

تجزیه و تحلیل قابلیت ترکیب پذیری عملکرد دانه در آفتابگردان (*Helianthus annuus*) تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبی

حمید حاتمی ملکی^{۱*} و رضا درویش زاده^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۸)

چکیده

با توجه به اهمیت برآورد ترکیب پذیری عمومی و خصوصی، در طراحی برنامه‌های به نژادی افزایش عملکرد آفتابگردان، ارزیابی ژنتیکی عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبی و از طریق تجزیه بای پلات طرح تلاقی دی آلل ۶×۶ انجام شد. والدین و نتاج آنها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به طور جداگانه در هر یک از شرایط محیطی در گلخانه کشت گردیدند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس جداگانه آزمایش‌ها، میانگین مربعات ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که دو مولفه اول در مجموع ۷۷/۹٪ و ۸۲/۵٪ از تنوع کل را به ترتیب در شرایط نرمال و تنش کم آبی توجیه می‌نمایند و بنابراین، استخراج اطلاعات از طریق روش گرافیکی بای پلات امکان‌پذیر می‌باشد. از بین والدین مورد بررسی، والد LR25 دارای بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و مثبت در هر دو شرایط محیطی بود. ژنوتیپ والدی RHA266 بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی و مثبت را در شرایط تنش کم آبی و ژنوتیپ والدی LR4، بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی و منفی را در شرایط نرمال دارا بود. با توجه به نمودار چندضلعی بای پلات، در شرایط نرمال تلاقی LR4 × LR25 و در شرایط تنش کم آبی تلاقی‌های LR25 × C104، LR55 × RHA266 و C100 × RHA266 هتروزیس بالایی را برای صفت عملکرد دانه آفتابگردان نشان دادند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ C104، آزمون‌گری مناسب جهت تشخیص قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی ژنوتیپ‌های مورد بررسی است.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، دی آلل، بای پلات، ترکیب‌پذیری عمومی، ترکیب‌پذیری خصوصی، هتروزیس

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه

۲. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hatamimaleki@maragheh.ac.ir

مقدمه

آفتابگردان از جمله مهم‌ترین محصولات دانه روغنی است که در بیشتر نقاط دنیا کشت می‌شود (۱۱). افزایش عملکرد دانه در آفتابگردان، از مهم‌ترین اهداف اصلاحی آن می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیقات قبلی، از بین تنش‌های غیر زنده، تنش خشکی به عنوان تنش چند بعدی با ماهیت پیچیده، می‌تواند عملکرد دانه آفتابگردان را محدود نماید (۹). از نظر نیاز آبی، بحرانی‌ترین دوره در طول رشد آفتابگردان مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه می‌باشد (۲). کاهش معنی‌دار در عملکرد دانه آفتابگردان در اثر تنش خشکی توسط محققین مختلف از جمله بابائیان و همکاران (۳)، پورمحمد کیانی و همکاران (۱۹)، هیومن و همکاران (۱۲) و الله دادی و همکاران (۱) گزارش شده است. هیومن و همکاران (۱۲) نشان دادند که تنش خشکی شدید در مراحل گل‌دهی، گرده‌افشانی و دانه‌بندی بیشترین کاهش در عملکرد دانه را موجب می‌شود. محصول دانه آفتابگردان همبستگی زیادی با تعداد گل‌های تلقیح شده طبق داشته و عواملی چون گرمای هوا و کمی رطوبت نسبی محیط، کمی رطوبت خاک کمتر از ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و کمبود بارندگی می‌تواند در افزایش پوکی دانه بسیار موثر می‌باشند (۲). بنابراین، تولید ارقام با عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش خشکی یکی از نیازهای مبرم می‌باشد. ارقام دورگ آفتابگردان علاوه بر یکنواختی دارای عملکرد بالا نیز در مقایسه با واریته‌های آزاد گرده افشان می‌باشند (۵).

تعیین قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی والدین، علاوه بر کمک در شناسایی نحوه کنترل ژنتیکی صفات، در شناسایی والدین مناسب جهت استفاده در برنامه‌های دورگ‌گیری توسط اصلاح‌گران نبات نیز مهم می‌باشد. از میان روش‌های اصلاحی مختلف، تلاقی‌های دی‌الل یکی از روش‌های مهم به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های با قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در یک مجموعه از ژنوتیپ‌های مورد بررسی می‌باشد. از جمله رایج‌ترین روش‌های تجزیه و تحلیل داده‌های دی‌الل، روش‌های گریفینگ (۱۰)

می‌باشد که در این روش‌ها تنوع کل داده‌ها به دو بخش شامل جزء ناشی از تفاوت در قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی والدین و جزء ناشی از تفاوت در قابلیت‌های ترکیب‌پذیری خصوصی تلاقی‌ها تقسیم می‌شوند. استفاده از روش‌های گریفینگ به منظور برآورد قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ارقام آفتابگردان از نظر عملکرد، توسط محققین مختلف گزارش شده (۴ و ۱۴) و نتایج حاصل نشان داده که عملکرد دانه در آفتابگردان توسط هر دو ژن‌های با اثرهای افزایشی و غیر افزایشی کنترل می‌شود و والدین با مقادیر بالای قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و دورگ‌های با قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی خوب قابل شناسایی می‌باشند. در یک بررسی، خانی و همکاران (۱۳) با انجام تجزیه لاین \times تستر به منظور ارزیابی و گزینش دورگ‌های متحمل آفتابگردان از نظر صفات فنولوژیک در دو شرایط آبیاری نرمال و کم آبیاری نشان دادند که ژن‌های با اثر غیر افزایشی دارای نقش بیشتری نسبت به ژن‌های با اثر افزایشی در کنترل صفات هستند. در مورد صفت عملکرد دانه در آفتابگردان، اسکوریک و همکاران (۲۲) ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی معنی‌داری را گزارش نمودند و با توجه به کمتر از یک بودن نسبت واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی به خصوصی، سهم واریانس غیرافزایشی را در کنترل این صفت مهم‌تر گزارش کردند.

اخیراً مدل جدید بای پلات برای تجزیه و تحلیل داده‌های با ساختار دوطرفه ژنوتیپ (انتری) و آزمون گر (تستر) نظیر داده‌های دی‌الل گزارش شده است (۲۴). از طریق روش GGE (Genotype plus Genotype Environment interaction) بای پلات می‌توان روابط بین والدین و قابلیت‌های ترکیب‌پذیری آنها را مشخص نمود. در این روش همانند داده‌های متمرکز شده محیطی، از دو مولفه اول و دوم حاصل از ماتریس داده‌های دی‌الل برای نشان دادن قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (General Combining Ability) (GCA) و (Combining Ability Specific) (SCA) استفاده می‌شود. قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی در گیاهانی مانند برنج (۲۱)، ذرت (۶)،

بوده و دارای عملکرد متوسط و کم در شرایط تنش کم آبی می باشند. ژنوتیپ والدی C104 تنظیم اسمزی خوبی داشته و در شرایط تنش کم آبی نیز کاهش عملکرد ندارد. والد RHA266 تنظیم اسمزی ضعیفی داشته و دارای عملکرد متوسطی در شرایط تنش کم آبی می باشد. بذور والدین در گلخانه کشت گردید و تلاقی های دی آلل بین آنها به صورت یکطرفه انجام گرفت. ۲۱ ژنوتیپ شامل ۶ والد و نسل F₁ حاصل از ۱۵ تلاقی مستقیم آنها در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار و در هر تکرار ۳ گلدان در هر یک از شرایط آبیاری نرمال و تنش کم آبیاری در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه از لحاظ عملکرد دانه بررسی گردیدند. خاک گلدان گیاهان در آزمایش آبیاری نرمال تا آخر دوره رشد به گونه ای آبیاری می شد که همواره آب قابل دسترس آنها در حالت ظرفیت مزرعه ای باشد. در آزمایش تنش کم آبیاری تا مرحله R₁ (تشکیل جوانه های گل) آبیاری گیاهان همانند آزمایش نرمال انجام گرفت. از مرحله R₁ به بعد گیاهچه های ۴۵ روزه به مدت ۱۲ روز تحت تنش کم آبی قرار گرفتند. تنش کم آبی به این صورت بود که خاک گلدان گیاهان به ترتیب در ۶۰ درصد، ۵۰ درصد و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه ای و هر یک به مدت ۴ روز نگهداری شد. برای این منظور گلدان ها هر روز وزن و مقدار آب از دست رفته تا حد تعیین شده ظرفیت مزرعه ای جبران می گردید. از این مرحله به بعد تا انتهای دوره رشد خاک گلدان ها در ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه ای نگهداری شد (۱۶ و ۱۷). بعد از رسیدن گیاهان به مرحله بلوغ فیزیولوژیک، برداشت طبق ها انجام گرفت و عملکرد دانه برای هر کرت به دست آمد.

تجزیه آماری داده ها

رابطه مورد استفاده برای روش GGE بای پلات (۲۴) بر اساس تجزیه به مقادیر منفرد (Singular Value Decomposition) به صورت زیر می باشد:

$$Y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum \lambda_1 \xi_{ij} \eta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

چغندر قند (۱۵) و کلزا (۲۰) از طریق نمایش گرافیکی GGE بای پلات مورد بررسی قرار گرفته است. حال آن که در رابطه با استفاده از روش بای پلات در تجزیه و تحلیل تلاقی های دی آلل آفتابگردان گزارش های کمی وجود دارد. در یک بررسی، درویش زاده و همکاران (۷) با استفاده از روش گریفینگ و GGE بای پلات نشان دادند که مقاومت جزئی به بیماری فوما در آفتابگردان توسط ژن های با اثر افزایشی و غیر افزایشی کنترل شده و تلاقی هایی که برای مقاومت جزئی هتروزیس بالایی نشان می دهند توسط روش بای پلات قابل شناسایی هستند.

با توجه به این که بخش وسیعی از زمین های زیر کشت در ایران جزو شرایط آب و هوایی نیمه خشک می باشد، حصول عملکرد بالا با مصرف حداقل آب ممکن ضروری به نظر می رسد. تحقیق حاضر به منظور الف) برآورد قابلیت های ترکیب پذیری عمومی والدین و خصوصی دورگ های نسل F₁ از طریق تجزیه داده های دی آلل آفتابگردان با مدل GGE بای پلات و ب) شناسایی بهترین آزمون گر و نیز ترکیبات هتروژیک برای عملکرد بالا در شرایط نرمال و تنش خشکی انجام گرفت.

مواد و روش ها

کشت گلخانه ای

۵ لاین اینبرد پیشرفته (نسل F₉) (C100, C104, LR4, LR2 و LR55) حاصل از تلاقی PAC2 × RHA266 به همراه والد پدری خود (RHA266)، بر اساس مطالعات قبلی (۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹) انتخاب گردیدند. ژنوتیپ های انتخاب شده دارای عکس العمل های متفاوتی نسبت به تنش کم آبی بوده و از نظر صفات زراعی و مورفولوژیکی دارای تنوع بودند (۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۱۹). نوع واکنش آنها بدین صورت بود که ژنوتیپ های LR25 و C100 دارای تنظیم اسمزی خوبی بوده و در شرایط تنش کم آبی مقدار کمی کاهش عملکرد نشان می دهند. ژنوتیپ های LR4 و LR55 به ترتیب دارای تنظیم اسمزی متوسط و ضعیفی

(داده‌ها ارائه نشده است). وجود چنین تنوعی بیانگر امکان انتخاب بین ژنوتیپ‌های آفتابگردان در شرایط تنش کم آبی می باشد. نتایج حاصل از GGE بای پلات نشان داد که تغییرات توجیه شده توسط مجموع دو مولفه اول و دوم در شرایط نرمال ۷۷/۹٪ و در شرایط تنش کم آبی ۸۲/۵٪ می باشد. در مطالعه ای که به منظور تعیین قابلیت‌های ترکیب‌پذیری برای مقاومت جزئی به بیماری فوما در آفتابگردان انجام گرفت، دو موافه اول و دوم حاصل از تجزیه بای پلات، ۹۹٪ از تغییرات را شامل می شدند (۷). در یک بررسی، شریفی و صفری مطلق (۲۱)، به منظور مطالعه ژنتیک تحمل به سرما در مرحله گیاهچه‌ای برنج و با استفاده از تلاقی‌های دی ال ال ۷×۷ نشان دادند که دو مولفه اول و دوم، ۸۵٪ تغییرات داده‌ها را توجیه می نمایند. تبیین بخش عمده ای از واریانس توسط دو مولفه اول، دلیلی بر کارایی روش GGE بای پلات برای تجزیه و تحلیل تلاقی‌های دی ال ال است.

در این تحقیق، تنوع قابل ملاحظه‌ای برای قابلیت‌های ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی مشاهده گردید که خود دلیلی بر نقش هر دو اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفت عملکرد بذر آفتابگردان می باشد (شکل ۱). با توجه به شکل ۱، والد LR25 دارای بیشترین مقدار قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و مثبت در هر دو شرایط نرمال و تنش کم آبی می‌باشد. هم‌چنین در شرایط تنش کم آبی ژنوتیپ RHA266 و در شرایط نرمال ژنوتیپ LR55 بعد از ژنوتیپ LR25 دارای بیشترین مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی می باشند. ژنوتیپ‌هایی نظیر LR25، LR55 و RHA266 که دارای بیشترین مقدار ترکیب‌پذیری عمومی مثبت می باشند، دارای ژن‌های با اثر افزایشی بیشتری برای عملکرد دانه هستند. هم‌چنین، در تحقیقی که توسط درویش زاده و همکاران (۸) به منظور ارزیابی و شناسایی ترکیبات والدینی مقاوم به تنش خشکی در آفتابگردان از طریق شاخص‌های مقاومت به خشکی انجام گرفت، تمامی تلافی‌هایی که والد LR25 در آن شرکت داشت مقاوم به خشکی بودند. نتایج نشان داد که

در این رابطه، Y_{ij} میانگین ژنوتیپ i در محیط j ، μ میانگین کل، β_j اثر اصلی تستر j ، ξ_{ik} بردار مشخصه مربوط به مولفه‌های اصلی انتری i ، λ_l مقادیر منفرد برای مولفه اصلی l ($PCI, l=1, \dots, k$ و $k=2$ برای بای پلات دوعده‌ای)، η_{ij} بردار ویژه تستر j برای PCI و ε_{ij} باقی مانده مدل است. مقدار منفرد برای یک مولفه اصلی برابر ریشه دوم مجموع مربعات توجیه شده توسط آن مولفه اصلی است. بنابراین ریشه دوم مقادیر منفرد برای مولفه اصلی k بر اساس رابطه زیر به دست می آید:

$$\lambda_l^{1/2} = (x_l n)^{1/2}$$

در این رابطه، x_l مقدار منفرد برای مولفه اصلی l ام و n تعداد فرد می باشد.

برای مقیاس‌بندی متقارن (Symmetrical Scaling) بردارهای ویژه افراد و تسترها از روابط زیر استفاده شد:

$$\xi_{ij}^* = \lambda_l^{1/2} \xi_{ij} = (\lambda_l \xi_{ik}) \lambda_l^{1/2}$$

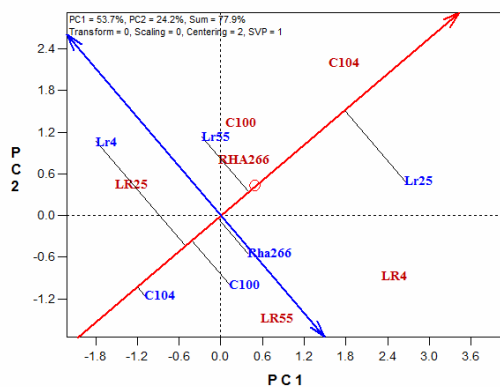
$$\eta_{ji}^* = \lambda_l^{1/2} \eta_{ji} = \eta_{ji} \lambda_l^{1/2}$$

پس از مقیاس‌بندی متقارن بردارهای ویژه افراد و محیط‌ها، مقادیر مورد نیاز برای رسم نمودارهای بای پلات حاصل می‌شود (۲۴). این نمودارها با استفاده از نرم‌افزار GGE بای پلات (۲۳) رسم شد.

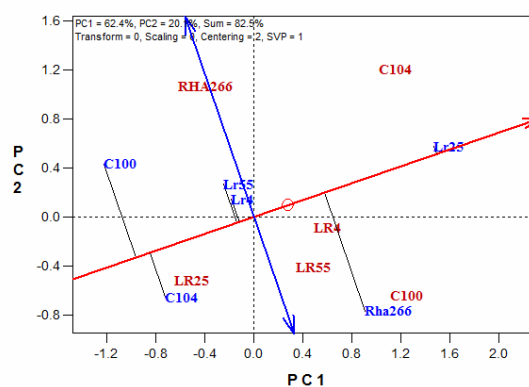
به منظور برآورد مقادیر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی صفت عملکرد دانه از نمودار مختصات آزمون گر متوسط استفاده گردید (۲۴). بر اساس مختصات آزمون گر متوسط، فاصله افقی هر ژنوتیپ (انتری؛ ژنوتیپ‌های با رنگ آبی و حرف کوچک) از محور مختصات آزمون گر متوسط (محور آبی) و در جهت فلش محور افقی (محور قرمز) بیانگر مقدار مثبت قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) است (۲۴).

نتایج و بحث

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه آفتابگردان در هر یک از شرایط نرمال و تنش کم آبی بود



A



B

شکل ۱. نمودار مولفه آزمون گر متوسط برای ژنوتیپ های حاصل از تلاقی دی ال برای عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط نرمال (A) و تنش کم آبی (B)

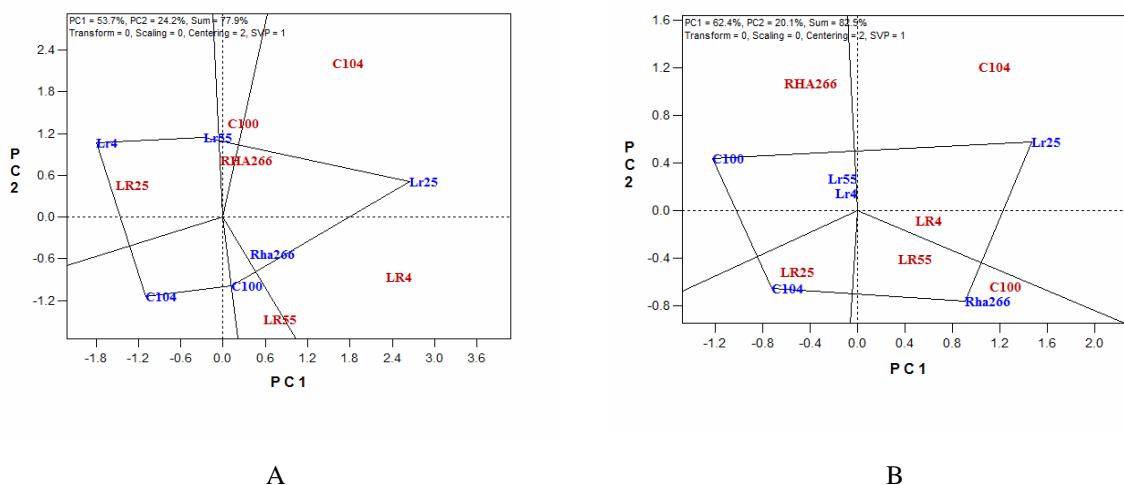
در شرایط نرمال (شکل ۱A)، ژنوتیپ های LR4 و LR55 در یک گروه و ژنوتیپ های C104، C100، LR25 و RHA266 در گروه دیگر قرار گرفتند. در شرایط تنش کم آبی (شکل ۱B)، ژنوتیپ های C104 و RHA266 با همدیگر در یک گروه و سایر ژنوتیپ ها در گروه دیگر قرار گرفتند. شناسایی والدین با بیشترین تفاوت می تواند علاوه بر پدیده هتروزیس، در تهیه جمعیت در حال تفرق به منظور شناسایی مکان های ژنی کنترل کننده صفات کمی در شرایط نرمال و تنش کم آبی مفید واقع گردند.

یکی از کاربردهای روش GGE بای پلات استفاده از آن به منظور شناسایی بهترین دورگ، از طریق نمودار چند ضلعی می باشد (۲۴). با توجه به شکل ۲، برهمکنش بین ژنوتیپ (انتری) و آزمون گر در هر دو شرایط نرمال و تنش کم آبی متفاوت بوده و لذا برای هر یک از شرایط نرمال و تنش کم آبی می بایستی دورگ خاصی در نظر گرفته شود. در شرایط نرمال (شکل ۲A) ژنوتیپ های C104، C100، LR4 و LR25 با قرار گرفتن در راس ضلع های نمودار چند ضلعی، چهار بخش مختلف را به وجود آوردند. در شرایط تنش کم آبی (شکل ۲B)، ژنوتیپ های C104، C100، LR25 و Rha266 چهار بخش

ژنوتیپ های والدی C104 و C100 دارای کمترین مقدار قابلیت ترکیب پذیری عمومی به ترتیب در هر یک از شرایط نرمال (شکل ۱A) و تنش کم آبی (شکل ۱B) بودند.

بر خلاف روش های رایج تجزیه تلاقی های دی ال، با استفاده از روش بای پلات می توان قابلیت ترکیب پذیری خصوصی را به جای تلاقی ها، برای هر یک از والدین برآورد نمود. قابلیت ترکیب پذیری خصوصی (SCA) در روش GGE بای پلات، عبارت از فاصله عمودی هر ژنوتیپ از محور افقی (محور قرمز) می باشد (۲۴)، که بیانگر اثرهای غیر افزایشی ژن ها می باشد. با توجه به شکل ۱A، ژنوتیپ والدی LR4 دارای بیشترین مقدار قابلیت ترکیب پذیری خصوصی در شرایط نرمال بوده و در شرایط تنش کم آبی، ژنوتیپ والدی RHA266 بیشترین مقدار قابلیت ترکیب پذیری خصوصی و مثبت را دارا است. بنابراین، ژنوتیپ های LR4 و RHA266 با داشتن قابلیت های ترکیب پذیری عمومی و خصوصی خوب می توانند به عنوان والد مناسب تلاقی ها به ترتیب در شرایط نرمال و تنش کم آبی منظور گردند.

با استفاده از مختصات آزمون گر متوسط، گروه های هتروژیک در شرایط نرمال و تنش خشکی قابل تشخیص بودند.



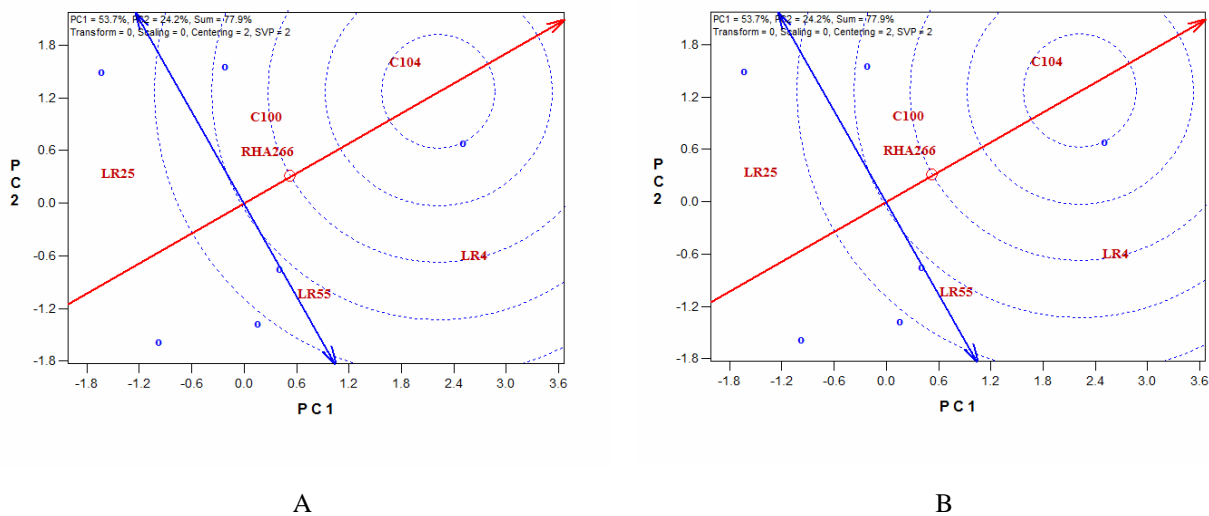
شکل ۲. نمودار بهترین دورگ حاصل از تلاقی دی الل برای عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط نرمال (A) و تنش کم آبی (B)

مرکز دایره متحدالمرکز نزدیک است (شکل ۳)، بهترین آزمون گر (Tester) برای صفت عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری نرمال (شکل ۳A) و تنش کم آبی (شکل ۳B) بوده و از طریق آن می توان والدین با قابلیت ترکیب پذیری عمومی بالا را از بین ژنوتیپ های مورد بررسی شناسایی نمود.

با توجه به نمودار چندضلعی (شکل ۲) در هر دو شرایط آبیاری، آزمون گر C104 در بخش LR25 قرار گرفته که تایید کننده قابلیت ترکیب پذیری خوب ژنوتیپ LR25 می باشد. نتایج این پژوهش نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری، ژنوتیپ LR25 دارای ترکیب پذیری عمومی بالایی در تلاقی با سایر ژنوتیپ ها برای صفت عملکرد دانه می باشد. ژنوتیپ های LR4 و RHA266 علاوه بر داشتن بیشترین مقادیر قابلیت های ترکیب پذیری خصوصی به ترتیب در شرایط نرمال و تنش کم آبی، دارای قابلیت ترکیب پذیری عمومی قابل توجهی نیز بودند. بنابراین در دورگ های حاصل از این ژنوتیپ ها پدیده هتروزیس دور از انتظار نمی باشد. از میان دورگ های تولید شده، دورگ LR4 × LR25 در شرایط نرمال آبیاری و دورگ های C104 × LR25، RHA266 × LR55 و RHA266 × C100 در شرایط تنش کم آبی دارای ترکیب پذیری

مختلف را به وجود آوردند. در بین ژنوتیپ هایی که در یک بخش قرار می گیرند، بهترین ژنوتیپ ترکیب شونده با آزمون-گرهای آن بخش، ژنوتیپی است که در راس چندضلعی در همان بخش قرار گرفته است. در هر دو شرایط نرمال و تنش کم آبی (شکل ۲)، ژنوتیپ والدی LR25 دارای بیشترین تعداد آزمون گر در ناحیه خودش بود و بنابراین برای صفت عملکرد دانه، ژنوتیپ LR25 می تواند والد مادری مناسبی در ترکیب با سایر آزمون گرها باشد که منجر به بروز هتروزیس شود. در شرایط نرمال (شکل ۲A)، ژنوتیپ LR25 به همراه آزمون گر LR4 در یک بخش و ژنوتیپ LR4 با آزمون گر LR25 در بخش دیگر با هم قرار دارند که این وضعیت بیانگر ترکیب پذیری بسیار زیاد دو ژنوتیپ برای صفت عملکرد دانه می باشد. بر این اساس و در شرایط تنش کم آبی (شکل ۲B)، ژنوتیپ های LR25 با C104، LR55، C104 و RHA266 با C100 و RHA266 با LR55، بیشترین مقدار ترکیب پذیری خصوصی را برای صفت عملکرد دانه نشان دادند و انتظار می رود که دورگ بین آنها دارای هتروزیس بیشتری باشند.

از مدل بای پلات، نیز برای شناسایی بهترین آزمون گر در این بررسی استفاده شد. بر این اساس آزمون گر C104 که به



شکل ۳. نمودار بهترین آزمون‌گر برای ژنوتیپ‌های حاصل از تلاقی دی الل برای عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط نرمال (A) و تنش کم آبی (B)

همانند تجزیه ژنتیکی مقاومت جزئی به بیماری فوما در آفتابگردان (V)، به طور موثری در تجزیه ژنتیکی عملکرد آفتابگردان از طریق تلاقی‌های دی الل و نمایش گرافیکی آنها کاربرد داشته باشد.

بسیار زیاد برای عملکرد دانه بودند. از میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، ژنوتیپ C104 می‌تواند به عنوان والد مناسب جهت ارزیابی قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی سایر ژنوتیپ‌های آفتابگردان و برای عملکرد دانه مورد استفاده قرار گیرد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که روش بای پلات می‌تواند

منابع مورد استفاده

- Alahdadi, I., H. Oraki and F. Parhizkar khajani. 2011. Effect of water stress on yield and yield components of sunflower hybrids. *African Journal of Biotechnology* 10: 6504-6509.
- Aliari, H. 2000. Oilseeds, Agronomy and Physiology. Amid Pub., Iran. (In Farsi).
- Babaeian, M., M. Heidari and A. Ghanbari. 2010. Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 12(4): 377-391. (In Farsi).
- Bajaj, R. K., K. K. Anjula and G. S. Chahal. 1997. Combining ability studies in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crop Improvement* 24: 50-54.
- Beg, A., M. A. Rana and M. Aslam. 1984. Sunflower production practices. *Progressive Farming* 4: 14-19.
- Bertoia, L., C. Lopez and R. Burak. 2006. Biplot Analysis of Forage Combining Ability in Maize Landraces. *Crop Science* 46: 1346-1353.
- Darvishzadeh, R., I. Bernousi, S. Poormohammad kiani, G. dechamp-guillaume and A. Sarrafi. 2009. Use of GGEbiplot methodology and Griffing's diallel method for genetic analysis of partial resistance to phoma black stem disease in sunflower. *Acta Agriculture Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science* 59: 485-490.
- Darvishzadeh, R., A. Pirzad, H. Hatami Maleki, S. Poormohammad Kiani and A. Sarrafi. 2010. Evaluation of the reaction of sunflower inbred lines and their F1 hybrids to drought conditions using various stress tolerance indices. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8: 1037-1046.
- Dragovic, S. and L. Maksimovic. 1995. Drought phenomenon and impact on crop yields in the Vojvodina Province, Yugoslavia. PP. 207-217. In: Proc. the International Workshop on Drought in the Carpathian Region. Budapest, Hungary.

10. Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science* 9: 463-493.
11. Hu, J., G. Seiler and C. Kole. 2010. Genetics, Genomics and Breeding of Sunflower. Routledge, USA.
12. Human, J., D. Dutoit, H. D. Bezuid Enhout and L. P. Bruyn. 1998. The influence of plant water stress on net photosynthesis and yield of sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science* 164: 231-24.
13. Khani, M., J. Daneshian and M. R. Ghannadha. 2005. Genetic analysis of yield and some phenological traits of sunflower under normal and drought stress conditions using line×tester design. *Scientific Journal of Agriculture* 28 (2): 25-40. (In Farsi).
14. Manivannan, N., P. Vidhyavathi and V. Muralidharan. 2005. Diallel analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Indian Journal of Agriculture Research* 39: 281-285.
15. Niazian, M., R. Amiri, S. M. Mortazavian, A. Rajabi and M. R. Orazizadeh. 2009. Genetical analysis for yield traits in tropical beet using of GGE-Biplot analysis of diallel cross data. *Journal of Crop Breeding* 1(4): 77-94. (In Farsi).
16. Poormohammad Kiani, S., P. Grieu, P. Maury, T. Hewezi, L. Gentzbittel and A. Sarrafi. 2007a. Genetic variability for physiological traits under drought conditions and differential expression of water stress-associated genes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theoretical Applied Genetics* 114:193-207.
17. Poormohammad Kiani, S., P. Talia, P. Maury, P. Grieu, R. Heinz, A. Perrault, V. Nishinakamasu, E. Hopp, L. Gentzbittel, N. Paniego and A. Sarrafi. 2007b. Genetic analysis of plant water status and osmotic adjustment in recombinant inbred lines of sunflower under two water treatments. *Plant Science* 172: 773-787.
18. Poormohammad Kiani, S., P. Maury, A. Sarrafi and P. Grieu. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. *Plant Science* 175: 565-573.
19. Poormohammad Kiani, S., P. Maury, L. Nouri, N. Ykhlef, P. Grieu and A. Sarrafi. 2009. QTL analysis of yield-related traits in sunflower under different water treatments. *Plant Breeding* 128: 363-373.
20. Sabaghnia, N., H. Dehghani, B. Alizadeh and M. Moghaddam. 2011. Yield analysis of rapeseed (*Brassica napus* L.) under water-stress conditions using GGE biplot methodology. *Journal of Crop Improvement* 25: 26-45.
21. Sharifi, P. and M. R. Safari Motlagh. 2011. Biplot analysis of diallel crosses for cold tolerance in rice at the germination stage. *Crop and Pasture Science* 62: 169-176.
22. Skoric, D., S. Jovic and I. Molnar. 2000. General and specific combining abilities in sunflower. In: proceeding of 15th international sunflower conference. Toulouse, France.
23. Yan, W. 2001. GGEbiplot—a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agronomy Journal* 93: 1111-1118.
24. Yan, W. and L. A. Hunt. 2002. Biplot analysis of diallel data. *Crop Science* 42: 21- 30.