

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر کلزا در دو محیط عادی و تنش خشکی با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت و نمودار دووجهی ژنوتیپ × محیط

محمد ضابط*

استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۲۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۲۲)

چکیده

هدف از این بررسی شناسایی پایداری ژنوتیپ‌های کلزا در دو محیط عادی و تنش خشکی بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ده تیمار در دو شرایط عادی و تنش خشکی در سال ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه بیرجند به اجرا درآمد. در محیط عادی ۵۹/۳۱ درصد، محیط تنش ۶۲/۳۳ درصد و در دو محیط ۶۲/۰۱ درصد از کل تنوع موجود در داده‌های استاندارد شده با نمودار دووجهی (بای پلات) ژنوتیپ × صفت توجیه شد. بیشترین تنوع توجیه شده توسط نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در محیط عادی ناشی از عملکرد دانه، عملکرد زیست توده (بیوماس)، شمار دانه در غلاف و شمار غلاف در ساقه اصلی؛ در محیط تنش ناشی از عملکرد دانه، شاخص برداشت، طول غلاف، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته و در دو محیط ناشی از عملکرد دانه، طول غلاف، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته بود. با توجه به نمودار چندضلعی ژنوتیپ × صفت؛ در محیط عادی، تنش و دو محیط عادی و تنش ژنوتیپ‌های ۳۰۸ از لحاظ صفات تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد زیست توده، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته؛ ژنوتیپ لیکورد و زرفام از لحاظ صفت وزن هزار دانه و ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ از لحاظ صفت طول غلاف بهترین ژنوتیپ‌ها بودند. مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه عملکرد با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × محیط نشان داد که هایولا ۳۰۸ بیشترین عملکرد و پس از آن لیکورد، زرفام، اکاپی، مودنا عملکرد بالایی داشتند. هایولا ۴۰۱، SLM046، ساری گل و اپرا کمترین عملکرد را داشتند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، گرافیکی، عملکرد، نمودار دووجهی.

Identification of superior genotypes of Rapeseed by GTBiplot and GGEBiplot methodology in normal and stressed conditions

Mohammad Zabet*

Assistant of Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran
(Received: Dec. 17, 2015 - Accepted: May. 11, 2016)

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the stability of rapeseed genotypes using GTBiplot and GGEBiplot in two normal and stress conditions. The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications and ten treatments in the research field of Birjand University in 2012-2013. The GTBiplot explained %59.31, %62.33 and %62.01 of total variation of the standard data in normal, stress, and both, respectively. The most of variation was explained by GTBiplot caused by seed and biological yield, number of seeds per pod and number of pods per main branch in normal environment. The most of variation was explained by GTBiplot caused by seed yield, harvest index, pod length, number of auxiliary branches and number of pods per plant in stress condition. The most of variation was explained by GTBiplot caused by seed yield, pod length, number of pods per auxiliary branch and the total of pods per plant in normal and stress conditions. According to GTBiplot polygon it was revealed that the Hay-308 genotype in view of day to 50% flowering, biological yield, number of auxiliary branches, number of pods per auxiliary branch and number of pods per plant was the best genotypes in normal and stress conditions. Licord and Zarfam genotypes had the most of 1000-seed weight. Hay-401 genotype had the most of pod length. Genotypes comparison using Biplot cleared that the Hay-308 had the highest yield. The Hay-401, SLM046, Sarigol and opera genotypes had the lowest yield. The other genotypes had high yield.

Keywords: Bi Plot, graphical, rapeseed, yield.

مقدمه

رقم‌های پیشرفته بایستی بر پایه آزمایش‌های چند محیطی و چند صفتی ارزیابی شوند تا از اینکه رقم‌های انتخاب‌شده عملکرد قابل قبولی در محیط‌های مختلف و در مناطق مورد نظر داشته باشند، اطمینان به دست آید. به این دلیل در گیاهان مهم زراعی آزمایش‌ها در چند محیط که به‌طور معمول در آن صفات مختلفی اندازه‌گیری می‌شود، صورت می‌گیرد. یک مشکل اساسی برای محققان تفسیر و استفاده از این داده‌ها و تصمیم‌گیری در مورد انتخاب بهترین رقم است. تجزیه کارآمد و مؤثر داده‌ها یک بخش مهم در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی است (Yan, 1999). بدین منظور شناخت دو موضوع اهمیت دارد: (۱) الگوی روابط متقابل ژنوتیپ × محیط^۱ که ارزیابی‌های زیادی در مورد آن انجام شده است (Kang, 1990; Kang & Gauch, 1996; Cooper & Hammer, 1996) و (۲) روابط درونی که بین فراسنجه (پارامتر)های اندازه‌گیری‌شده وجود دارد (Yan & Wallace, 1995). Yan *et al.* (1999) و Yan *et al.* (2000) برای بررسی دیداری الگوی روابط متقابل ژنوتیپ × محیط (GGEBiplot)^۲ را پیشنهاد کردند. نمودار چندوجهی (بای‌پلات) ژنوتیپ × محیط روی دو جنبه تأکید دارد: ۱- اگرچه عملکرد اندازه‌گیری‌شده نتیجه اثرگذاری ژنوتیپ، ژنوتیپ × محیط و محیط است؛ لیکن تنها ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط با عملکرد در ارتباط بوده و بایستی در نظر گرفته شود. ۲- روش نمودار دووجهی که به‌وسیله Gabriel (1971) بسط و توسعه یافت برای تقریب زدن و آشکار کردن اثر ژنوتیپ و ژنوتیپ × محیط آزمایش‌های ناحیه‌ای به کار گرفته شد و اصطلاح نمودار دووجهی ژنوتیپ × محیط از اینجا اقتباس شده است. نمودار دووجهی بر پایه دو جزء اصلی ناشی از داده‌ها یعنی مؤلفه اول و دوم^۳؛ به‌عنوان مثال از تنوع ناشی از ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط عملکرد شکل گرفته است (Yan, 1999; Yan *et al.*, 2000).

نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت (GTBiplot)^۴ یک ابزار مناسب برای بررسی چشمی روابط بین صفات، ارزیابی ژنوتیپ‌ها و روابط بین ژنوتیپ‌ها است. با توجه به ارتباطات درونی صفات مختلف انتخاب بر پایه عملکرد دانه به تنهایی کارساز نیست و بایستی در برنامه‌های اصلاحی چندین صفت به‌طور همزمان بررسی شود که این کار از عهده نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت بر می‌آید. اگرچه نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت نمی‌تواند به‌طور دقیق میانگین صفات را نشان دهد؛ لیکن الگوی اساسی و مهم داده‌ها را نشان می‌دهد. علت این امر آن است که نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت نمی‌تواند همه تنوع موجود در داده‌ها را توجیه کند. نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت می‌تواند به انتخاب ژنوتیپ‌ها بر پایه چندین صفت کمک کند (Yan & Rajcan, 2002). در نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت یک بردار از مبدأ نمودار دووجهی تا موقعیت هر صفت کشیده می‌شود تا ارتباطات درونی بین دو یا چند صفت نشان داده شود. مشروط بر آنکه نمودار دووجهی میزان کافی از تنوع کل را توجیه کند، ضریب همبستگی ساده پیرسون (r) بین دو صفت با کسینوس زاویه بین این بردارها تقریب زده می‌شود؛ به‌طوری‌که $r = \cos 0 = 1$ ، $r = \cos 180 = -1$ و $r = \cos 90 = 0$ خواهد بود. ژنوتیپ یا صفت مطلوب با یکسری دایره‌های متحدالمرکز در اطراف آن مشخص می‌شود. ژنوتیپ یا صفت‌های نزدیک‌تر به ایده‌آل در دایره‌های بیشتری سهمیم هستند؛ در واقع ژنوتیپ یا صفت مطلوب بیشترین دوایر متحدالمرکز در اطراف خود را دارند. طول بردار در نمودار دووجهی تا حدودی متناسب با انحراف معیار استاندارد آن‌ها است، بنابراین طول بردار بیشتر نشان‌دهنده نقش بیشتر آن ژنوتیپ یا صفت در توجیه تنوع داده‌های نمودار دووجهی است. با استفاده از چندضلعی نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه چندین صفت صورت گرفت و ژنوتیپ‌هایی که از لحاظ بعضی صفات خاص برتر هستند شناسایی شدند. خطوط عمود بر اضلاع چندضلعی مقایسه بین

1. Genotype × Environment (GE) interaction
2. Genotype main effect (G) plus genotype × environment (GE) interaction Biplot
3. Principle Component Analysis

4. Genotype (G) by trait (T) Biplot

هزاردانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه و شمار غلاف در بوته داشت، اما درصد روغن با عملکرد و دیگر صفات هیچ‌گونه همبستگی نشان نداد (Dehghani *et al.*, 2008). تجزیه نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت نشان داد که می‌توان به‌طور نگرانه‌ای روابط میان صفات را مشخص کرد و مقایسه چشمی تیمارها را آسان کرد. Sabaghnia *et al.* (2011) نیز با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط به تجزیه و تحلیل داده‌های طرح دای آل طی دو سال پرداختند. والدین SLM046، اکاپی و Orient دارای ترکیب‌پذیری عمومی^۱ مثبت بالا، درحالی‌که والدین اپرا و مودنا ترکیب‌پذیری عمومی منفی در هر دو سال داشتند. نتایج نشان داد که دورگ برتری (هتروزیس) کافی برای عملکرد وجود دارد و رقم‌های SLM046 و Orient در برنامه‌های اصلاحی طراحی شده برای محیط‌های تنش و شناسایی رگه (لاین)‌های مقاوم در برابر تنش خشکی در شرایط خشک و نیمه‌خشک اهمیت دارند.

Yan & Rajcan (2002) دو نوع از نمودار دوجهی شامل نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ × صفت را برای نمایش نگرانه‌ای ژنوتیپ × محیط و ژنوتیپ × صفت به کار بردند. نتایج نشان داد که روابط متقابل خیلی بزرگ نبود تا نواحی مورد بررسی به ابر محیط‌های مختلف تقسیم شود؛ در نتیجه تجزیه داده‌های متعلق به چند سال از یک رقم در همه محیط‌ها بهترین بود. استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت روابط درونی بین عملکرد دانه، میزان روغن، پروتئین، ارتفاع گیاه، روز تا رسیدگی و دیگر صفات را روشن کرد و مقایسه چشمی ژنوتیپ‌ها را آسان کرد. نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت نشان داد که با توجه به ارتباط‌های درونی صفات مختلف انتخاب بر پایه عملکرد دانه به تنهایی کارساز نیست و بایستی در برنامه‌های اصلاحی چندین صفت به‌طور همزمان بررسی شود.

رقم مطلوب عملکرد دانه بالا و پایداری بالا در محیط‌های مختلف دارد (Yan *et al.*, 2007). با توجه

ژنوتیپ‌های نزدیک به هم در رأس چندضلعی را آسان می‌کند. بر پایه نظریه نمودار دوجهی چنانچه نمودار دوجهی بتواند به اندازه کافی تنوع داده‌ها را توجیه کند، ژنوتیپ‌های قرار گرفته در یک‌سوی خطوط عمود بر نمودار دوجهی و بالای میانگین عملکرد دارای عملکرد بالا و ژنوتیپ‌های قرار گرفته در سوی دیگر خطوط عمود بر نمودار دوجهی عملکرد پایین‌تر از میانگین دارند (Yan & Rajcan, 2002).

در زمینه ارزیابی ژنوتیپ‌ها با در نظر گرفتن چندین صفت به‌طور همزمان از روش نمودار دوجهی کارهای اندکی صورت گرفته است که در زیر به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود. دو آزمایش یکی در پنج و دیگری در سیزده محیط در جنوب مرکزی شیلی برای بررسی اثر متقابل عملکرد دانه در کلزا اجرا شد. اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای بیشتر مکان‌ها معنی‌دار بود. بسیاری از تغییرهای عملکرد دانه ناشی از محیط و ژنوتیپ × محیط بود. دو مؤلفه اول و دوم ۷۴/۵ و ۶۱/۱ درصد از تنوع کل را توجیه کرد. تجزیه و تحلیل پایداری نشان داد که دورگ (هیبرید) Monalisa بیشترین عملکرد و پایدارترین ژنوتیپ در همه محیط‌ها را داشت (Escobar *et al.*, 2011). Mostafavi *et al.* (2011) اثر متقابل ژنوتیپ × محیط در کلزا را با استفاده از روش نگرانه‌ای (گرافیکی) نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط بررسی کردند. نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط مورد نظر برای صفت عملکرد دانه ۹۴ درصد از تغییر داده‌ها را توجیه کرد. بر پایه این روش رقم‌های لیکورد، Hay-308 و مودنا بیشترین عملکرد دانه را داشتند. از بین این سه رقم مودنا بیشترین پایداری برای عملکرد را داشت. مناطق مورد ارزیابی در این بررسی به سه ابر محیط تقسیم شدند. در ارزیابی دیگر هفت رقم کلزا در سه مکان و در دو سال با سه تاریخ متفاوت کاشت در جنوب غربی استرالیا بررسی شد. نتایج نمودار دوجهی مربوط به عملکرد دانه محیط‌های مورد بررسی را به سه گروه (عملکرد بالا، عملکرد متوسط و عملکرد پایین) تقسیم کرد (Gunasekera *et al.*, 2006). بررسی همبستگی بین صفات با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت در چهار رقم کلزای زمستانه نشان داد که وزن

میلی‌متر تبخیر می‌شود، لذا بنابراین، میزان تبخیر ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌متر (دو برابر میزانی که در شرایط معمول تبخیر می‌شود) در نظر گرفته شد. تا پیش از اعمال تنش (آغاز گلدهی) هر دو قطعه (عادی و تنش) بر پایه ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A آبیاری شد. با آغاز گلدهی تنش مورد نظر آغاز شد و در محیط عادی آبیاری بر پایه ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر (بنا بر روال منطقه) و در محیط تنش بر پایه ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر (دو برابر روال منطقه) از تشتک تبخیر کلاس A صورت پذیرفت. در زمان گلدهی در محیط تنش آبیاری قطع شد و هنگامی که میزان تبخیر به ۲۰۰ میلی‌متر رسید آبیاری صورت گرفت. صفات مورد بررسی شامل تاریخ ۵۰ درصد گلدهی (DF)، عملکرد دانه (EY، به گرم)، عملکرد زیست‌توده (بیوماس؛ BY، به گرم)، وزن هزاردانه (SW، به گرم)، شاخص برداشت (HI)، طول غلاف (PL، به سانتی‌متر)، شمار دانه در غلاف (NSP)، شمار شاخه فرعی (NAS)، شمار غلاف در ساقه اصلی (NPS)، شمار غلاف در شاخه فرعی (NPA) و شمار کل غلاف در بوته (TP) بود.

روش‌های آماری

نمودار دووجهی ژنوتیپ × محیط بر پایه دو جزء اصلی (PC1 و PC2) ناشی از داده‌ها شکل گرفت و بر پایه رابطه (۱) شد (Yan, 1999; Yan et al., 2000).

$$Y_{ij} - \bar{y}_i = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

محاسبه برای تعیین بهترین ژنوتیپ در دو محیط چندضلعی نمودار دووجهی به روش Yan et al. (2000) ترسیم شد. تعیین بهترین ژنوتیپ یک بار با استفاده از عملکرد دانه و یک بار با استفاده از عملکرد دانه و دیگر صفات وابسته با آن انجام شد (Yan & Rajcan, 2002). برای نشان دادن نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت از رابطه (۲) استفاده شد:

$$\frac{T_{ij} - \bar{T}_j}{S_j} = \lambda_1 \xi_{i1} \tau_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \tau_{j2} + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

که 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 در بین میانگین‌های ژنوتیپ؛ ξ_{i1} و

به اینکه انتخاب بر مبنای عملکرد به تنهایی کارساز نیست؛ لذا افزون بر مقایسه ژنوتیپ‌ها از حیث عملکرد با در نظر گرفتن صفاتی که با عملکرد همبستگی مثبت دارند این پژوهش صورت گرفت و در نهایت ژنوتیپ مطلوب معرفی شد. با توجه به موارد بالا هدف از این ارزیابی عبارت بود از: (۱) بررسی روابط میان صفات مختلف با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در دو محیط عادی؛ تنش و دو محیط به‌طور همزمان، (۲) بررسی روابط بین ژنوتیپ‌ها و ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در دو محیط عادی؛ تنش و دو محیط به‌طور همزمان، (۳) مقایسه ژنوتیپ‌ها در دو محیط عادی و تنش بر پایه عملکرد با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × محیط و تعیین ژنوتیپ مطلوب در دو محیط عادی؛ تنش و دو محیط به‌طور همزمان.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و آزمایش

این پژوهش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و در زمینی به گستره حدود ۶۰۰ مترمربع صورت گرفت. مواد گیاهی شامل ژنوتیپ‌های اکاپی، زرفام، لیکورد، هایولا ۴۰۱، هایولا ۳۰۸، مودنا، اپرا، ساری گل، SLMO46 و RGS003 بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری معمولی و تنش اجرا شد. بذرهای مربوط به هر ژنوتیپ در چهار خط به طول ۲ متر کشت شد. فاصله بین خط‌ها ۶۰ سانتی‌متر، فاصله بوته‌ها ۲۰ سانتی‌متر، فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر و بین دو کرت (درون یک تکرار) ۱ متر بود. نخستین آبیاری در تاریخ ۱۳۹۱/۰۸/۰۱ انجام شد و به‌عنوان تاریخ کشت در نظر گرفته شد. در آغاز بذرها در عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متری کشت و در مرحله چهار تا پنج برگی عمل تنک کردن و واکاری انجام گرفت. تنش مورد نظر بر پایه میلی‌متر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A صورت گرفت. بنا بر روال مرسوم منطقه آبیاری معمول هر ده روز صورت می‌گرفت. با در نظر گرفتن میزان تبخیر از تشتک بخار ملاحظه شد که در این ده روز ۱۰۰

در ساقه اصلی و شمار کل غلاف در بوته با شمار دانه در غلاف، وزن هزاردانه، طول غلاف و شاخص برداشت همبستگی منفی وجود دارد. وجود زاویه منفرجه بین صفات گویای همبستگی منفی است و هرچقدر زاویه بین بردارهای مربوط به این صفات بزرگتر باشد؛ میزان این همبستگی منفی نیز بیشتر خواهد بود. بنابراین بیشترین همبستگی منفی بین شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی با طول غلاف مشاهده شد. وجود زاویه ۹۰ درجه نشان‌دهنده نبود همبستگی بین صفات است؛ بنابراین به‌طور تقریبی بین شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی، شمار غلاف در ساقه اصلی و طول غلاف با عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده هیچ‌گونه همبستگی مشاهده نشد. وجود زاویه حاده بین بردارها نشان‌دهنده همبستگی مثبت است و هرچقدر این زاویه کوچک‌تر باشد همبستگی بیشتر خواهد بود؛ با این تفاسیر بین عملکرد دانه با صفات وزن هزاردانه، شمار دانه در غلاف، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته همبستگی مثبت وجود دارد و از بین این صفات همبستگی عملکرد دانه با شمار دانه در غلاف و شمار شاخه فرعی بارزتر است. درون مجموعه A (شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در شاخه فرعی، شمار غلاف در ساقه اصلی، شمار کل غلاف در بوته و تاریخ ۵۰ درصد گلدهی) و مجموعه B (شمار دانه در غلاف، وزن هزاردانه، طول غلاف و شاخص برداشت) همبستگی مثبت و بین این دو مجموعه همبستگی منفی وجود دارد.

بررسی رابطه بین صفات در محیط تنش با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت تنش نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت تنش ۶۲/۳۳ درصد از کل تنوع موجود در داده‌های استاندارد شده را توضیح داد (شکل ۱-b). با توجه به اینکه نمودار دوجهی ۶۲/۳۳ درصد از تنوع موجود را توجیه می‌کند؛ لذا الگوی اساسی بین صفات توسط نمودار دوجهی قابل توجیه است. با توجه به اینکه طول بردار صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، طول غلاف، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته بیشتر از دیگر صفات است؛ لذا بیشترین تنوع

به ترتیب نمره‌های PC1 و PC2 برای ژنوتیپ i ؛ T_{j1} و T_{j2} نمره‌های PC1 و PC2 برای صفت j ؛ و ϵ_{ij} باقی‌مانده مدل است. در واقع معادله بالا تجزیه PCA داده‌های استاندارد با دو مؤلفه است. از آنجایی که صفات مختلف مقیاس‌های متفاوت دارند؛ لذا استاندارد کردن برای از بین برداشتن واحد صورت گرفت. استاندارد کردن با استفاده از رابطه $Z=(X-\mu)/\sigma$ صورت گرفت که Z عدد استاندارد شده، X داده اولیه، μ میانگین آن صفت و σ انحراف معیار صفت است. برای هر صفت جداگانه عمل استاندارد کردن صورت گرفت. نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت با پلات نمره‌های PC1 در مقابل نمره‌های PC2 برای هر ژنوتیپ و هر صفت به دست آمد. تجزیه‌های آماری بالا در دو محیط عادی و تنش به‌طور جداگانه و دو محیط عادی و تنش باهم صورت گرفت. لازم به یادآوری است که همبستگی‌های به‌دست‌آمده از نوع ساده است. در تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای (Excel (2007، SPSS (PASW و GenStat (12th Edition) Statistics18) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت

بررسی رابطه بین صفات با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت بررسی رابطه بین صفات در محیط عادی با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت برای محیط عادی ۵۹/۳۱ درصد از کل تنوع موجود در داده‌های استاندارد شده را توجیه کرد (شکل ۱-a). با توجه به اینکه نمودار دوجهی ۵۹/۳۱ درصد از تنوع موجود را توجیه می‌کند؛ لذا الگوی اساسی بین صفات توسط نمودار دوجهی توجیه می‌شود. با توجه به اینکه طول بردار بیشتر نشان‌دهنده نقش بیشتر آن صفت در توجیه تنوع کل است؛ لذا بیشترین تنوع توجیه‌شده توسط نمودار دوجهی ناشی از صفات عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شمار دانه در غلاف و شمار غلاف در ساقه اصلی بود. بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که بین شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی، شمار غلاف

ارزیابی و مقایسه ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در محیط عادی

شکل a-۲ چندضلعی ترسیم‌شده بر پایه نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت را در محیط عادی نشان می‌دهد. خطوط عمود بر اضلاع چندضلعی مقایسه بین ژنوتیپ‌های نزدیک قرار گرفته در رئوس چندضلعی را آسان می‌کند. با توجه به چندضلعی نمودار دووجهی ژنوتیپ Hay-308 از لحاظ صفات تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در ساقه اصلی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته بهتر از دیگر ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزاردانه و شمار دانه در غلاف بهترین بودند و ژنوتیپ Hay-401 شاخص برداشت و طول غلاف خوبی داشت. ژنوتیپ‌های اکاپی، ساری گل، مودنا، اپرا، SLM046 و RGS003 از لحاظ هیچ صفتی خوب نبودند.

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در محیط تنش

با توجه به چندضلعی نمودار دووجهی (شکل b-۲) ژنوتیپ Hay-308 از لحاظ صفات تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در ساقه اصلی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته بهتر از دیگر ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزاردانه و ژنوتیپ Hay-401 و اپرا شمار دانه در غلاف و طول غلاف خوبی داشت. ژنوتیپ‌های اکاپی، ساری گل، مودنا، SLM046 و RGS003 از لحاظ هیچ صفتی خوب نبودند.

ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در دو محیط عادی و تنش

با توجه به چندضلعی نمودار دووجهی (شکل c-۲) ژنوتیپ Hay-308 و مودنا از لحاظ صفات تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد زیست‌توده، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در ساقه اصلی، شمار غلاف در شاخه فرعی

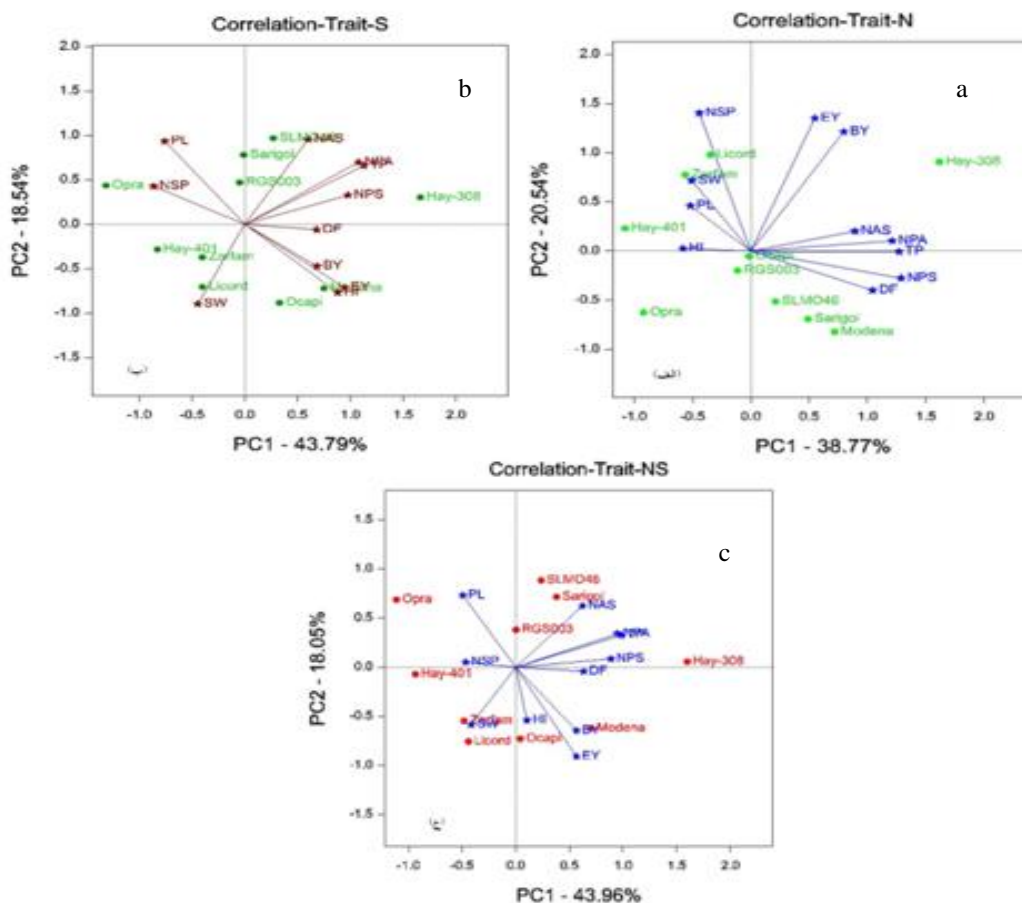
توجیه‌شده توسط نمودار دووجهی ناشی از این صفات بود. بررسی همبستگی بین صفات نشان داد که بین مجموعه صفات A (عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت) با طول غلاف و شمار دانه در غلاف همبستگی منفی؛ با شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف بدون همبستگی و با شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی، وزن هزاردانه و شمار غلاف در ساقه اصلی همبستگی مثبت وجود دارد. بین مجموعه B (شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی، شمار غلاف در ساقه اصلی، شمار غلاف در شاخه فرعی، شمار کل غلاف) با طول غلاف بدون همبستگی و با وزن هزاردانه و شمار دانه غلاف همبستگی منفی وجود دارد. بین وزن هزاردانه با طول غلاف و شمار دانه در غلاف هیچ‌گونه همبستگی وجود ندارد. درون مجموعه A و B همبستگی مثبت وجود دارد. همبستگی منفی عملکرد دانه با شمار دانه در غلاف و طول غلاف و همبستگی مثبت آن با شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده بارزتر است.

بررسی رابطه بین صفات در دو محیط عادی و تنش با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت

نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت برای دو محیط ۶۲/۰۱ درصد از کل تنوع موجود در داده‌های استانداردشده را توضیح داد (شکل c-۱). با توجه به اینکه نمودار دووجهی ۶۲/۰۱ درصد از تنوع موجود را توجیه می‌کند؛ لذا الگوی اساسی بین صفات توسط نمودار دووجهی قابل توجیه است. با توجه به اینکه طول بردار صفات عملکرد دانه، طول غلاف، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته بیشتر از دیگر صفات است؛ لذا بیشترین تنوع توجیه‌شده توسط نمودار دووجهی ناشی از این صفات بود. بررسی همبستگی بین صفات نشان می‌دهد که روابط موجود تا حد بسیار زیادی با محیط تنش همخوانی دارد. نتایج تحقیقات چندی نشان داده است که صفات عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، طول دوره رسیدگی، وزن هزاردانه، وزن دانه در بوته و شمار شاخه فرعی همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد داشته‌اند (Faramarzi *et al.*, 2010; Ozoni & Esfahani, 2009).

و شمار کل غلاف در بوته بهتر از دیگر ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ اکاپی از لحاظ عملکرد دانه و شاخص برداشت در دو محیط به نسبت خوب بود و ژنوتیپ‌های لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزاردانه و ژنوتیپ Hay-401 و اپرا شمار دانه در غلاف و طول غلاف خوبی داشت. به‌طور کل در دو محیط ژنوتیپ‌های ساری گل،

و شمار کل غلاف در بوته بهتر از دیگر ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ اکاپی از لحاظ عملکرد دانه و شاخص برداشت در دو محیط به نسبت خوب بود و ژنوتیپ‌های لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزاردانه و ژنوتیپ Hay-401 و اپرا شمار دانه در غلاف و طول غلاف خوبی داشت. به‌طور کل در دو محیط ژنوتیپ‌های ساری گل،



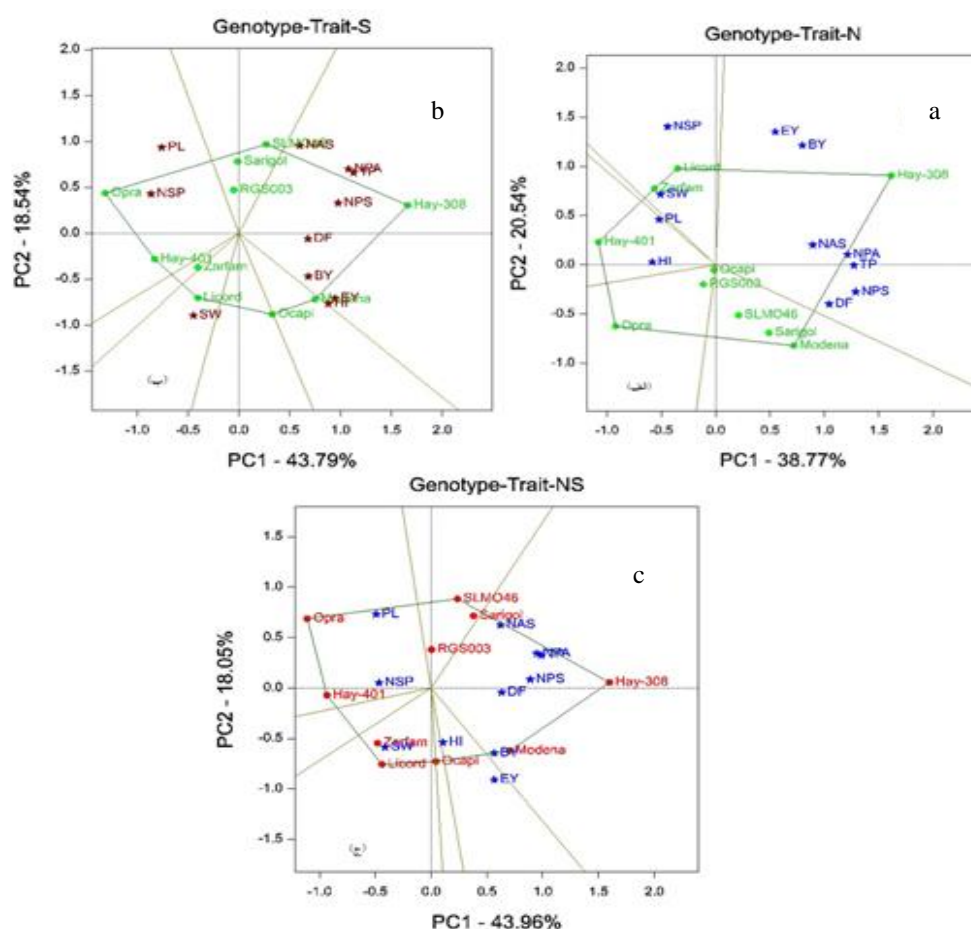
شکل ۱. بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در محیط: (a) نرمال، (b) تنش، (c) دو محیط نرمال و تنش
 Figure 1. Genotype × trait Biplot: a) Normal, b) Stress, c) Normal and Stress

کل است؛ لذا بیشترین تنوع توجیه‌شده توسط نمودار دوجهی ناشی از ژنوتیپ‌های Hay-308، ساری گل و اکاپی بود؛ بنابراین در این ژنوتیپ‌ها تنوع بیشتری وجود دارد. با توجه به اینکه رکن یک برنامه اصلاحی وجود تنوع است لذا از این حیث ژنوتیپ‌های بالا برتر هستند. بررسی همبستگی بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که ژنوتیپ Hay-308 (از لحاظ عملکرد و بعضی صفات مرتبط با عملکرد برتر از دیگر ژنوتیپ‌ها بود) با ژنوتیپ‌های Hay-401، لیکورد و زرفام همبستگی

بررسی رابطه بین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت
 بررسی رابطه بین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت در محیط عادی
 در محیط عادی دو مؤلفه اول و دوم ۶۲/۱ درصد از تنوع کل موجود در داده‌های استانداردشده را توجیه کردند، لذا مؤلفه‌های غالب در توجیه تنوع هستند (شکل a-۳). با توجه به اینکه طول بردار بیشتر نشان‌دهنده نقش بیشتر آن ژنوتیپ در توجیه تنوع

به این امر در محیط عادی بهترین تلاقی در برنامه‌های اصلاحی برای دستیابی به بیشترین تنوع و امکان به دست آوردن دورگ‌های با صفات مطلوب تلاقی Hay-308 با Hay-401، لیکورد و زرفام خواهد بود. تلاقی بیشتر بین این‌ها بهترین تلاقی خواهد بود. از دیگر همبستگی‌های شاخص می‌توان به همبستگی منفی بین ژنوتیپ‌های مجموعه A (مودنا، اکاپی و Hay-308) با مجموعه B (زرفام، لیکورد، اپرا و Hay-401) و همبستگی مثبت درون این دو مجموعه اشاره کرد.

منفی دارد؛ ژنوتیپ Hay-401 از لحاظ شاخص برداشت و طول غلاف و ژنوتیپ‌های لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزاردانه و شمار دانه در غلاف بهترین بودند. وجود همبستگی منفی نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها زمینه ژنتیکی متفاوتی داشته‌اند که باعث اختلاف آن‌ها شده است؛ بنابراین چنانچه بین این ژنوتیپ‌های با همبستگی منفی تلاقی صورت گیرد امکان مشاهده ژنوتیپ‌های برتر و مناسب هم از لحاظ عملکرد و هم از لحاظ شاخص برداشت، طول غلاف، وزن هزاردانه و شمار دانه در غلاف خواهد بود. با توجه



شکل ۲. مقایسه ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس بای پلات ژنوتیپ × صفت در محیط: (a: نرمال، b: تنش، c) دو محیط نرمال و تنش
Figure 2. Comparison of rapeseed genotypes based on genotype × trait Biplot: a) Normal, b) Stress, c) Normal and Stress

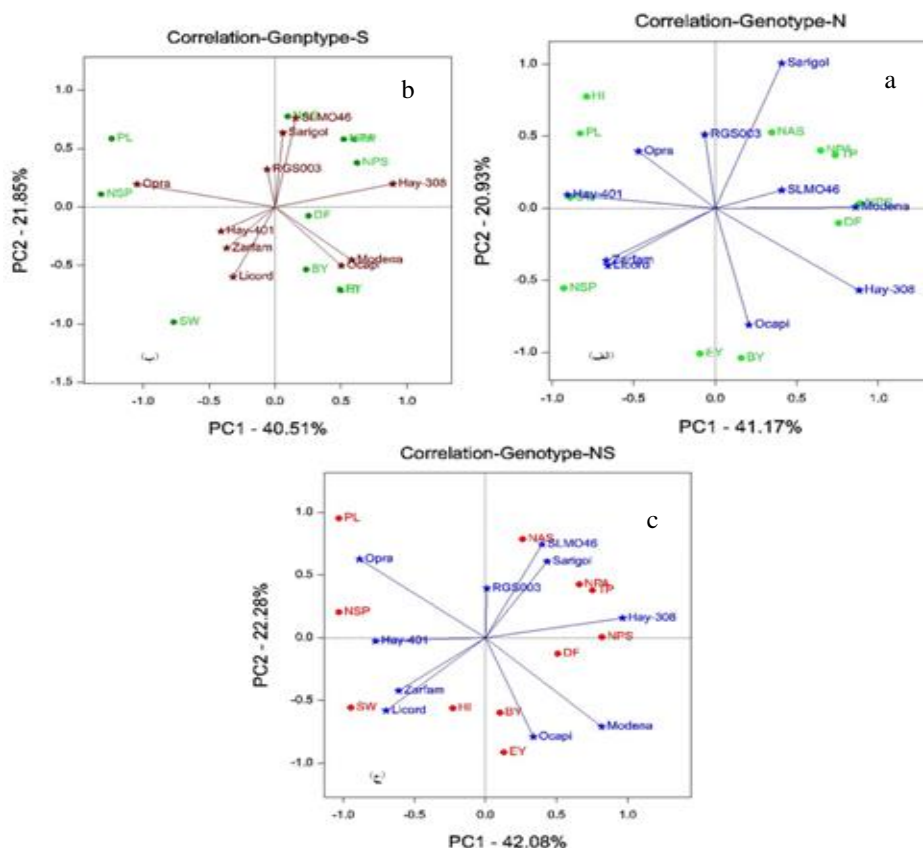
(شکل b-۳). با توجه به طول بردار بیشتر ژنوتیپ‌های Hay-308 و اپرا بیشترین تنوع توجیه‌شده توسط نمودار دووجهی ناشی از این ژنوتیپ‌ها بود؛ بنابراین در این ژنوتیپ‌ها تنوع بیشتری وجود دارد. بررسی همبستگی بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که درون

بررسی رابطه بین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در محیط تنش

در محیط تنش دو مؤلفه اول و دوم ۶۲/۳۶ درصد از تنوع کل موجود در داده‌های استانداردشده را توجیه کردند، لذا مؤلفه‌های غالب در توجیه تنوع هستند

بررسی رابطه بین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت در دو محیط عادی و تنش در دو مؤلفه اول و دوم ۶۴/۳۶ درصد از تنوع کل موجود در داده‌های استاندارد شده را توجیه کردند، لذا مؤلفه‌های غالب در توجیه تنوع هستند (شکل ۳-۳). با توجه به طول بردار بیشترین ژنوتیپ‌های Hay-308، مودنا، اکاپی و اپرا بیشترین تنوع توجیه‌شده توسط نمودار دووجهی ناشی از این ژنوتیپ‌ها بود؛ بنابراین در این ژنوتیپ‌ها تنوع بیشتری وجود دارد. بررسی همبستگی بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که همانند محیط تنش بهترین تلاقی بین Hay-308 با Hay-401 مورد انتظار است و دیگر همبستگی‌ها نیز مانند محیط تنش است.

ژنوتیپ‌های مجموعه A (Hay-308، مودنا و اکاپی) و ژنوتیپ‌های مجموعه B (لیکورد، زرفام، اپرا و Hay-401) همبستگی مثبت وجود دارد. بین ژنوتیپ Hay-308 با ژنوتیپ‌های مجموعه B همبستگی منفی وجود دارد. با توجه به مطلوب بودن لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزاردانه، Hay-401 و اپرا از لحاظ شمار دانه در غلاف و طول غلاف و Hay-308 از لحاظ عملکرد و صفات وابسته می‌توان بهترین تلاقی را بین ژنوتیپ Hay-308 با مجموعه B را انتظار داشت؛ ضمن اینکه از بین این تلاقی‌ها به دلیل همبستگی منفی بیشتر بین Hay-308 با Hay-401 این تلاقی بهترین خواهد بود. سه ژنوتیپ ساری گل، SLM046 و RGS003 با نداشتن هیچ صفت مطلوب نیز همبستگی مثبت داشتند.



شکل ۳. بررسی رابطه بین ژنوتیپ‌ها بر اساس بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در محیط: (a) نرمال، (b) تنش، (c) دو محیط نرمال و تنش
Figure 2. Study of relationship between rapeseed genotypes based on genotype × trait Biplot: a) Nnormal, b) Stress, c) Normal and Stress

قسمت اعظم واریانس (< ۵۰ درصد) توسط نمودار دووجهی توجیه می‌شود لذا ضریب همبستگی بین دو صفت می‌تواند با توجه به کسینوس زاویه بین

بررسی رابطه بین صفات با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ × صفت نشان داد که تنوع توجیه‌شده بین ۵۹/۳۱ تا ۶۲/۳۳ متغیر است. با توجه به اینکه

غلاف خوبی داشت. ژنوتیپ‌های ساری گل، SLM046 و RGS003 به‌عنوان بدترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. مودنا نیز میانگین عملکرد دانه خوبی در دو محیط داشت. بررسی رابطه بین ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دووجهی ژنوتیپ \times صفت نشان می‌دهد که کدام دو والد شباهت و کدام دو والد تفاوت دارند. در صورت انجام تلاقی این امر در انتخاب والدین و به دست آوردن بهترین دورگ از لحاظ صفت مد نظر می‌تواند مؤثر باشد. با در نظر گرفتن دو مؤلفه اول میزان زیادی از تنوع ($< 50\%$) موجود در داده‌های استاندارد شده قابل توجه بود. با توجه به این امر کسینوس زاویه بین ژنوتیپ‌ها می‌تواند در تقریب همبستگی بین آن‌ها به کار رود. بررسی طول بردار در نمودار دووجهی ژنوتیپ \times صفت نشان داد که در محیط عادی ژنوتیپ‌های Hay-308، ساری گل و اکاپی؛ در محیط تنش ژنوتیپ‌های Hay-308 و اپرا و با در نظر گرفتن دو محیط با هم ژنوتیپ‌های Hay-308، مودنا و اکاپی بیشترین نقش در توجه تنوع نمودار دووجهی داشتند؛ بنابراین در این ژنوتیپ‌ها تنوع بیشتری وجود دارد. وجود تنوع بالاتر امکان انتخاب را در برنامه‌های اصلاحی بیشتر می‌کند. به‌عبارت‌دیگر امکان دارد که این‌گونه ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف امکان سازگاری بیشتری را داشته باشند.

بررسی رابطه بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که در محیط عادی بین ژنوتیپ Hay-308 (عملکرد بالا) با ژنوتیپ‌های Hay-401 (شاخص برداشت و طول غلاف بالا)، لیکورد و زرفام (وزن هزاردانه و شمار دانه در غلاف بالا) همبستگی منفی وجود دارد. وجود همبستگی منفی نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها زمینه ژنتیکی متفاوتی داشته‌اند که باعث اختلاف آن‌ها شده است؛ بنابراین چنانچه بین این ژنوتیپ‌های با همبستگی منفی تلاقی صورت گیرد امکان مشاهده ژنوتیپ‌های برتر و مناسب هم از لحاظ عملکرد و هم از لحاظ شاخص برداشت، طول غلاف، وزن هزاردانه و شمار دانه در غلاف خواهد بود. با توجه به این امر بهترین تلاقی در برنامه‌های اصلاحی برای دستیابی به بیشترین تنوع و امکان به دست آوردن دورگ‌های با صفات مطلوب در محیط عادی تلاقی Hay-308 با

بردارهای آن‌ها تقریب‌زده شود. زاویه منفی نشان‌دهنده ضریب همبستگی منفی، زاویه حاد نشان‌دهنده ضریب همبستگی مثبت و زاویه قائمه (90° درجه) نشان‌دهنده ضریب همبستگی صفر است. بیشترین همبستگی منفی بین شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی با طول غلاف مشاهده شد. بین شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی، شمار غلاف در ساقه اصلی و طول غلاف با عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده هیچ‌گونه همبستگی مشاهده نشد. بین عملکرد دانه با صفات طول غلاف، وزن هزاردانه، شمار دانه در غلاف، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته همبستگی مثبت وجود داشت. در محیط تنش همبستگی عملکرد دانه با شمار دانه در غلاف و طول غلاف منفی، همبستگی آن با شاخص برداشت، وزن هزاردانه، شمار روز تا ۵۰ درصد گلدهی، شمار غلاف در ساقه اصلی و عملکرد زیست‌توده مثبت و بین آن با شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف همبستگی وجود نداشت. با در نظر گرفتن دو محیط عادی و تنش با هم روابط بین صفات تا حد زیادی با محیط تنش همخوانی دارد. طول بردار در نمودار دووجهی تا حدودی متناسب با انحراف معیار استاندارد آن‌ها است، بنابراین طول بردار بیشتر نشان‌دهنده نقش بیشتر آن ژنوتیپ یا صفت در توجه تنوع داده‌های نمودار دووجهی است. عملکرد دانه در محیط عادی، تنش و دو محیط با هم نقش پر رنگی در توجه تنوع توسط نمودار دووجهی داشت؛ این موضوع نشان می‌دهد که عملکرد دانه بالاترین تنوع در میان دیگر صفات را دارد. استفاده از چندضلعی نمودار دووجهی ژنوتیپ \times صفت مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه چندین صفت را آسان می‌کند و ژنوتیپ‌هایی که از لحاظ بعضی صفات خاص برتر باشند شناسایی می‌کند. بنابراین در محیط عادی، تنش و دو محیط با هم ژنوتیپ Hay-308 از لحاظ صفات تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در ساقه اصلی، شمار غلاف در شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته بهتر از دیگر ژنوتیپ‌ها است. ژنوتیپ لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزاردانه و ژنوتیپ Hay-401 طول

محور عملکرد پایین‌تر از میانگین کل دارند. ژنوتیپ‌های بالا عملکرد بیشتری نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها دارند. ژنوتیپ‌های RGS003، Hay-401، SLM046، ساری گل و اپرا به ترتیب کمترین عملکرد را دارند؛ ضمن اینکه از میانگین کل ژنوتیپ‌ها نیز عملکرد آنها کمتر است.

مقایسه ژنوتیپ‌ها در محیط تنش بر پایه عملکرد با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط

شکل ۴-b رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را در محیط تنش نشان می‌دهد. با توجه به ترتیب قرار گرفتن ژنوتیپ روی محور نشان‌دهنده عملکرد عملکرد ژنوتیپ Hay-308 بیشترین عملکرد در محیط تنش را دارد. ژنوتیپ‌های مودنا، لیکورد، اکاپی زرفام و RGS003 نیز به ترتیب پس از Hay-308 بالاترین عملکرد را دارند؛ ضمن اینکه به علت قرار گرفتن در بالاتر از محور میانگین کل عملکرد بیشتری نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها دارند. ژنوتیپ‌های SLM046، Hay-401، ساری گل و اپرا به ترتیب کمترین عملکرد و عملکرد کمتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها دارند.

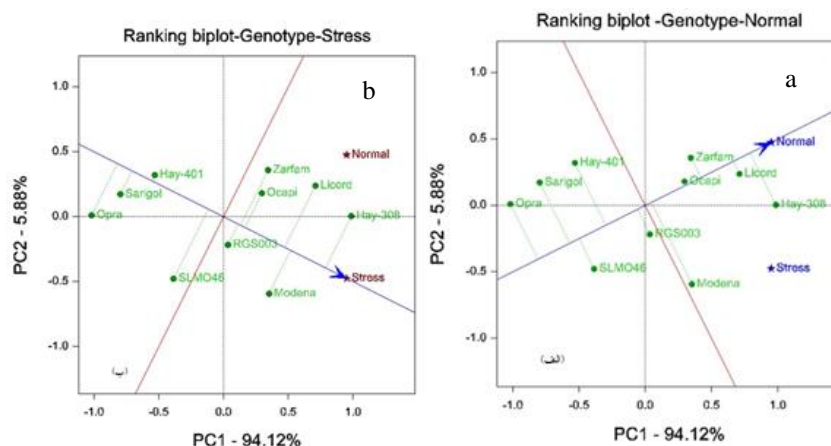
Hay-401، لیکورد و زرفام؛ در محیط تنش بین Hay-308 با لیکورد، زرفام، اپرا و Hay-401 و در مجموع دو محیط نیز همانند محیط تنش خواهد بود.

تجزیه نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط

مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه عملکرد با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط

مقایسه ژنوتیپ‌ها در محیط عادی بر پایه عملکرد با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط

شکل ۴-a رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها را در محیط عادی نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌هایی که متمایل به انتهای محور نشان‌دهنده عملکرد (محدود دارای پیکان) باشند عملکرد بیشتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها دارند. با توجه به این امر ژنوتیپ Hay-308 بیشترین عملکرد در محیط عادی دارد. ژنوتیپ‌های لیکورد، زرفام، اکاپی و مودنا نیز به ترتیب پس از Hay-308 بالاترین عملکرد را دارند. محوری که عمود بر محور نشان‌دهنده عملکرد ترسیم شده است میانگین کل ژنوتیپ‌ها را نشان می‌دهد. ژنوتیپ‌های بالاتر از این محور عملکرد بیشتر و ژنوتیپ‌های قرار گرفته در زیر



شکل ۴. مقایسه ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد بای‌پلات ژنوتیپ × صفت در محیط: (a) نرمال، (b) تنش

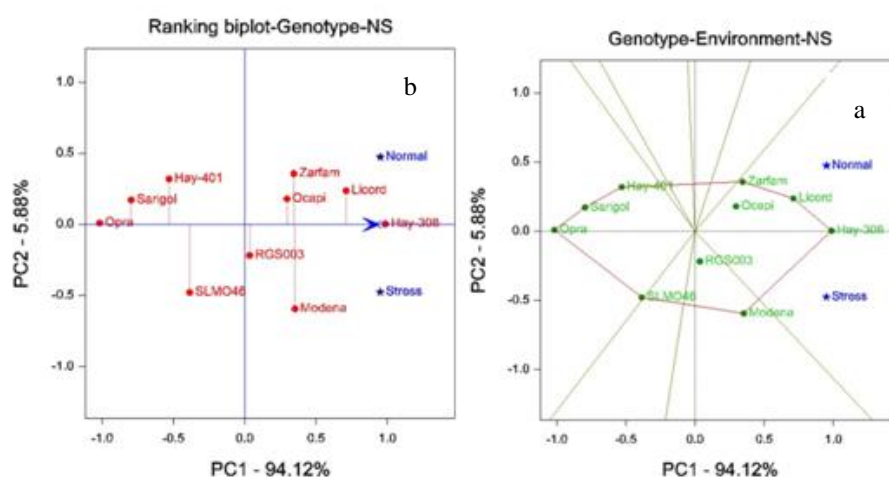
Figure 4. Comparison of genotypes based on genotype × environment Biplot: a) Normal, b) Stress

نشانداری شده با نوک پیکان ترتیب ژنوتیپ‌ها را از لحاظ عملکرد نشان می‌دهد. محور عمود بر آن میانگین کل عملکرد همه ژنوتیپ‌ها را در دو محیط مشخص می‌کند. بنابراین در هر دو محیط ژنوتیپ Hay-308 بالاترین عملکرد را دارد. در هر دو محیط ژنوتیپ‌های

ارزیابی و مقایسه ژنوتیپ‌ها با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط در دو محیط عادی و تنش بر پایه عملکرد نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط به صورت چندوجهی و رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها برای دو محیط به ترتیب در شکل ۵-a و ۵-b نشان داده شده است. محور

نتایج Sabaghnia *et al.* (2011) نشان داد که دورگ برتری کافی برای عملکرد وجود دارد و رقم‌های SLM046 و Orient در برنامه‌های اصلاحی طراحی شده برای محیط‌های تنش و شناسایی رگه‌های مقاوم در برابر تنش خشکی در شرایط خشک و نیمه‌خشک اهمیت دارند که این برخلاف نتایج به‌دست‌آمده در آزمایش کنونی است. علت این امر می‌تواند اجرای آزمایش در دو شرایط آب و هوایی متفاوت باشد. بررسی چهار رقم کلزا نشان داد که ژنوتیپ SLM046 بیشترین عملکرد دانه و درصد روغن را دارد؛ در صورتی که در آزمایش کنونی جزء ژنوتیپ‌های نامطلوب شناسایی شد (Dehghani *et al.*, 2008).

لیکورد، زرفام- مودنا، اکاپی، RGS003 بالاترین عملکرد و عملکرد بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط دارند. دیگر ژنوتیپ‌ها که در سمت چپ نمودار دوجهی و محور میانگین کل قرار گرفته‌اند به ترتیب (SLM046، Hay-401، ساری گل و اپرا) کمترین عملکرد در دو محیط را دارند. نکته قابل توجه دیگری که از این نمودار دوجهی به دست می‌آید این است که دو محیط عادی و تنش در یک بخش از چندضلعی قرار گرفته‌اند؛ در نتیجه این دو محیط تفاوت چندانی را با یکدیگر از لحاظ عملکرد ژنوتیپ‌ها نداشتند. تجزیه واریانس مرکب نشان داد (جدول نیامده است) که تفاوت بین دو محیط (عادی و تنش) معنی‌دار است و لذا تنش بالا تأثیرگذار بوده است.



شکل ۵. ارزیابی و مقایسه ژنوتیپ‌ها با استفاده از بای‌پلات ژنوتیپ در دو محیط بر اساس عملکرد
Figure 5. Evaluation and comparison of genotypes using genotypes × environments Biplot based on yield

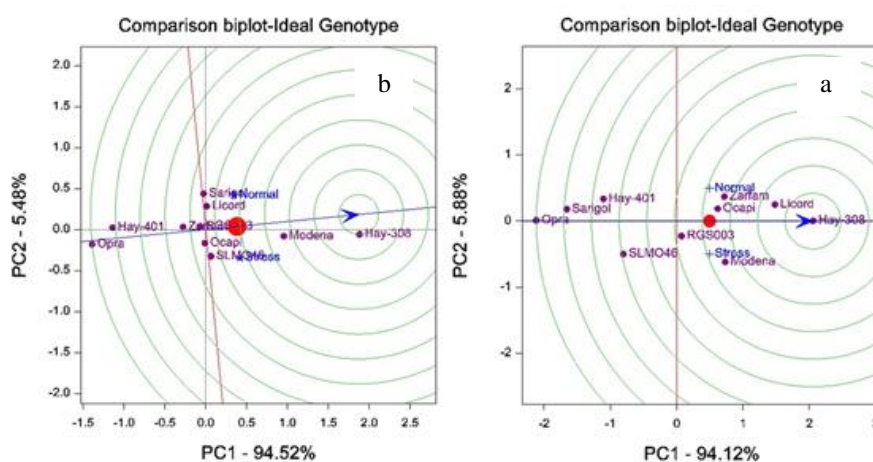
مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه عملکرد با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط نشان داد که در محیط عادی Hay-308 بیشترین عملکرد و پس از آن لیکورد، زرفام، اکاپی، مودنا عملکرد بالاتر از میانگین کل داشتند. در محیط تنش نیز ترتیب ژنوتیپ‌ها برحسب عملکرد به صورت Hay-308، مودنا، لیکورد، اکاپی، زرفام، RGS003 بود؛ ضمن اینکه عملکرد بالاتر از میانگین کل نیز داشتند. در مجموع دو محیط ژنوتیپ‌های Hay-308، لیکورد، زرفام- مودنا، اکاپی، RGS003 بالاترین عملکرد و عملکرد بالاتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. لازم به یادآوری است که در هر

تعیین ژنوتیپ مطلوب در دو محیط بر پایه عملکرد، عملکرد و صفات وابسته با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط همان‌طور که از شکل a-۶ بر می‌آید بر پایه عملکرد، ژنوتیپ Hay-308 بهترین ژنوتیپ یا ژنوتیپ مطلوب در دو محیط است. پس از آن لیکورد بالاترین عملکرد در دو محیط عادی و تنش را دارد. با در نظر گرفتن عملکرد و دیگر صفات وابسته با آن (شکل b-۶) ژنوتیپ Hay-308 به‌عنوان بهترین ژنوتیپ یا ژنوتیپ مطلوب شناخته شد و پس از آن مودنا تظاهر بهتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها داشت.

ژنوتیپ‌ها داشتند. دیگر ژنوتیپ‌ها با توجه به موقعیت بدتر نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها چندان مناسب نبودند. بدترین ژنوتیپ در دو محیط‌ها اپرا شناخته شد. لازم به بیان است که این ژنوتیپ‌ها در شرایط آب و هوایی بیرجند چنین رتبه‌بندی دارند و ممکن است در محیط‌های دیگر با آب‌وهوای متفاوت رتبه‌بندی آن‌ها تغییر کند. به‌طور کل با در نظر گرفتن عملکرد، Hay-308 بهترین ژنوتیپ یا ژنوتیپ مطلوب و پس از آن لیکورد در رتبه دوم قرار گرفت. با در نظر گرفتن عملکرد و صفات وابسته با آن نیز Hay-308 به‌عنوان بهترین ژنوتیپ یا ژنوتیپ مطلوب شناخته شد و پس از آن مودنا تظاهر بهتری نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها دارد.

دو محیط چه به‌طور جداگانه و چه به‌صورت با هم Hay-401، SLM046، ساری گل و اپرا کمترین عملکرد را داشتند.

مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه عملکرد و صفات وابسته با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط نشان داد که در محیط عادی Hay-308 بهترین ژنوتیپ است. پس از آن ژنوتیپ‌های مودنا، ساری گل، لیکورد موقعیت بهتری را نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها دارند. در محیط تنش به ترتیب Hay-308، مودنا، SLM046، اکاپی بهترین ژنوتیپ‌ها بودند. با در نظر گرفتن دو محیط با هم ژنوتیپ‌های Hay-308 و مودنا بهترین ژنوتیپ‌ها و ژنوتیپ‌های ساری گل، لیکورد، RGS003، اکاپی و SLM046 موقعیتی همسان با میانگین کل



شکل ۶. تعیین ژنوتیپ ایده‌آل بر اساس: (a) عملکرد، (b) عملکرد و صفات وابسته
Figure 6. Ideal genotyping based on: a) yield, b) yield and correlated traits

شاخه فرعی و شمار کل غلاف در بوته بهتر از دیگر ژنوتیپ‌ها، لیکورد و زرفام از لحاظ وزن هزارانه و Hay-401 طول غلاف خوبی داشت. ژنوتیپ‌های ساری گل، SLM046 و RGS003 به‌عنوان بدترین ژنوتیپ‌ها شناسایی شدند. در محیط عادی ژنوتیپ‌های Hay-308، ساری گل و اکاپی؛ در محیط تنش ژنوتیپ‌های Hay-308 و اپرا و با در نظر گرفتن دو محیط با هم ژنوتیپ‌های Hay-308، مودنا و اکاپی بیشترین نقش در توجیه تنوع نمودار دوجهی داشتند. مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه عملکرد با استفاده از نمودار دوجهی ژنوتیپ × محیط نشان داد، در محیط عادی Hay-308

نتیجه‌گیری

به‌طور کل نتایج نشان داد که عملکرد دانه در محیط عادی، تنش و دو محیط با هم نقش پررنگی در توجیه تنوع توسط نمودار دوجهی داشت. استفاده از چندضلعی نمودار دوجهی ژنوتیپ × صفت مقایسه ژنوتیپ‌ها بر پایه چندین صفت را آسان و ژنوتیپ‌هایی که از لحاظ بعضی صفات خاص برتر بودند شناسایی کرد. بنابراین در محیط عادی، تنش و دو محیط با هم ژنوتیپ Hay-308 از لحاظ صفات تاریخ ۵۰ درصد گلدهی، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شمار شاخه فرعی، شمار غلاف در ساقه اصلی، شمار غلاف در

دارای بیشترین عملکرد و پس از آن لیکورد، زرفام، اکاپی، مودنا، در محیط تنش نیز ترتیب ژنوتیپها برحسب عملکرد به صورت Hay-308، مودنا، لیکورد، زرفام، RGS003 و در مجموع دو محیط ژنوتیپهای Hay-308، لیکورد، زرفام- مودنا، اکاپی، RGS003 بالاترین عملکرد را داشتند. به طور کل با در نظر گرفتن عملکرد، Hay-308 ژنوتیپ مطلوب تشخیص داده شد.

REFERENCES

1. Cooper, M. & Hammer, G. L. (1996). *Plant adaptation and crop improvement*. CAB International/IRRI/ICRISAT, Wallingford, Oxon, UK.
2. Dehghani, H., Omidi, H. & Sabaghnia, N. (2008). Graphic analysis of trait relations of Rapeseed using the Biplot method. *Agronomy Journal*, 100(100), 1443-1449.
3. Escobar, M., Berti, M., Matus, I., Tapia, M. & Johnson, B. (2011). Genotype \times environment interaction in Canola (*Brassica napus* L.), seed yield in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 71(2), 175-186.
4. Faramarzi, A., Saleh Pile Rod, F., Mostefaei, H. & Mardan, R. (2010). *Evaluation and comparison of 17 promising genotypes of spring canola under dry land conditions in the Meyaneh*. 3th International Seminar oilseeds and edible oils. Tehran, pp.139-144.
5. Gabriel, K. R. (1971). The Biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58, 453-467.
6. Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M. & Walton, G. H. (2006). Genotype by Environment interactions of Indian mustard (*B. juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments: 1. Crop growth and seed yield. *European Journal of Agronomy*, 25(1), 1-12.
7. Kang, M. S. (1990). *Genotype-by-environment interaction and plant breeding*. Louisiana State University Agriculture Center, Baton Rouge, Louisiana. pp. 261-272.
8. Kang, M. S. & Gauch, H. G. (1996). *Genotype-by-environment interaction*. CRC. Press, Boca Raton, Florida, pp. 199-234.
9. Mostafavi, KH., Mohammadi, A., Khodarahmi, M. & Zabet, M. (2011). Response study of canola cultivars to multi-environments using genotype plus genotype environment interaction (GGE) Biplot method in Iran. *African Journal of Biotechnology*, 10(53), 10877-10881.
10. Ozoni, D. A. & Esfahani, M. (2009). *Relationships between yield and related traits in Rapeseed (Brassica napus L.)*. 1th National Conference on Oilseeds, Esfahan, Iran, pp.130-135. (in Farsi)
11. Sabaghnia, N., Dehghani, H., Alizadeh, B. & Moghaddam, M. (2011). Yield analysis of Rapeseed under water-stress conditions using GGE Biplot methodology. *Journal of Crop Improvement*, 5, 26-45.
12. Yan, W. (1999). *Methodology of cultivar evaluation based on yield trial data with special reference to winter wheat in Ontario*. Ph. D Thesis, University of Guelph, Guelph, ON, Canada.
13. Yan, W. & Wallace, D. H. (1995). Breeding for negatively associated traits. *Plant Science, Plant Breeding Review*, 13, 141-177
14. Yan, W. & Rajcan, I. (2002). Biplot Analysis of test sites and trait relations of Soybean in Ontario. *Crop Science*, 42, 11-20.
15. Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q. & Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Science*, 40, 597-605.
16. Yan, W., Kang, M., Ma, B., Woods, S. & Cornelius, P. (2007). GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype by environment data. *Crop Science*, 47, 643-653.