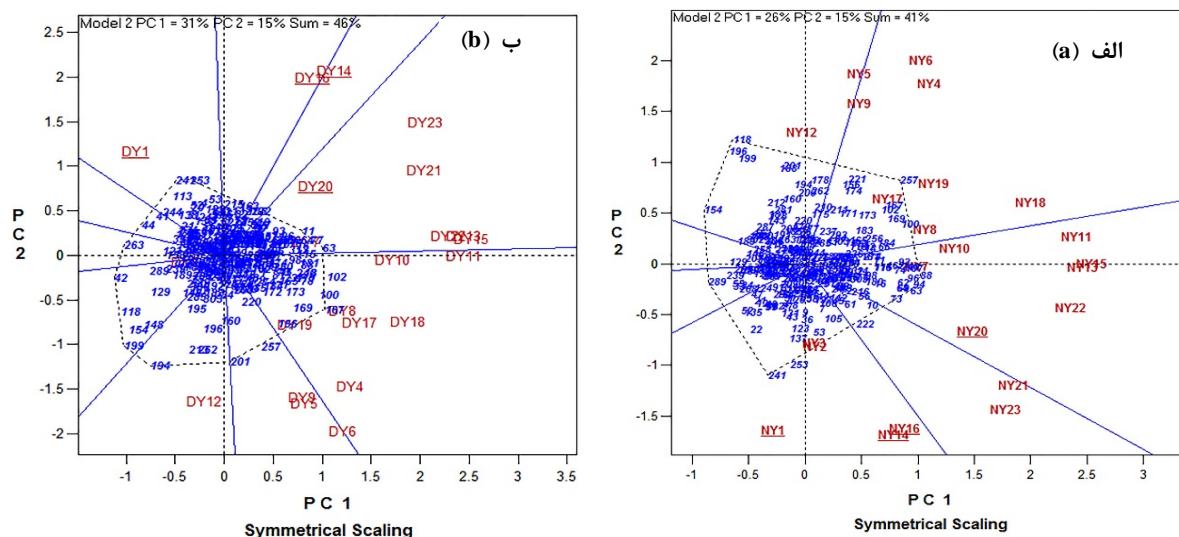
شماره ژنوتیپ		شماره ژنوتیپ		شماره ژنوتیپ		شماره ژنوتیپ		شماره ژنوتیپ	
Genotype number	امتیاز Score	Genotype number	امتیاز Score	Genotype number	امتیاز Score	Genotype number	امتیاز Score	Genotype number	امتیاز Score
1	3	56	3	115	1	188	3	256	3
2	3	57	3	116	3	189	5	257	3
3	3	60	3	118	5	190	5	258	3
4	3	61	3	120	3	191	5	259	5
5	5	62	3	121	5	192	3	260	5
6	3	63	1	122	3	193	3	261	3
7	3	64	3	123	3	194	7	262	5
8	3	66	1	124	3	195	3	263	5
9	3	67	3	125	3	196	5	264	3
10	3	68	5	126	5	197	3	266	3
11	1	69	3	127	5	199	7	267	5
12	5	70	3	128	5	200	3	268	3
13	3	71	3	129	5	201	3	269	3
14	3	72	3	131	5	203	3	270	3
15	3	73	5	132	3	204	3	271	3
16	3	74	3	133	3	205	3	272	3
18	1	76	3	134	5	206	3	273	3
19	3	77	1	135	5	207	3	274	3
20	5	78	3	137	5	208	5	275	3
21	5	79	5	138	5	209	3	276	3
22	5	80	3	140	3	210	3	277	3
23	3	81	3	141	3	211	3	278	3
24	3	82	3	143	5	212	3	280	3
25	3	83	5	146	5	213	5	281	5
26	5	84	3	148	5	214	5	282	3
27	3	85	3	150	3	215	3	283	3
28	3	86	3	153	5	216	3	284	3
29	3	87	3	154	7	217	5	285	5
30	5	88	1	156	3	218	3	286	5
31	5	89	3	160	5	220	3	287	3
33	3	90	3	161	5	221	3	288	3
34	3	91	3	162	3	222	3	289	5
35	5	92	3	163	3	223	3	290	3
36	3	93	3	164	3	224	3	291	3
37	3	94	3	165	3	225	3	292	5
38	3	95	3	166	5	226	5	293	3
39	3	96	3	167	1	227	3	296	3
40	3	97	3	169	3	228	3	299	3
41	5	98	1	171	3	230	3	300	3
42	7	99	3	172	3	236	3	301	3
43	3	100	1	173	3	237	1	302	5
44	7	101	3	174	3	239	5	303	3
45	3	102	1	175	3	240	3	304	3
46	5	103	3	176	3	241	5	305	3
47	5	105	1	177	3	242	3	306	5
48	3	106	3	178	5	244	5	307	3
49	3	107	1	179	3	245	5	308	3
50	5	109	3	180	5	247	3	309	3
51	5	110	3	181	3	250	3	310	1
52	5	111	3	183	5	251	3	311	3
53	3	112	3	184	3	252	3	312	1
54	3	113	5	185	3	253	3		
55	5	114	3	187	5	255	3		

بالاترین میزان تعداد پنجه کل (۲۹/۶۶) و تعداد پنجه بارور (۲۹/۶) را داشت. خصوصیات ذکر شده در رقم شاهد IR64 در شرایط تنش خشکی به این قرار بود: طول برگ پرچم (۲۱/۵۸ سانتیمتر)، عرض برگ پرچم (۱/۰۴ سانتیمتر)، مساحت برگ پرچم (۲۳/۲۰ سانتیمتر مربع)، قطر ساقه (۳/۸۴ میلی‌متر)، طول خوشه اصلی (۲۲/۲ سانتیمتر)، وزن کل خوشه‌ها (۳۶/۰۳ گرم)، وزن خوشه اصلی (۲/۴۵ گرم)، تعداد دانه پر (۶۷)، وزن دانه پر (۱/۵۷ گرم)، تعداد خوشه‌چه اولیه (۱۰)، تعداد خوشه‌چه ثانویه (۱۵/۶۷) و بیوماس (۷۸/۳۰ گرم). در رقم فیروز طول برگ پرچم (۲۶/۹۵ سانتیمتر)، عرض برگ پرچم (۰/۷۷ سانتیمتر)، مساحت برگ پرچم (۱۱/۴۶ سانتیمتر مربع)، قطر ساقه (۳/۶۳ میلی‌متر)، طول خوشه اصلی (۲۳/۷۵)، وزن کل خوشه‌ها (۲۷/۷۶)، وزن خوشه اصلی (۱/۸۵ گرم)، تعداد دانه پر (۸۷/۳۳)، وزن دانه پر (۱/۶۸ گرم)، تعداد خوشه‌چه اولیه (۹)، تعداد خوشه‌چه ثانویه (۱۴) و بیوماس (۷۸/۳۰) بود.

هیچ‌کدام از ژنوتیپ‌های شاهد، فیروز و IR64 در هر دو شرایط جزو ژنوتیپ‌های شاخص نبودند باوجودی که این پیش‌بینی‌ها ممکن است دقیقه بازتاب تمام اعداد مشاهده شده نباشد، ولی می‌تواند در پیش‌بینی یک یا چند صفت از بین سایر ژنوتیپ‌ها مورداستفاده قرار گیرد (Yan and Fregeau-Reid, 2008). در تجزیه و تحلیل برهمکنش ژنوتیپ در صفت، رقمی ایده آل تعریف می‌شود که چندین صفت خوب را در ترکیب ژنتیکی خود باهم داشته باشد (Badu-Apraku and Akinwale, 2011)؛ بنابراین ژنوتیپ‌های شاخصی مثل ۸۸ و ۶۳ به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش خشکی که چندین صفت خوب را هم‌زمان دارا می‌باشند می‌توانند در برنامه اصلاحی به‌عنوان والدین در توسعه واریته‌ها، هیبریدها و جمعیت‌هایی که دارای صفات شاخص مدنظر هستند مورداستفاده قرار گیرند.

GGE biplot برای بررسی و نمایش گرافیکی روابط بین صفات نیز مورداستفاده قرار می‌گیرد. این امر شناسایی صفاتی را که می‌توانند برای انتخاب غیرمستقیم مورداستفاده قرار گیرند را تسهیل می‌نماید. بای‌پلات روابط ۲۶۳ ژنوتیپ برنج را با ۲۳ صفت نیز به نمایش گذاشت و پروفایل صفی ژنوتیپ‌ها را به ما نشان داد، به‌خصوص آن گروه از ژنوتیپ‌هایی که از مبدأ بای‌پلات دورتر بودند. همان‌گونه که در شکل ۲-الف و ۲-ب نشان داده شده است در شرایط بدون

(۹۰/۶۸ گرم)، عرض برگ پرچم (۱/۴۷) و طول خوشه اصلی (۲۴/۶ سانتیمتر) را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ ۲۵۷ بالاترین میزان را برای قطر ساقه (۶/۴۵ سانتیمتر)، مساحت برگ پرچم (۳۵ سانتیمتر مربع)، طول برگ پرچم (۳۳/۳۴ سانتیمتر)، تعداد خوشه‌چه اولیه (۱۵/۶۷) داشت. ژنوتیپ ۸۸ بالاترین میزان عملکرد دانه (۱۴۶/۶۹ گرم در مترمربع)، تعداد دانه پر (۲۲۴/۸۳)، وزن دانه پر (۴/۶۶ گرم) و شاخص برداشت (۱/۲۵) را داشت. ژنوتیپ ۲۴۱ بیشترین میزان تعداد پنجه کل (۳۹) و بارور (۳۶/۶۷) را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ ۱۵۴ پایین‌ترین میزان عملکرد (۱۱/۰۰۵ گرم در مترمربع) را داشت. ژنوتیپ ۲۸۹ تنها رأسی بود که هیچ صفت شاخصی در بخش مربوط به آن قرار نداشت که نشان‌دهنده این است که از نظر هیچ‌کدام از صفات موردبررسی در مقایسه با سایر لاین‌ها دارای برجستگی نبود. ژنوتیپ IR64 این ویژگی‌ها را در شرایط بدون تنش داشت: وزن کل ساقه‌ها (۵۲/۵۱ گرم)، عرض برگ پرچم (۱/۲ سانتیمتر)، قطر ساقه (۴/۴۹ میلی‌متر)، طول برگ پرچم (۲۵/۷۶ سانتیمتر)، تعداد خوشه‌چه اولیه (۱۲)، عملکرد (۶۲/۹۵ گرم در مترمربع)، تعداد دانه پر (۹۵)، وزن دانه پر (۲/۲۰ گرم)، تعداد پنجه کل (۳۰/۶۶) و تعداد پنجه بارور (۲۸/۶۶). خصوصیات ژنوتیپ فیروز در این شرایط بدین صورت بود: وزن کل ساقه‌ها (۶۸/۰۴ گرم)، عرض برگ پرچم (۰/۹۵ سانتیمتر)، قطر ساقه (۵/۲۰ میلی‌متر)، مساحت برگ پرچم (۱۵/۴۸ سانتیمتر مربع)، طول برگ پرچم (۲۹/۵ سانتیمتر)، تعداد خوشه‌چه اولیه (۱۰)، عملکرد (۶۹/۴۴ گرم در مترمربع)، تعداد دانه پر (۱۲۲/۶۶)، وزن دانه پر (۲/۲۴ گرم)، تعداد پنجه کل (۳۴) و تعداد پنجه بارور آن (۳۱) بود. ژنوتیپ‌های شاخص در شرایط تنش خشکی ۶۳، ۱۶۷، ۲۰۱، ۱۹۴، ۱۹۹، ۴۲ و ۲۶۳ بودند. ژنوتیپ ۶۳ بالاترین میزان وزن کل خوشه‌ها (۴۶/۵ گرم)، وزن خوشه اصلی (۳/۸۰ گرم)، تعداد دانه پر (۲۰۷/۵) و وزن دانه پر (۳/۴۲ گرم) را داشت. در صورتی که ژنوتیپ ۱۶۷ بالاترین میزان طول برگ پرچم (۳۳/۷ سانتیمتر)، بیوماس (۱۰۵/۸۲ گرم)، قطر ساقه (۴/۷۰ میلی‌متر)، تعداد خوشه‌چه اولیه (۱۲) و تعداد خوشه‌چه ثانویه (۳۲) را داشت. ژنوتیپ ۲۰۱ نیز بالاترین میزان عرض برگ پرچم (۱/۳ سانتیمتر)، مساحت برگ پرچم (۲۴/۲۳ سانتیمتر مربع)، طول خوشه اصلی را دارا بود. ژنوتیپ ۱۹۴ بالاترین میزان وزن کل ساقه‌ها (۶۰/۰۷ گرم) را به خود اختصاص داد. ژنوتیپ ۱۹۹ از نظر هیچ‌کدام از صفات موردبررسی دارای برجستگی نبود. ژنوتیپ ۲۶۳



شکل ۱. نمودار چندضلعی بای پلات ژنوتیپ در صفت که نشان می‌دهد کدام واریته دارای بیشترین مقدار برای کدام صفت است. شکل‌های الف و ب- به ترتیب مربوط به محیط بدون تنش و تنش خشکی هستند. N و D به ترتیب نشان‌دهنده صفت به ترتیب در محیط غرقاب و تنش خشکی است، ارتفاع بوته (Y1)، تعداد پنجه بارور (Y2)، تعداد پنجه کل (Y3)، طول برگ پرچم (Y4)، عرض برگ پرچم (Y5)، مساحت برگ پرچم (Y6)، طول خروج از غلاف (Y7)، قطر ساقه (Y8)، طول خوشه اصلی (Y9)، وزن کل خوشه‌ها (Y10)، وزن خوشه اصلی (Y11)، وزن کل ساقه‌ها (Y12)، تعداد دانه پر (Y13)، تعداد دانه پوک (Y14)، وزن دانه پر (Y15)، تعداد خوشه‌چه اولیه (Y17)، تعداد خوشه‌چه ثانویه (Y18)، بیوماس (Y19)، تعداد روز تا گلدهی (Y20)، شاخص برداشت (Y21)، عملکرد (Y22)، باروری (Y23).

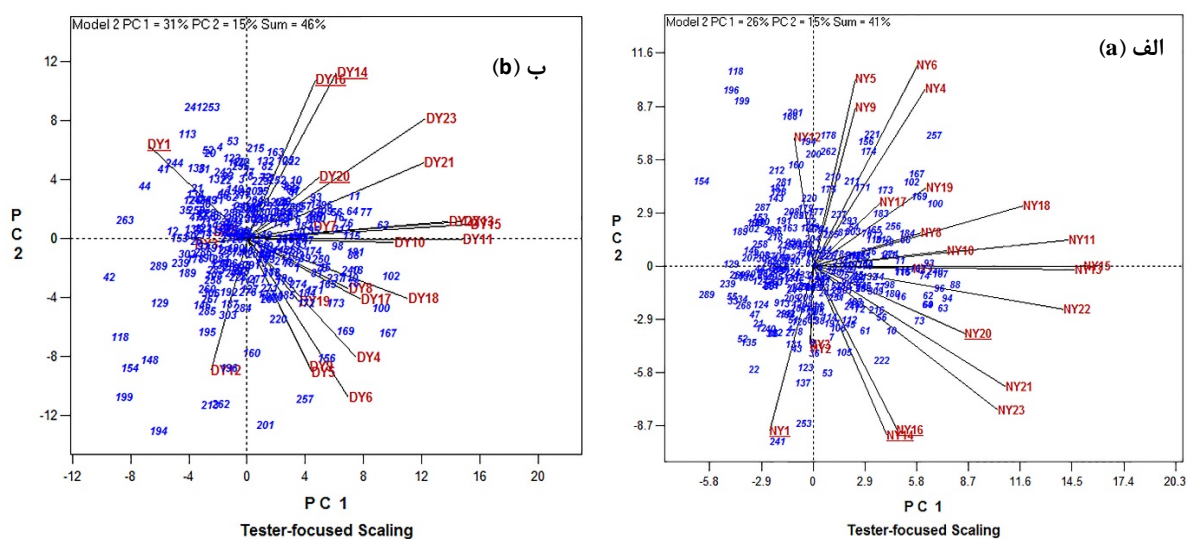
Fig. 1. Polygon view of the GT biplot to show which genotypes performed better in which morphological characteristics. Figures 1-A and 1-B are related to Normal and drought condition respectively. N and D are abbreviations of normal (irrigated) and drought condition respectively. Plant High (Y1), Fertile Tiller Number (Y2), Total Tiller number (Y3), Flag Leaf Length (Y4), Flag Leaf Width (Y5), Flag Leaf area (Y6), Panicle Exsertion (Y7), Shoot Diameter (Y8), Panicle Length (Y9), Total Panicle Weight (Y10), Main Panicle Weight (Y11), Total Shoot Weight (Y12), Filled Grain Number (Y13), Unfilled Grain Number (Y14), Filled Grain Weight (Y15), Unfilled Grain Weight (Y16), number of Primary Branching (Y17), number of Secondary Branching (Y18), Biomass (Y19), Day to Flowering (Y20), Fertility (Y21), Grain Yield (Y22), Harvest Index (Y23).

تنش و تنش خشکی عملکرد دانه رابطه مثبتی با وزن دانه پر، تعداد دانه پر، وزن خوشه اصلی، وزن کل خوشه‌ها، قطر ساقه، تعداد خوشه‌چه ثانویه، تعداد خوشه‌چه اولیه، بیوماس، شاخص برداشت و باروری داشت. در شرایط تنش خشکی علاوه بر صفاتی که ذکر گردید بین عملکرد با طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم و طول خوشه اصلی روابط مثبتی مشاهده گردید؛ بنابراین هرچه مقدار این صفات بیشتر باشد، عملکرد نیز بیشتر خواهد بود. در هر دو شرایط روابط مثبتی بین صفات دیده شد؛ بنابراین با توجه به وجود همبستگی، اگر یک یا دو صفت به‌جای همه صفات استفاده گردد، می‌توان در کار، زمان و بودجه بدون از دست رفتن اطلاعات مفید صرفه‌جویی نمود که نشان‌دهنده ارزش بالای صفات مورفولوژیکی است زیرا که این صفات اطلاعات باارزشی از ژنوتیپ‌ها را به نمایش می‌گذارند (Oladejo et al., 2011; Paramesh et al., 2016).

در تطابق با این نتایج در بررسی روابط بین صفات با استفاده از روش بای پلات رابطه مثبتی بین تعداد دانه پر، تعداد کل دانه در بوته (Mohaddesi et al., 2017)، تعداد دانه پر، وزن خوشه، شاخص برداشت و بیوماس با عملکرد دانه گزارش شده است (Sharifi et al., 2013). بای پلات ارزیابی ارقام و ژنوتیپ‌ها بر مبنای یک صفت را امکان‌پذیر می‌سازد. هنگامی که یک صفت انتخاب می‌شود خطی به اسم محور صفت رسم می‌شود که از مبدأ بای پلات و علامت صفت عبور می‌کند. پیکانی که بر روی محور قرار دارد به افزایش صفت اشاره می‌کند. GGE بای پلات در این حالت دو معیار عملکرد و پایداری عملکرد را که به‌صورت معیارهای جداگانه هستند، با یکدیگر ترکیب می‌کند و در قالب یک معیار مجسم می‌کند. خط افقی در این حالت برآوردی از میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها را فراهم می‌سازد.

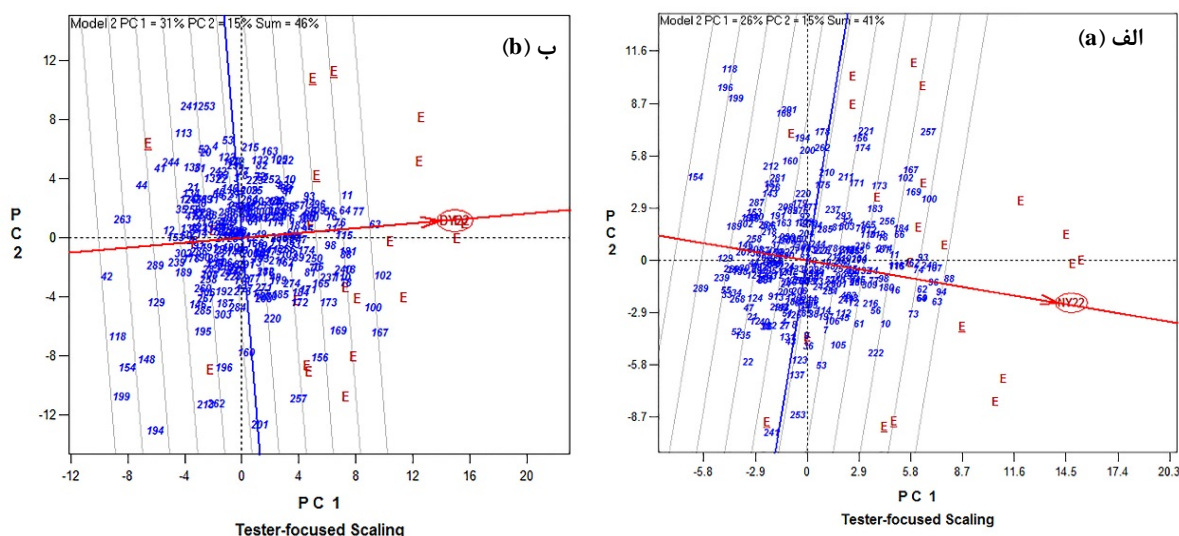
پایداری به‌عنوان تعدیل‌کننده میانگین حائز اهمیت می‌باشد و یک نتیجه منطقی از مفهوم GGE بای‌پلات آن است که معیار پایداری تعیین‌شده توسط بای‌پلات هنگامی مفید است که همراه با میانگین عملکرد ژنوتیپ در نظر گرفته شود (Yan, 1999). بر این اساس ژنوتیپ ۷۷ با بیشترین عملکرد بر اساس دو معیار میانگین عملکرد و پایداری در رتبه دوم قرار گرفت. ژنوتیپ ۴۲ نیز در شرایط تنش خشکی پایین‌ترین میزان عملکرد را به خود اختصاص داد (شکل ۳- الف و ب). یکی دیگر از قابلیت‌های تکنیک بای‌پلات در صفت این است که می‌توان وارسته‌ها را با مشاهده عینی و بر مبنای دو صفت ارزیابی کرد. به این صورت که دو صفت به هم مرتبط می‌گردند و میانه آن دو به دست می‌آید و این نقطه را به‌عنوان یک صفت واقعی به کار می‌بریم. مقایسه ژنوتیپ‌ها بر مبنای دو صفت ارتفاع کل بوته و عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها را به دو

محور عمودی از یک خط با دو پیکان تشکیل می‌شود که از مبدأ بای‌پلات می‌گذرد و معیار تغییرپذیری یا بی‌ثباتی ژنوتیپ‌ها می‌باشد؛ بنابراین هر ژنوتیپی که به محور افقی نزدیک‌تر باشد پایداری بیشتری دارد (Yan and Kang, 2003). مقایسه گرافیکی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفت سطح عملکرد دانه نشان داد که در شرایط بدون تنش ژنوتیپ ۸۸ پایداری و بالاترین میزان (۱۴۶/۷۰ گرم) و ژنوتیپ ۱۵۴ (۱۱/۰۰۵ گرم) پایین‌ترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند. در شرایط بدون تنش مقدار عملکرد IR64 ۶۲/۹۵ گرم و فیروز ۶۹/۴۴ گرم بود. در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های ۷۷ (۷۴/۸۰ گرم در مترمربع) و ۶۳ (۷۱/۸۲ گرم در مترمربع) بالاترین میزان عملکرد را داشتند. ژنوتیپ ۷۷ با اینکه بالاترین میزان عملکرد را داشت ولی ژنوتیپ ۶۳ پایداری در این محیط بود. میزان عملکرد ژنوتیپ‌های شاهد (IR64 و فیروز به ترتیب ۳۴/۴۵ و ۲۹/۷۸ گرم در مترمربع بود. از آنجایی که



شکل ۲. مشاهده برداری بای‌پلات صفت در ژنوتیپ که نشان‌دهنده رابطه بین صفات است. شکل‌های الف-۲ و ب-۲ به ترتیب مربوط به محیط بدون تنش و تنش خشکی است. N و D به ترتیب نشان‌دهنده صفت به ترتیب در محیط غرقاب و تنش خشکی است، ارتفاع بوته (Y1)، تعداد پنجه بارور (Y2)، تعداد پنجه کل (Y3)، طول برگ پرچم (Y4)، عرض برگ پرچم (Y5)، مساحت برگ پرچم (Y6)، طول خروج از غلاف (Y7)، قطر ساقه (Y8)، طول خوشه اصلی (Y9)، وزن کل خوشه‌ها (Y10)، وزن خوشه اصلی (Y11)، وزن کل ساقه‌ها (Y12)، تعداد دانه پر (Y13)، تعداد دانه پوک (Y14)، وزن دانه پر (Y15)، وزن دانه پوک (Y16)، تعداد خوشه‌چه اولیه (Y17)، تعداد خوشه‌چه ثانویه (Y18)، بیوماس (Y19)، تعداد روز تا گلدهی (Y20)، شاخص برداشت (Y21)، عملکرد (Y22)، باروری (Y23).

Fig. 2. Polygon view of the GT biplot to show which genotypes performed better in which morphological characteristics. Figure 1-A and 1-B related to Normal and drought condition respectively. N and D are abbreviations of normal (irrigated) and drought condition respectively. Plant High (Y1), Fertile Tiller Number (Y2), Total Tiller number (Y3), Flag Leaf Length (Y4), Flag Leaf Width (Y5), Flag Leaf area (Y6), Panicle Exsertion (Y7), Shoot Diameter (Y8), Panicle Length (Y9), Total Panicle Weight (Y10), Main Panicle Weight (Y11), Total Shoot Weight (Y12), Filled Grain Number (Y13), Unfilled Grain Number (Y14), Filled Grain Weight (Y15), Unfilled Grain Weight (Y16), number of Primary Branching (Y17), number of Secondary Branching (Y18), Biomass (Y19), Day to Flowering (Y20), Fertility (Y21), Grain Yield (Y22), Harvest Index (Y23).



شکل ۳. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای عملکرد دانه به ترتیب در شرایط بدون تنش (۳-الف) و تنش خشکی (۳-ب)

Fig. 3. The biplot for Comparison of genotypic performance based on yield under irrigated (NY22: 3-A) and drought condition (DY22: 3-B).

از طرفی گیاه در طول دوره گلدهی در اوج رشد رویشی بوده حداکثر میزان سطح برگ و عرضه مواد فتوسنتزی را دارد (Rao and Mendham, 1991) بنابراین تعداد پنجه‌های بارور، تعداد و وزن دانه پر و وزن خوشه‌ها افزایش می‌یابد و در نتیجه عملکرد نیز افزایش خواهد یافت. عملکرد برنج به ظرفیت ژنتیکی ژنوتیپ، محیط کشت و مدیریت زراعی بستگی داشتند. عوامل ژنتیکی و زراعی تعیین‌کننده رشد و نمو گیاه و در نتیجه عملکرد دانه می‌باشند (Nielsen, 1996).

نتیجه‌گیری کلی

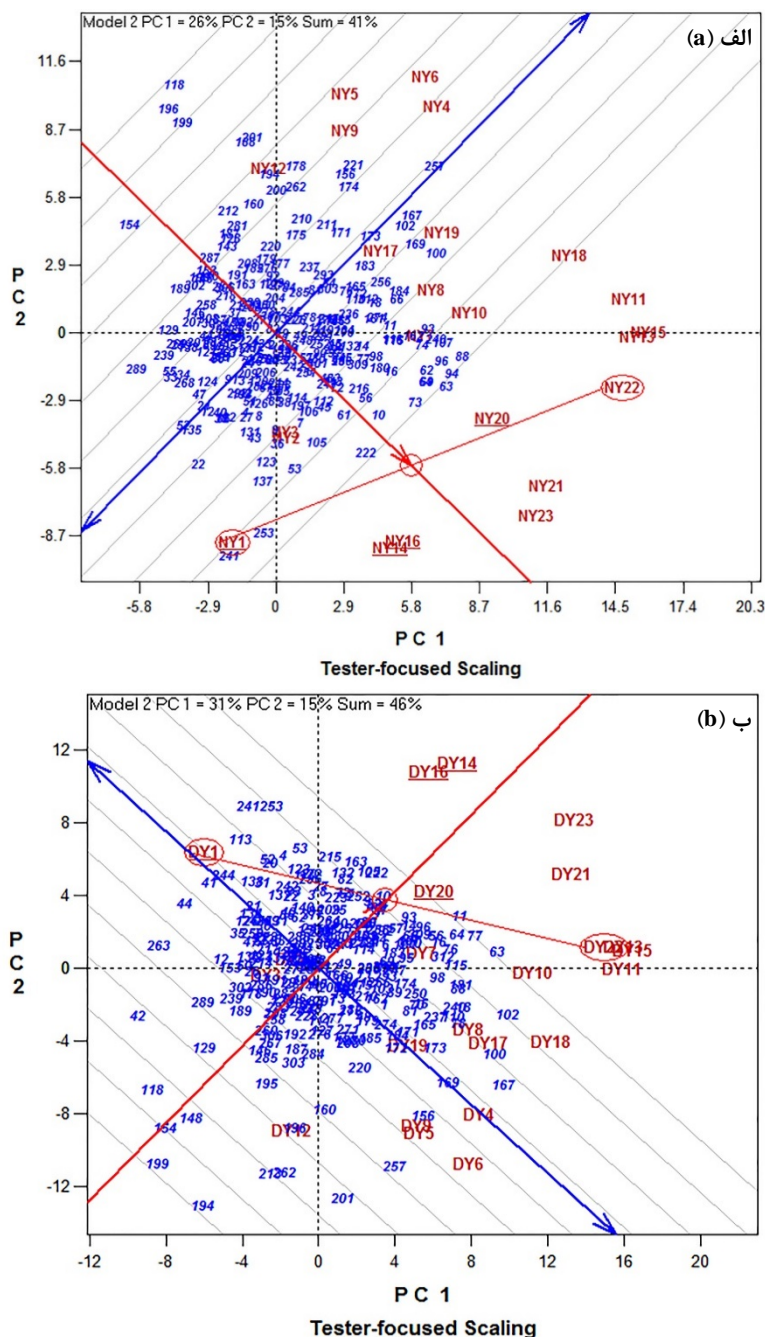
نتایج این مطالعه نشان داد که اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی اندازه‌گیری شده منفی بود، تنش خشکی موجب افزایش میزان لوله شدن برگ، افزایش تعداد روز تا گلدهی و کاهش اکثر صفات به‌خصوص عملکرد گیاه گردید. در طی اعمال تنش خشکی به علت کاهش آب قابل‌دسترسی گیاه در خاک میزان جذب آب توسط گیاه کاهش یافته و بنابراین تعادل آبی در گیاه مختل گردید در نتیجه فشار آماس در گیاه کم شده و میزان لوله شدن برگ افزایش یافت. بررسی روابط بین صفات مورفولوژیکی و زراعی امکان شناسایی بهترین ژنوتیپ‌ها بر اساس چند صفت را فراهم می‌سازند. با عنایت به نتایج تجزیه گرافیکی بای‌پلات و با توجه به این‌که در انتخاب ژنوتیپ برای محیط‌های مختلف

دسته تقسیم کرد در شرایط بدون تنش این گراف نشان داد که ژنوتیپ‌های ۸۸، ۷۳، ۶۳ و ۹۴ بالاترین میزان عملکرد بوته و کوتاه‌ترین ارتفاع را داشتند و بالعکس ژنوتیپ‌هایی که ارتفاع بوته بلندتری داشتند مثل ۲۲، ۲۴ و ۵۳ عملکرد دانه کمتری داشتند (شکل ۴-الف و ب). ژنوتیپ‌های ۱۱، ۷۷، ۶۳ و ۶۹ که عملکرد بالایی داشتند ارتفاع کل کوتاه‌تری دارا بودند و بالعکس ژنوتیپ‌های ۲۴۱، ۲۵۳ و ۲۶۳ که عملکرد بوته کمتری داشتند ارتفاع بوته بلندتری داشتند.

مقایسه ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد بوته و روز تا گلدهی نشان داد که ژنوتیپ‌هایی که عملکرد دانه بیشتری داشتند روز تا گلدهی کمتری داشتند؛ بنابراین می‌توان گفت که روز تا گلدهی و ارتفاع کل بوته همبستگی و رابطه منفی با عملکرد دانه دارند (شکل ۵-الف و ب). مقایسه ژنوتیپ‌ها برای هر دو صفت ارتفاع و روز تا گلدهی با عملکرد نشان داد اکثر صفات و صفات مطلوبی مثل وزن دانه پر، تعداد دانه پر، وزن خوشه اصلی در بخش مربوط به عملکرد به‌جز وزن و تعداد دانه پوک، تعداد پنجه بارور و تعداد پنجه کل قرار داشت؛ بنابراین ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا مثل ۸۸، ۷۳، ۶۳ و ۹۴ در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ‌های ۱۱، ۷۷، ۶۳ و ۶۹ اکثر صفات مطلوب را نیز دارا بودند. هر چه طول تعداد روز تا گلدهی کمتر باشد طول دوره گلدهی افزایش می‌یابد و از آنجایی که هرچه ارتفاع گیاه کوتاه‌تر باشد گیاه انرژی و زمان کمتری را صرف دوره رویشی نموده و قدر مسلم زودتر به گل می‌رود و

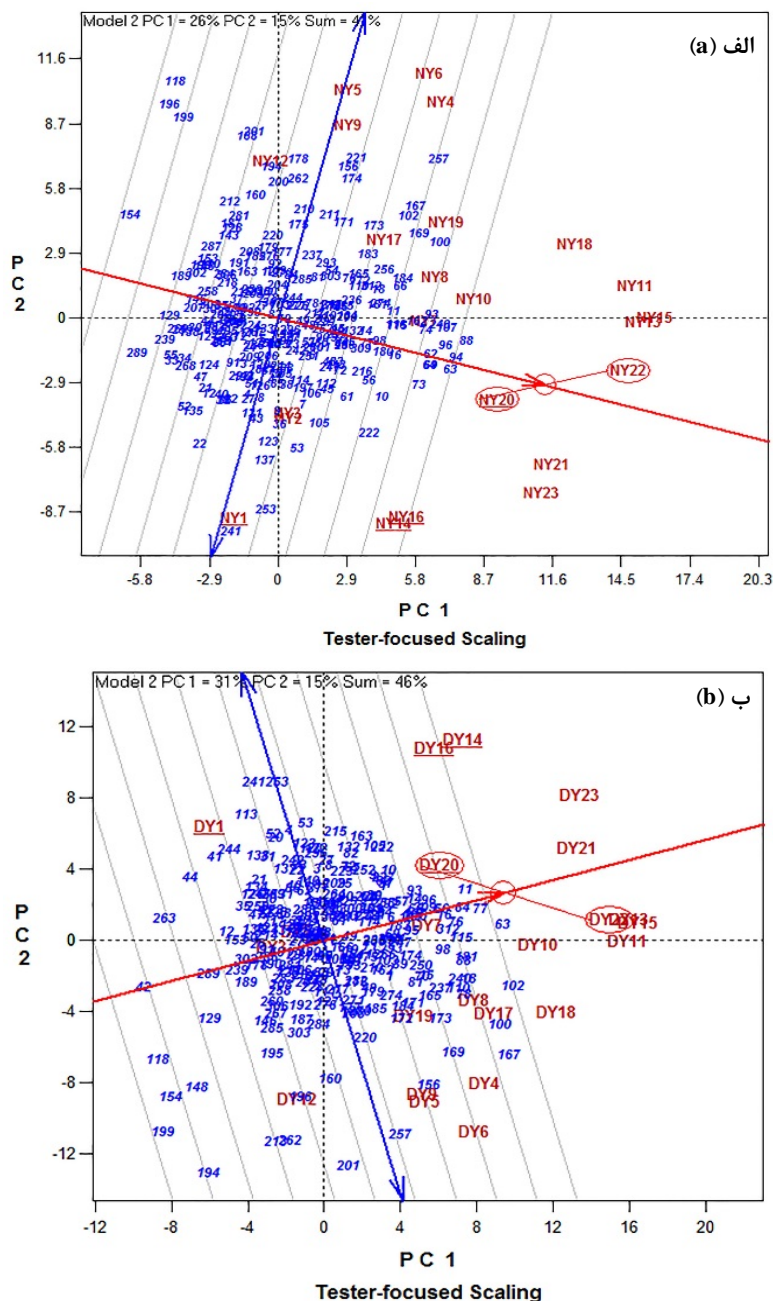
HHZ 18-Y3-Y1-Y1 پایدارترین بود هر دو این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان ژنوتیپ متحمل و ژنوتیپ IR 11L412 به‌عنوان ژنوتیپ حساس شناخته شدند. ژنوتیپ‌های با عملکرد و پایداری بالا برای اکثر صفات به‌خصوص صفاتی مثل وزن دانه پر، تعداد دانه پر، وزن خوشه اصلی در مقایسه با

علاوه بر پایداری عملکرد نیز حائز اهمیت می‌باشد در شرایط بدون تنش ژنوتیپ HHZ 10-DT5-LI1-LI1 بالاترین میزان عملکرد و پایداری را داشت و ژنوتیپ IR13F402 پایین‌ترین میزان عملکرد دانه را به خود اختصاص داد. در شرایط تنش خشکی نیز ژنوتیپ HHZ 3-SAL4-Y1-Y1 بالاترین عملکرد و رتبه دوم از نظر پایداری را دارا بود، ژنوتیپ



شکل ۴. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای ارتفاع کل بوته و عملکرد در شرایط بدون تنش (۴-الف) و تنش خشکی (۴-ب)

Fig. 4. The biplot for Comparison of genotypic performance based on plant high and yield under irrigated (NY1 and NY22: 4-A) and drought condition (4-B)



شکل ۵. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر مبنای روز تا گلدهی و عملکرد دانه در شرایط بدون تنش (۵-الف) و تنش خشکی (۵-ب)
Fig. 5. Comparison of genotypic performance based on day to flowering and yield under irrigated (5- A) and drought condition (NY20 and NY22: 5-B).

را شناسایی کرد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی مقاومت به تنش خشکی در سرتاسر جهان مورداستفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج، موسسه تحقیقات برنج کشور و معاونت علمی و فناوری ریاست

ژنوتیپ‌های شاهد و سایر ژنوتیپ‌ها برتر بودند. از آنجایی که یک ژنوتیپ ایده آل برای اهداف اصلاحی بهتر است مجموعه‌ای از صفات را در گنجینه ژنتیکی خود باهم داشته باشد می‌توان گفت که این تحقیق ژرم‌پلاسم والدینی مناسب برای مقاومت به تنش خشکی با وزن دانه پر و با عملکرد بالا

که از جناب آقای دکتر احمدرضا دادرس عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان زنجان که در تجزیه داده‌ها همکاری نمودند کمال تشکر و قدردانی را ابراز نمایند.

جمهوری، دانشگاه تبریز و دانشگاه گنبدکاووس بابت حمایت‌های مالی و معنوی در جهت اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین نویسندگان بر خود لازم می‌دانند

منابع

- Abd El-Maksoud, M.M., Draz, A.E., El-Gamal, W.H., 2013. Genetic studies on some traits related to drought tolerance in rice. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*. 42, 53-71.
- Aghaei, H., Babaeian, N., Bagheri, N., 2017. Correlation and path analysis of morphological and grain yield traits in Iranian rice genotypes under drought stress conditions. *Biological Forum – An International Journal*. 9, 23-27.
- Ahmad Anjum, S.H., Xie, X.Y., Wang, L.C., Saleem, M.F., Man, C., Lei, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*. 6, 2026-2032.
- Akcura, M., 2011. The relationships in Turkish winter bread wheat landraces. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 35, 115-125.
- Allahgholipour, M., 2016. Genotype × environment interaction effect in rice genotypes using GG biplot. *Cereal Research*. 6, 1-14.
- Atnaf, M., Tesfaye, K., Dagne, K., Wegary, D., 2017. Genotype by trait biplot analysis to study associations and profiles of Ethiopian white lupin (*Lupinus albus* L.) landraces. *Australian Journal of Crop Science*. 11, 55-62.
- Alvarez, J.M., Rocha, J.F., Machado, S.R. 2008. Bulliform cells in loudetiopsis chrysothrix (Ness) conert and *Tristachya leiostachya* Nees (Poaceae): structure in relation to function. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 51, 113-119.
- Ansari, M.R., Shaheen, T., Bukhar, S.H.A., Husnain, T., 2015. Genetic improvement of rice for biotic and abiotic stress tolerance. *Turkish Journal of Botany*. 39, 911-919.
- Badu-apraku, B., Akinwale, RO., 2011. Cultivar evaluation and trait analysis of tropical early maturing maize under Strigainfested and Striga-free environments. *Field Crops Research*. 121, 186-194.
- Dehghani, H., Ebadi, A., Yousefi, A., 2006. Biplot analysis of genotype by environment interaction for barley yield in Iran. *Agronomy Journal*. 98, 388-393.
- Dixit, S.H., Singh, A., Kumar, A., 2014. Rice breeding for high grain yield under Drought, a strategic solution to a complex problem. *International Journal of Agronomy*. 14, 1-15.
- Farias, F.J.C., Carvalho, L.P., Silva Filho, J.L., Teodoro, P.E., 2016. Biplot analysis of phenotypic stability in upland cotton genotypes in Mato Grosso. *Genetics and Molecular Research*. 15, 1-10.
- Farshadfar, E., Kianifar, S., Chaghakabodi, R., 2015. GT biplot analysis of genetic diversity in bread wheat using in vitro indicators of drought tolerance. *Biological Forum-An International Journal*. 7, 1439-1447.
- Fischer, K.S., Fukai, S., Kumar, A., Leung, H., Jongdee, B., 2012. Field phenotyping strategies and breeding for adaptation of rice to drought. *Frontiers in Physiology*. 3, 1-21.
- Gabriel, K.R., 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*. 58, 453-467.
- Gauch, H.G., 1988. Model selection and validation for yield trials with interaction. *BiometriCS*. 44, 705-715.
- Hall, A.J., Richards, R.A., 2013. Prognosis for genetic improvement of yield potential and water-limited yield of major grain crops. *Field Crops Research*. 43, 18–33.
- Kadioglu, A., Terzi, R., 2007. A dehydration avoidance mechanism: leaf rolling, *The Botanical Review*. 73, 290–302.
- Kamoshita, A., Babu, R.C., Boopathi, N.M., Fukai, S., 2009. Phenotypic and genotypic analysis of drought-resistance traits for development. *Field Crops Research*. 109, 1-23.
- Kamrani, M., 2015. Relationship among agromorphological traits in bread wheat (*Triticum aestivum*) genotypes under irrigated and

- rained conditions. *Journal of Agronomy*. 14, 254-263.
- Kirigwi, F.M., Ginke, M.V., Trethowan, R., Sears, R.G., Rajaram, S., Paulsen, G.M., 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135, 361–371.
- Koutis, K., Mavromatis, A.G., Baxevanos, D., Koutsika-Sotiriou, M., 2012. Multienvironmental evaluation of wheat landraces by GGE biplot analysis for organic breeding. *Agricultural Sciences*. 3, 66-74.
- Mohaddesi, A., Erfani, R., Sharifi, P., Aminpanah, H., Abbasian, A., 2017. Study of relationships between yield and yield components and stability of some of rice genotypes using biplot method. *Cereal Research*. 6, 411-421.
- Mohanty, S., Wassmann, R., Nelson, A., Moya, P., Jagadish, S.V.K., 2013. Rice and climate change, significance for food security and vulnerability. *IRRI Discussion Paper*. Los Baños., Philippines. International Rice Research Institute. 49, 1-14.
- Moreno-Gonzalez, J., Crossa, J., Cornelius, P.L., 2004. Genotype × environment interaction in multi-environment trials using shrinkage factors for AMMI models. *Euphytica*. 137, 119-127.
- Morris, C.F., Campbell, K.G., King, G.E., 2004. Characterization of the end-use quality of soft wheat cultivars from the eastern and western US germplasm “pools”. *Plant Genetic Resources*. 2, 59-69.
- Mostafavi, K., Hosseini Imeni, S.S., Zare, M., 2014. Stability analysis of rice genotypes based GGE biplot method in North of Iran. *Journal of Applied Sciences Research*. 7, 1690-1694.
- Nielsen V.O. 1996. Potential of canola as a dry land crop in north eastern Colorado. In: Janic, J. (ed.), *Progress in New Crops*. ASHS press, Alexandria, VA, USA, pp. 1-660.
- Obisesan, I.O., 2004. Yield: the ultimate in crop improvement. An inaugural lecture series 168. Obafemi Awolowo University, press Limited, Ile-Ife, Nigeria.
- Oladejo, A.S., Akinwale, R.O., Obisesan, I.O., 2011. Interrelationship between grain yield and other physiological traits of cowpea cultivars. *African Crop Science Journal*. 19, 189-200.
- Odehale, J.O., Agho, C., Ataga, C.D., Okolo, E.C., Ikuenobe, C.E., Odiowaya, G., Ahanon, M.J., 2014. Genotype by trait relations between yield and some morphological traits of Coconut (*Cocos nucifera* L.) hybrid varieties based on GT biplot. *International Journal of Plant & Soil Science* 3, 270-280.
- Paramesh, M., Reddy, D.M., Shanthi Priya, M., Sumathi, P., Sudhakar, P., Reddy, K.H.P., 2016. GT biplot analysis for yield and drought related traits in mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek.) *Electronic Journal of Plant Breeding*. 7, 538-543.
- Rahimi, M., Dehghani, H., Rabiei, B., Tarang, A.R., 2013. Evaluation of rice segregating population based on drought tolerance criteria and biplot analysis. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5, 194-199.
- Rao M.S.S., Mendham N.J. 1991. Soil plant water relation of oil rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science*. Camb, 117, 189-196.
- Rohman, A., Siti, H., Mirza, H., Dwi, L.S., 2014. Rice in health and nutrition. *International Food Research Journal* 21, 13-24.
- Rubio, J., Cubero, J.I., Martín, L.M., Suso, M.J., Flores, F., 2004. Biplot analysis of trait relations of white lupin in Spain. *Euphytica* 135, 217–224.
- Sabaghnia, N., Dehghani H., Sabaghpour, S.H., 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. *Crop Science*. 46: 1100-1106.
- Sabaghnia, N., 2014. Investigation of some morphological traits in studied lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes grown with foliar application of nanosized ferric oxide. *Annales Universitatis Mariae Curie – Skłodowska lubline – Polonia*. 2, 29-38.
- Sabaghnia, N., Mohebodini, M., Janmohammadi, M., 2016. Biplot analysis of trait relations of spinach (*Spinacia oleracea* L.) landraces. *Genetika*. 48, 675-690.
- Safari Dolatabad, S., Choukan, R., Majidi Hervean, I., Dehghani, H., 2010. Multienvironment analysis of traits relation and hybrids comparison of maize based on the genotype by trait biplot. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 5, 107-113.
- Salehifar, M., Rabiei, B., Afshar Mohammadian, M., Asghari, J., 2014. Effect of IAA and Kinetin application on plant characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in rice

- seedlings under drought stress condition. Iranian Journal of Crop Sciences. 16, 293-307. [In Persian with English Summary]
- Samonte, S.O.P.B., Tabien, R.E., Wilson, L.T., 2013. Parental selection in rice cultivar improvement. Rice Science. 20, 45-51. [In Persian with English Summary]
- Samonte, S.O.P.B., Wilson, L.T., Clung A.M. Mc., Medley, J.C., 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. Crop Science. 45, 2414-2424.
- Sharifi P., Dehghani, H., Mumeni, A., Moghaddam, M., 2013. Studying genetic relations of some rice agronomic traits with grain yield by some of multivariate analysis. Iranian Journal of Field Crop Science. 44, 169-179. [In Persian with English Summary].
- Suzuki, N., Rivero, R.M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R., 2014. Abiotic and biotic stress combinations. New Phytologist 203, 32-43.
- Wang, Y., Zhang, L., Nafisah, A., Zhu, L., Xu, J., Li, Z., 2013. Selection efficiencies for improving drought. Salt tolerances and yield using introgression breeding in rice (*Oryza sativa* L.) The Crop Journal. 1, 134-142.
- Xu, N., Fok, M., Li, J., Yang, X., Yan, W., 2017. Optimization of cotton variety registration criteria aided with genotype-by-trait biplot analysis. Scientific Reports. 7, 1-9.
- Yan, W., 1999. Methodology of cultivar evaluation based on yield trial data with special reference to winter wheat in Ontario. Ph. D. Dissertation. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- Yan, W., Fregeau-Reid, J., 2008. Breeding line selection based on multiple traits. Crop Science. 48, 417-423.
- Yan, W., Kang, M.S., 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Yan, W., Rajcan, I., 2002. Biplot Analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science 42, 11-20.
- Zinolabedin, T. S., Hemmatollah, P., Seyed, A.M., Modarres, S., Hamidreza, B., 2008. Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Pakistan Journal of Biological Sciences. 11, 1303-1309.
- Zobel, R., Wright, W.M.J., Gauch, H.G., 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal. 80, 388-393.