تحقیقات غلات
سال دوم/ شماره اول/ ۱۳۹۱ (۱۵-۱)

مطالعه توارث برخی صفات در گندم نان با روش دی‌آلل در شرایط نرمال و تنش خشکی

حسینعلی رامشینی[۱*]، مهدی فاضل‌نجف‌آبادی[۱] و محمدرضا بی‌همتا[۲]

۱- استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران ، ۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱۶- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۹)

چکیده

اصلاح برای تحمل به تنش خشکی از کارآمدترین راه‌ها برای جلوگیری از کاهش عملکرد در شرایط خشک است. یکی از بهترین روش‌های ارزیابی مواد ژنتیکی قبل از شروع برنامه اصلاحی روش دی‌آلل است. در این آزمایش، هفت ژنوتیپ گندم نان شامل ارقام قدیمی و لاین‌های امید بخش به صورت طرح دی‌آلل یک طرفه تلاقی داده شدند. والدین و F_1ها در شرایط نرمال و تنش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت و صفات فنولوژیک، مرفولوژیک و عملکرد دانه اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس دی‌آلل نشان داد که ترکیب پذیری عمومی والدین برای تمامی صفات معنی‌دار بوده و حاکی از وجود اثر افزایشی معنی‌دار در کنترل تمامی صفات بود. نتایج نشان داد که هر ژنوتیپ از نظر یک یا چند صفت بهتر از بقیه بود. با کمک تجزیه بای پلات، والدینی که برای صفات مختلف ترکیب پذیری خصوصی بالایی داشتند، شناسایی شدند. برای تعداد سنبلچه در خوشه، تعداد خوشه در گیاه و وزن هزاردانه به ترتیب ژنوتیپ‌های کویر با شیراز، سرداری با شیراز و آذر۲ با WS-82-9 بالاترین ترکیب پذیری خصوصی را داشتند. تجزیه گرافیکی با روش متر و جینکز نشان از کفایت مدل افزایشی- غالبیت برای بیشتر صفات داشت. درجه غالبیت در بیشتر صفات بین صفر و یک بود که بیان کننده عمل ژن به صورت غالبیت نسبی است. بر اساس نتایج به دست آمده، از ژنوتیپ‌هایی مانند WS-82-9، سرداری و کویر می‌توان به عنوان منابع ژنتیکی برای اصلاح به ترتیب صفات وزن هزاردانه، تعداد خوشه و تعداد سنبلچه در هر دو شرایط استفاده کرد. همچنین ژنوتیپ WS-82-9 به عنوان یک لاین امید بخش می‌تواند ژنوتیپ مناسبی برای شرایط تنش باشد.

واژه‌های کلیدی: ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، عمل ژن، وراثت پذیری خصوصی

* نویسنده مسئول: ramshini_h@ut.ac.ir

مقدمه

گندم نان منبع اصلی انرژی و پروتئین برای بخش بزرگی از جمعیت جهان بوده و مهمترین گیاه زراعی در ایران است. این گیاه در شرایط آبی و دیم در سراسر دنیا کشت شده و در مناطقی که آب و هوایی شبیه ایران داشته باشند، تنش خشکی را در طی یک یا چند مرحله از رشد تجربه می‌کند. تنش خشکی به عنوان یکی از مهمترین تنش‌ها و عامل اصلی کاهش عملکرد در نظر گرفته می‌شود (Babu *et al.,* 2004). در شرایط دیم، روش‌هایی برای ذخیره سازی آب در طی فصل رشد وجود دارد که می‌تواند به رشد گیاه در دوره رشد و آخر فصل کمک کند. با این وجود، اصلاح گیاه برای تحمل به تنش خشکی در شرایط دیم، یک راهکار پایدار و مطمئن بوده و در دراز مدت هزینه کمتری خواهد داشت. با توجه به اینکه منابع آب برای کاشت آبی در ایران دارای محدودیت است، در صورتی که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی تولید شوند، می‌توان با همین میزان آب سطح بیشتری را زیر کشت برد و میزان تولید را افزایش داد.

آگاهی از سازگاری فیزیولوژیکی به تنش خشکی منجر به شناسایی ویژگی‌های تحمل به تنش شده است که می‌توان از آنها برای بهبود ژنتیکی استفاده کرد (Rebetzke *et al.,* 2006). دو راهکار برای اصلاح گندم به منظور تحمل به تنش خشکی ارائه شده است: (۱) گزینش در شرایط نرمال انجام شده و ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا انتخاب شوند، به این امید که این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نیز عملکرد قابل قبولی از خود نشان دهند، (۲) گزینش در شرایط تنش برای گیاهان با عملکرد بالاتر انجام شود. کاربرد این دو راهکار به تنهایی به دلایلی از جمله اثر متقابل شدید بین محیط و ژنوتیپ موفقیت‌آمیز نخواهد بود (Blum, 2005). تحمل به تنش خشکی صفتی پیچیده بوده و به راحتی نمی‌توان گیاهان متحمل و حساس را از یک‌دیگر جدا کرد. تعداد زیادی از صفات مرفولوژیک، فنولوژیک و فیزیولوژیک منجر به حساسیت یا تحمل به تنش می‌شوند. بنابراین، برای اصلاح گیاه برای تنش خشکی بایستی این صفات را تغییر داد تا گیاه به تنش خشکی سازگار شده و عملکرد پایداری تولید کند. اما قبل از آغاز عملیات اصلاحی، بایستی والدین مناسب برای تلاقی انتخاب شوند تا بتوان صفات مطلوب متفاوتی که ممکن است در دو والد وجود داشته باشند را به یک گیاه منتقل کرد. همچنین، برای اینکه تصمیم‌گیری در مورد مواد اصلاحی اولیه به درستی انجام شده و روش اصلاحی مناسب انتخاب شود، لازم است اطلاعاتی در مورد ساختار ژنتیکی صفات به دست آید (Khan *et al.,* 2010).

تجزیه‌های ژنتیکی متفاوتی وجود دارند که می‌توان بر اساس آنها از وجود تنوع ژنتیکی در بین مواد اصلاحی و نیز پتانسیل والدین در مورد صفات مورد نظر آگاهی یافت. روش دی آلل که توسط جینکز، گریفینگ و هیمن (Jinks, 1954; Griffing, 1956; Hayman, 1960) معرفی شد، یکی از بهترین این روش‌ها است. در این روش، پارامترهای ژنتیکی بعد از یک نسل تلاقی تخمین زده می‌شوند. این روش می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد اجزای واریانس ژنتیکی و بزرگی هر یک از اجزا در اختیار بگذارد. از این روش برای مطالعه اساس ژنتیکی صفات زیادی استفاده شده است (Mohammadi *et al.,* 2007; Mohammadi and Emami, 2008; Abate and McKendry, 2010; Zare *et al.,* 2010; Gorny *et al.,* 2011). به دلیل اینکه این روش برای شناسایی والدین برای اصلاح صفات در گیاهان بسیار کارآمد و سریع است، در گندم نان نیز برای شناسایی والدین از آن استفاده شده است (Dere and Yildirim, 2006). مهمترین مرحله در بهبود واریته‌های سازگار به شرایط کم آبی در برنامه‌های اصلاحی گندم، انتخاب والدین است.

سطوح معنی‌داری از هتروزیس در گیاهان خودگشن گزارش شده است. بزرگی اثر هتروتیک با میزان کارآیی هر دو والد و هیبریدها مشخص می‌شود. با توجه به اینکه ممکن است عملکرد والدین از محیطی به محیط دیگر متفاوت باشد، بزرگی هتروزیس نیز ممکن است چنین باشد (El-Maghraby *et al.,* 2005). بنابراین، انجام آزمایش دی‌آلل در دو شرایط تنش و نرمال می‌تواند اطلاعات خوبی از برهم‌کنش اثر ژن با محیط نشان دهد. افزایش عملکرد گندم تابعی از چندین صفت مهم می‌باشد. ویژگی‌هایی مانند عملکرد دانه و اجزای آن، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و شاخص برداشت از مهمترین معیارهای گزینش در گندم هستند. صفاتی مانند پاکوتاهی، کولئوپتیل بلند، پنجه‌های

نابارورکم و شاخص برداشت از صفاتی هستند که از آنها برای افزایش عملکرد در شرایط خشک استفاده می‌شود (Khan *et al.,* 2010). در مورد گندم نان نیز تحقیقات ارزشمندی با استفاده از روش دی آلل انجام شده است (Mojarrad *et al.,* 2009)، اما بیشتر آنها در مورد ژنوتیپ‌هایی بوده است که به صورت معمول کشت می‌شوند و در مورد ژنوتیپ‌های امید بخشی که ممکن است به زودی معرفی شوند و مقایسه آنها با ژنوتیپ‌های قدیمی گزارش‌های کمتری دیده می‌شود.

هدف از این آزمایش آگاهی از پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌هایی از گندم نان بود که ممکن است به زودی به عنوان رقم معرفی شوند. این ژنوتیپ‌ها در موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر توسعه یافته‌اند. همچنین، با توجه به اینکه ژنوتیپ‌هایی در کشور وجود دارد که از مدت‌ها قبل به صورت دیم کشت می‌شوند و نیز ژنوتیپ‌هایی وجود دارند که پتانسیل عملکرد بالایی دارند، بنابراین هدف از این تحقیق جواب به این سوال بود که آیا می‌توان از این ژنوتیپ‌ها برای اصلاح صفات مرتبط با عملکرد در شرایط نرمال و تنش در سایر ژنوتیپ‌ها نیز استفاده کرد؟

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

در این تحقیق از هفت ژنوتیپ گندم نان شامل آذر۲، کویر، شیراز، سرداری، WS-82-9، WS-82- 7 و WS-82-13 استفاده شد. ژنوتیپ‌های کویر، سرداری و آذر۲ به عنوان ژنوتیپ‌های تجاری متحمل به تنش خشکی شناخته شده‌اند، در حالی که ژنوتیپ شیراز پتانسیل عملکرد بالا داشته و نسبتا حساس به تنش خشکی است. ژنوتیپ‌های گروه WS نیز در موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی گزینش شده و به نظر می‌رسد پتانسیل معرفی شدن به عنوان ارقام تجاری را داشته باشند.

آزمایش مزرعه‌ای

ژنوتیپ‌های والدینی در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج در دو تاریخ مختلف در سال ۱۳۸۵ کشت شدند. در فصل بهار پس از خوشه‌دهی تلاقی‌های یک طرفه بین این هفت ژنوتیپ انجام گرفت. پاییز سال بعد جهت کشت مواد گیاهی زمین زراعی به صورت جوی و پشته‌ای با فاصله ۵۰ سانتی‌متر آماده شد. بذرهای والدین و ۲۱ تلاقی (در مجموع ۲۸ ژنوتیپ) با قارچ‌کش ضد عفونی و از هر ژنوتیپ تعداد ۱۵ بذر به فاصله ۲۰ سانتی‌متر در روی هر پشته کشت شد. این آزمایش در قالب طرح پایه‌ی بلوک‌های کامل تصادفی در دو قسمت مجزا هر کدام با سه تکرار اجرا گردید که یکی از آنها برای شرایط آبی و دیگری برای شرایط تنش در نظر گرفته شد. فاصله بین دو بخش تنش و نرمال پنج متر در نظر گرفته شد تا از نشت آب بین دو بخش جلوگیری شود. عملیات داشت در طول فصل زراعی تا آغاز گلدهی و آبیاری در هر دو قسمت به صورت معمول منطقه انجام گرفت. پس از شروع مرحله گلدهی، آبیاری در آزمایش تنش به طور کامل قطع شد تا گیاهان تحت تاثیر تنش قرار گیرند (Mojarrad and Ghannadha, 2008).

با توجه به اینکه میانگین بلند مدت بارندگی در کرج برابر ۲۶۵ میلی‌متر بوده و بیشتر این بارندگی در زمستان و اوایل بهار رخ می‌دهد (Mohsenabadi *et al.,* 2008) و از طرفی نیاز آبی گندم بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر است (Mazaheri and Majnoon Hosseini, 2001)، بنابراین با احتمال بسیار بالا در این شرایط گیاه تحت تنش قرار خواهد گرفت. طبق آمار ارائه شده توسط ایستگاه هواشناسی دانشکده کشاورزی کرج نیز میزان بارندگی در سال ۸۷-۱۳۸۶ معادل ۲۱۶ میلی‌متر بوده است. در دو ماه می و ژوئن که زمان آغاز گلدهی و اعمال تنش بوده است، میزان بارندگی به ترتیب ۱۴/۲ و ۰/۲ میلی‌متر گزارش شده که این میزان برای رشد طبیعی گندم کافی نیست.

تاریخ گلدهی و رسیدگی در هر دو قسمت برای ژنوتیپ‌ها یادداشت شد. پس از رسیدگی تعداد ۱۰ بوته سالم از هر ردیف (واحد آزمایشی) از مزرعه خارج و صفات تعداد پنجه، تعداد خوشه بارور، ارتفاع پنجه اصلی، طول پدانکل، تعداد سنبلچه در خوشه، عملکرد دانه و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد (Cruz-Aguado *et al.,* 2000; Hailu *et al.,* 2010). داده‌های به دست آمده از آزمایش وارد نرم افزار EXCEL شده و عملکرد دانه برای تک بوته محاسبه شد. برای تجزیه واریانس طرح دی آلل از نرم افزار SAS استفاده شد. برای تجزیه دی آلل و رسم نمودار

Vr و Wr از روش متر و جینکز (Mather and Jinks, 1982) و برای تجزیه GGE بای‌پلات از نرم افزار معرفی شده توسط یان و کانگ (Yan and Kang, 2003) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس آزمایش دی‌آلل

ضریب تغییرات ژنوتیپی والدین و تلاقی‌ها در دو شرایط نرمال و تنش در جدول ۱ ارایه شده است. بررسی کلی این جدول نشان می‌دهد که دامنه تغییرات والدین تقریباً در محدوده تغییرات تلاقی‌ها قرار دارد. صفات گلدهی، طول پدانکل و عملکرد دارای بیشترین ضرایب تغییرات بودند که نشان دهنده تنوع این صفات در مواد ژنتیکی استفاده شده است. نتیجه تجزیه واریانس دی‌آلل به روش گریفینگ در جدول ۲ ارایه شده است. تنش خشکی به طور کلی بر همه صفات به جز وزن هزار دانه، طول ریشک و تعداد سنبلچه در خوشه تاثیر گذاشت. کاهش عملکرد در شرایط تنش نسبت به شرایط نرمال ۲۶ درصد بود که در دامنه شدت تنش متوسط (۲۰-۴۰ درصد کاهش) قرار می‌گیرد (Blum,2011). تفاوت بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها (والدین و F_1 آنها) وجود داشت که نشان دهنده این است که والدین انتخابی در این آزمایش از نظر این صفات و آلل‌های کنترل کننده آنها تنوع زیادی دارند.

در مورد بیشتر صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط معنی‌دار نبود. به طوری که در مجموع تنها برای دو صفت ارتفاع و عملکرد این اثر در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. این نتایج نشان می‌دهد که اگر از این مواد ژنتیکی برای اصلاح عملکرد از طریق صفات مرتبط استفاده شود می‌توان گزینش را در هر دو شریط انجام داد زیرا پایداری ژنوتیپ‌ها در دو شرایط بالاست. البته باید در نظر داشت که در این آزمایش شدت تنش متوسط بود. تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها در مورد صفت عملکرد و صفات مرتبط با آن در دیگر آزمایش‌هایی که به صورت دی‌آلل انجام شده نیز گزارش شده است (Topal *et al.,* 2004; El-Maghraby *et al.,* 2005; Sayar *et al.,* 2007; Khan *et al.,* 2010). با توجه به معنی‌دار نشدن تفاوت وزن هزار دانه بین دو شرایط، بررسی‌های بیشتر نشان داد که عمده تفاوت عملکرد بین دو شرایط به واسطه تعداد خوشه در گیاه بوده است (جدول ۲).

ترکیب پذیری عمومی (GCA) برای همه صفات معنی‌دار به دست آمد. این نتیجه نشان داد که در این مواد ژنتیکی، پتانسیل خوبی برای اصلاح وجود داشته و ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات تنوع ژنتیکی مناسبی نشان می‌دهند. بالا بودن اثر معنی‌دار GCA نشان دهنده اثر افزایشی ژن‌ها و احتمالاً اثر متقابل افزایشی در افزایشی است (Griffing, 1956). این خصوصیت بیان کننده میزان ارزش اصلاحی صفت است. هر چه این اثر در بین مواد اصلاحی بیشتر باشد، بدان معنی است که شانس موفقیت اصلاح آن صفت در جمعیت بیشتر بوده و پتانسیل تنوع قابل استفاده بیشتر است. در مورد بیشتر صفات اندازه‌گیری شده، واریانس GCA بسیار بیشتر از واریانس ترکیب پذیری خصوصی (SCA) بود که این امر نشان دهندهٔ اهمیت بیشتر واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالبیت بود. این در حالی است که میزان هترزیس معنی‌دار که با ترکیب پذیری خصوصی (SCA) مشخص می‌شود، برای اغلب صفات معنی‌دار نبود. بنابراین می‌توان گفت عمل ژن برای بسیاری از صفات به صورت افزایشی بود. همچنین اثر متقابل بین GCA در محیط و SCA در محیط برای بسیاری از صفات معنی‌دار نبود. اما در مورد عملکرد به عنوان مهمترین صفت زراعی، اثر متقابل بین GCA در محیط معنی‌دار بود. در گزارش‌های دیگری که در مورد گندم منتشر شده نیز اهمیت بیشتر واریانس افزایشی نسبت به واریانس غلبه مشاهده می‌شود (Joshi *et al.,* 2004; Sayar *et al.,* 2007; Mojarrad and Ghannadha, 2008).

جدول ۱- ضرایب تغییرات ژنوتیپی و دامنه تغییرات بین والدین و بین F_1ها

Table 1. Genotypic coefficient of variations among parents and F_1 genotypes

صفت trait	شرایط نرمال Normal condition			شرایط تنش Stress condition		
	ضریب تغییرات ژنوتیپی Genotypic of Coefficient variation	دامنه تغییرات والدین Range of parents	دامنه تغییرات F1ها Range of F1s	ضریب تغییرات ژنوتیپی Genotypic coefficient of variation	دامنه تغییرات والدین Range of parents	دامنه تغییرات F1ها Range of F1s
تعداد پنجه Tiller number	10.7	10-19.1	10-18	14.7	6.6-16.5	8-13
تعداد خوشه Spike number	4.95	9.5-14.2	8.6-13.6	13	6.3-14.1	7-10.4
تعداد سنبلچه در خوشه Spikelets in spike	6.6	14.3-19.4	15.1-19.1	6.9	14.4-18.2	6.9-8.5
وزن هزار دانه Thousand weight	10.1	28-43.4	29.1-43.6	8.6	30.7-41.3	26.8-42.5
ارتفاع Height	9.6	74.8-102.3	73.4-105.9	8.8	67.4-88	64.8-93
پدانکل Peduncle	14.1	27.6-46	30.2-47.6	13.7	22.1-39.1	25.6-40.4
طول ریشک Awn length	0.9	6.6-7.9	7-8.3	5.8	6.7-8.6	6.9-8.5
گلدهی Flowering	14.9	11-20.8	8.5-17.3	15.4	9.1-18.9	7.2-16.7
رسیدگی Maturity	4.9	40.1-48	38-9-48.6	2.9	36.5-45.4	37.5-46
دوره پر شدن دانه Grain filling period	6.7	24.1-32.7	26.2-35.1	6.3	25.6-33.4	25.2-35
عملکرد Yield	16.8	11-24.5	10.2-23.2	4.1	9.5-16	8.6-15.5

جدول ۲- مقادیر میانگین مربعات تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در والدین و F_1 آنها در دی‌آلل ۷×۷ یک طرفه در گندم در دو شرایط (محیط) تنش خشکی و نرمال.

Table 2. ANOVA mean squares of traits measured in parents and F1s in a 7×7 diallel mating design in wheat at normal and stress conditions.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد پنجه Tiller number	تعداد خوشه Spike number	تعداد سنبلچه در خوشه Spiklets in spike	وزن هزار دانه (گرم) Thousand weight (g)	ارتفاع (cm) Height (cm)	پدانکل (cm) Peduncle (cm)	طول ریشک (cm) Awn Length (cm)	گلدهی (روز) Flowering (day)	رسیدگی (روز) Maturity (day)	دوره پر شدن دانه (روز) Filling period (day)	عملکرد (گرم در بوته) Yield (g/plant)
محیط Environment	1	476**	317.4**	3.3^{ns}	22.5^{ns}	4111**	514**	1.78^{ns}	297**	1907**	674**	836**
بلوک درون محیط Blocks into Environment	4	36.4	15.7	3.5	39.2	67.1	5.8	5.08	28.5	6.5	45.2	8.2
ژنوتیپ Genotype	27	22.6**	11.35**	9.5**	85.6**	381.2**	143.3**	0.85**	33.1**	27**	33.2**	31**
ژنوتیپ × محیط Genotype × Environment	27	4.13^{ns}	4.07^{ns}	1.1^{ns}	14.6^{ns}	24*	6^{ns}	0.29^{ns}	7.6^{ns}	5.6^{ns}	13.5^{ns}	26.3*
خطا Error	107	6.15	5.3	1.16	15.7	12.8	4.4	0.25	7.6	7.07	12.2	16.1
GCA	6	79**	22.05**	31.5**	299**	1563**	565**	1.7**	115**	87.9**	64**	78.2**
SCA	21	6.4^{ns}	8.25^{ns}	3.14**	24.6^{ns}	49.9**	22.8**	0.59**	10^{ns}	11.8*	23.7*	17.4^{ns}
محیط × GCA Condition × GCA	6	3.25^{ns}	7.38^{ns}	1.65^{ns}	13.4^{ns}	23^{ns}	7^{ns}	0.41^{ns}	1.3^{ns}	5.9^{ns}	6.7^{ns}	69.2**
محیط × SCA Condition × SCA	21	4.35^{ns}	3.19^{ns}	0.93^{ns}	15^{ns}	22*	5.5^{ns}	0.25^{ns}	9.1^{ns}	3.8^{ns}	14.8^{ns}	14.4^{ns}

ns غیر معنی‌دار

ns: Non significant.

*و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

* and **: significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively

بالا بودن اثر افزایشی ژن نشان دهنده وراثت‌پذیری بالا و اثر کمتر محیط بر آن و نیز نتیجه اثر متقابل ضعیف ژنی بوده و منجر به موفقیت بیشر در گزینش شود. با این وجود روش‌های اصلاحی باید از هر دوی این واریانس‌ها استفاده کند (Topal *et al.,* 2004). ترکیب پذیری خصوصی برای برخی از صفات معنی‌دار به دست آمد. باتوجه به اینکه این اثر مربوط به هترزیس است و تولید گندم هیبرید برای استفاده زراعی هنوز عملی نیست، بنابراین نمی‌توان از آن به طور مستقیم استفاده نمود. البته در صورتی که هتروزیس به دلیل اثر غالبیت ژن‌ها (تئوری غالبیت هتروزیس) و نه فوق غالبیت باشد، بدان معنی است که می‌توان دو والدی که بیشترین هتروزیس را نشان می‌دهند تلاقی داده و در نسل‌های آینده افرادی که بیشترین تعداد آلل مطلوب را دارند انتخاب کرد. بررسی هتروزیس والدین در قسمت نتایج تجزیه بای‌پلات انجام خواهد شد.

مقادیر GCA والدین بر اساس میانگین داده‌ها در دو شرایط آزمایشی در جدول ۳ ارایه شده است. از نظر تعداد پنجه و تعداد خوشه در بوته، ژنوتیپ سرداری بیشترین و ژنوتیپ کویر کمترین GCA معنی‌دار را نشان دادند. در حالی که GCAی ژنوتیپ‌های گروه WS تفاوت معنی‌داری با صفر نشان نداد. در این مورد ژنوتیپ سرداری از این نظر ژنوتیپ جالبی به نظر می‌رسد که با اینکه تعداد پنجه زیادی تولید می‌کند، میزان باروری آنها نیز بالاست و می‌تواند این قابلیت را به دیگر ژنوتیپ‌ها منتقل کند، بر خلاف ژنوتیپ شیراز که تعداد پنجه بارور کمتری دارد. بنابراین برای اصلاح این صفت ژنوتیپ سرداری بهترین است. برای تولید بهترین نتاج از نظر صفت مورد نظر بایستی والدینی که بیشترین ترکیب پذیری عمومی را نشان می‌دهند با همدیگر تلاقی داد (Barnard *et al.,* 2002). از نظر تعداد سنبلچه در خوشه بهترین ژنوتیپ‌ها برای به کارگیری در برنامه‌های اصلاحی ژنوتیپ کویر، شیراز و WS-82-9 بودند. همان‌طور که از نتایج مشخص است ژنوتیپ‌هایی که دارای تعداد زیادی پنجه و خوشه در بوته بودند از نظر تعداد سنبلچه در خوشه ضعیف بودند. اگر چه ژنوتیپ شیراز تعداد پنجه‌های بارور کمتری نسبت به سرداری داشت اما تعداد سنبلچه در خوشه آن بیشتر از ژنوتیپ سرداری بود و این میزان را توانسته به ژنوتیپ‌هایی که با آنها تلاقی یافته منتقل کند.

جدول ۳- مقادیر GCA والدین استفاده شده در تلاقی دی‌آلل ۷×۷ برای میانگین دو شرایط.

Table 3. GCA values of parents in 7×7 diallel mating design for means of two conditions

والدین Parents	تعداد پنجه Tiller number	تعداد خوشه Spike number	تعداد سنبلچه در خوشه Spiklets in spike	وزن هزار دانه (گرم) Thousand weight	ارتفاع (سانتی‌متر) height	پدانکل (سانتی‌متر) peduncle	طول ریشک (cm) Awn length	گلدهی (روز) flowering	رسیدگی (روز) maturity	دوره پر شدن دانه (روز) Filling period	عملکرد (گرم در بوته) yield
آذر۲ Azar 2	0.47 ns	0.52 ns	-1.42**	2.3**	7.9**	6.28**	-0.2*	-0.4 ns	-ns1	- 0.7 ns	- 0.4 ns
کویر Kavir	-2.1**	-0.85*	0.88**	1.8**	-2.6**	-1.3**	0.29**	-1.3**	0.2 ns	1.5**	1.5*
شیراز Shiraz	0.63 ns	- 0.13 ns	0.54**	-1.5**	0.8 ns	-1.14**	0.07 ns	1.5**	1.8**	0.2 ns	- 1.1 ns
سرداری Sardari	1.84**	1.08**	0.01 ns	-2.3**	5.04**	1.97**	0.09 ns	2.4**	1.15*	-1.1*	-0.6 ns
ws-82-9	- 0.51 ns	0.1 ns	0.51**	3.2**	1.33 ns	- 0.24 ns	0.06 ns	-1.2**	-1.97**	-0.9 ns	1.9**
ws-82-7	- 0.34 ns	-0.38 ns	-0.36*	-1.4**	-6.9**	-3.63**	-0.1 ns	-1.3**	0.25 ns	1.5**	- 0.8 ns
ws-82-13	0.02 ns	- 0.33 ns	- 0.16 ns	-2.2**	-5.6**	-1.96**	-0.2*	0.32 ns	-0.43 ns	-0.59 ns	0.56 ns -

ns: Non significant. ns غیر معنی‌دار

* and **: significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively *و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

وزن هزار دانه یکی از صفات مهمی است که در این آزمایش تنوع بسیار زیادی نشان داد. به عبارتی این صفت از ۲۹/۴ گرم برای ژنوتیپ شیراز تا ۴۲/۴ گرم برای ژنوتیپ WS-82-9 متغیر بود. نتیجه مشابهی را می‌توان در جدول ۲ مشاهده کرد. به طوری که ژنوتیپ WS-82-9 دارای بیشترین قابلیت ترکیب پذیری عمومی برای این صفت بوده و به طور میانگین در تلاقی‌هایی که این والد وجود داشته است میزان این صفت به مقدار ۳/۲ گرم افزایش نشان داده شده است.

در مورد ارتفاع و طول پدانکل بالاترین ارزش اصلاحی را می‌توان در ژنوتیپ آذر۲ مشاهده کرد که جز ژنوتیپ‌های پا بلند این آزمایش بود. ژنوتیپ WS-82-7 بهترین گزینه برای اصلاح ژنوتیپ‌ها برای پاکوتاهی است. از آنجا که کوتاه بودن و کوچک بودن جثه گیاه میزان تبخیر و تعرق را کاهش داده و ژنوتیپ را سازگار به شرایط تنش می‌کند، به نظر می‌رسد یکی از دلایلی که این ژنوتیپ به عنوان ژنوتیپ متحمل در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تولید شده همین سازگاری باشد. البته کوچک بودن بیش از حد جثه گیاه اگر چه شاخص برداشت را بالا می‌برد ولی عملکرد نیز به دلیل فتوسنتز کمتر و میزان تولید کمتر کاهش شدید نشان می‌دهد و مطلوب نیست (Blum, 2011). به همین دلیل شاید بتوان نتیجه‌گیری کرد که ژنوتیپ کویر از این نظر بهتر باشد زیرا بیش از حد پا کوتاه نبوده و به همین دلیل از نظر صفات دیگری که تاثیر مثبت بر عملکرد دارند وضعیت خوبی دارد. ژنوتیپ آذر۲ بهترین ژنوتیپ برای افزایش طول پدانکل است. به دلیل اینکه پدانکل علاوه بر دارا بودن توانایی فتوسنتز قادر به ذخیره سازی مواد غذایی در خود و انتقال آن به دانه است طویل بودن آن تحمل به تنش خشکی را زیاد می‌کند. ارتباط این صفت با تحمل به تنش خشکی قبلا گزارش شده است (Ahmadi *et al.,* 2009; Bazargani *et al.,* 2011). از نظر طول ریشک نیز می‌توان ژنوتیپ کویر را شاخص دانست. وجود ریشک در گیاه با توجه به اینکه در آن فتوسنتز انجام می‌شود می‌تواند صفتی مطلوب برای شرایط تنش خشکی در نظر گرفته شود. ژنوتیپ سرداری بالاترین ترکیب پذیری عمومی را برای روز تا گلدهی نشان داد و در تلاقی‌هایی که این ژنوتیپ حضور داشته باشد به طور متوسط ۲/۴ روز دوره گلدهی به تاخیر می‌افتد. نتایج گلدهی همخوانی بالایی با تاریخ رسیدگی نشان داد، اما از نقطه نظر تحمل به تنش خشکی می‌توان گفت بهترین ژنوتیپ‌ها، ژنوتیپ‌هایی هستند که زودتر به گل می‌روند و بدون کوتاه کردن دوره پرشدن دانه، رسیدگی خود را انجام می‌دهند. این استنتاج به این دلیل است که ممکن است ژنوتیپ‌های بسیار زودرس وجود داشته باشند که خیلی سریع به گل رفته و با کوتاه کردن دوره پر شدن دانه خیلی سریع نیز برسند. اگر چه این ژنوتیپ‌ها در مکانیسم فرار از

خشکی آخر فصل که در کشور ما معمول است موفق هستند، اما به دلیل کوتاه کردن دوره پر شدن دانه عملا عملکرد پایین تری از خود نشان خواهند داد. با این منطق می‌توان بهترین ژنوتیپ را ژنوتیپ WS-82-9 در نظر گرفت که اگر چه گلدهی و رسیدگی سریع دارد، اما دوره پر شدن دانه خود را در حد متوسط حفظ کرده است و به همین دلیل وزن هزار دانه خوبی نیز دارد. با توجه به اینکه ژنوتیپ سرداری در تحقیق طوسی مجرد و همکاران (Mojarrad *et al.,* 2009) و تحقیق حاضر مشترک بود ویژگی‌های بارز این ژنوتیپ در تحقیق ذکر شده مانند تعداد خوشه زیاد، طول پدانکل بلند و دیرگلدهی در تحقیق حاضر نیز مشاهده گردید.

در مورد عملکرد با توجه به اینکه اثر متقابل بین ژنوتیپ در محیط معنی‌دار شده است در تجزیه‌های جداگانه میزان ترکیب پذیری عمومی صفات و تجزیه واریانس آن محاسبه شد. تجزیه واریانس جداگانه صفت عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش و به دنبال آن مقادیر GCA والدین در این دو شرایط در جدول ۴ ارایه شده است. در شرایط تنش بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد و همانطور که از این نتیجه انتظار می‌رود اثر ترکیب پذیری عمومی و خصوصی نیز معنی‌دار نبود. اما در شرایط نرمال بین ژنوتیپ‌ها تفاوت بسیار معنی‌دار بوده و سهم GCA نیز بسیار بالا بود. معنی‌دار نبودن اثر ژنوتیپ و GCA در شرایط تنش نشان داد که در این شرایط ژن‌ها فرصت بیان خود را پیدا نکردند و به همین دلیل در این شرایط معمولا وراثت‌پذیری صفات پایین است. هر چند یادآوری می شود که در این آزمایش تنش متوسط اعمال شد. کاهش اثر GCA و وراثت‌پذیری در شرایط تنش برای عملکرد و دیگر صفات قبلاً گزارش شده است (Sirault *et al.,* 2008). به عبارت دیگر، پاسخ عملکرد به افزایش میزان آب ابتدا به صورت رابطه خطی و با شیب زیاد است. زمانی که میزان آب از حدی بالاتر رود این شیب کمتر شده و تغییر زیادی در عملکرد اتفاق نمی‌افتد. به همین دلیل در شرایط تنش، نایکنواختی‌های کوچک در میزان آب در دسترس گیاه در سطح مزرعه، باعث تغییرات بزرگ در عملکرد و دیگر صفات شده و واریانس خطا را زیاد می‌کند. به همین دلیل در شرایط تنش وراثت‌پذیری عملکرد و صفات مرتبط با عملکرد نسبت به شرایط نرمال کاهش نشان می‌دهد (Blum, 2011). دو ژنوتیپ کویر و WS-82-9 جز بهترین ژنوتیپ‌ها برای افزایش عملکرد در شرایط نرمال بودند. دو ژنوتیپ WS-82-7 و WS-82-13 اگر چه به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل طبقه بندی می‌شوند، اما به دلیل زودرسی بیش از حد و کوچک بودن جثه گیاه، عملکرد بالایی ندارند و تنها می‌توانند به عنوان منبعی برای ژن‌های تحمل به خشکی استفاده شوند.

تجزیه بای‌پلات آزمایش دی‌آلل

در تجزیه بای‌پلات به راحتی می‌توان وضعیت ژنوتیپ‌ها را از نظر میزان GCA و SCA مشاهده کرد و همچنین در این روش می‌توان تشخیص داد کدام ژنوتیپ‌ها با همدیگر می‌توانند ترکیب پذیری خصوصی خوبی داشته باشند (Yan and Kang, 2003). این تجزیه در مورد صفاتی انجام گرفت که در عملکرد گیاه تاثیر داشتند. به این ترتیب ابتدا رابطه عملکرد با صفات اندازه گیری شده به صورت جداگانه در دو شرایط تنش و نرمال با کمک رگرسیون گام به گام به دست آمد. در شرایط نرمال رابطه به صورت زیر به دست آمد (همه ضرایب استاندارد هستند):

$$Y_N=0.25TW+0.91EN-0.71TI+0.29SF \quad (۱)$$

این رابطه در شرایط تنش به صورت زیر بود:

$$Y_S=0.44TW+0.87EN+0.28AW+0.44SF \quad (۲)$$

که در آن Y_N و Y_S به ترتیب عملکرد در شرایط نرمال و تنش،TW وزن هزار دانه، EN تعداد خوشه، SP تعداد سنبلچه در خوشه، TI تعداد پنجه و AW طول ریشک است.

شکل ۱ (a) نمودار بای‌پلات مربوط به صفت تعداد سنبلچه در خوشه را برای میانگین هر دو شرایط آزمایش نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۲ نیز نشان داده شد، ژنوتیپ‌های شیراز، کویر و WS-82-9 دارای بیشترین GCA و ژنوتیپ آذر۲ دارای کمترین GCA برای این صفت بودند. با توجه به اینکه در این نمودار ژنوتیپ کویر نزدیک تستر شیراز قرار گرفته است، نشان دهنده این است که این دو ژنوتیپ به خوبی می‌توانند با همدیگر ترکیب پذیری خصوصی بالایی داشته و نتاج برتری تولید نمایند.

جدول ۴- میانگین مربعات عملکرد دانه در دو شرایط تنش و نرمال در والدین و F_1 آنها

Table 4. Mean squares of grain yield at stress and normal conditions in parents and their F_1

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شرایط نرمال Normal condition	شرایط تنش Stress condition
ژنوتیپ Genotype	27	45.5**	12 n
بلوک Block	2	13.8 ns	2.6 ns
خطا Erorr	54	20.8	11.2
GCA	6	129.5**	17.9 ns
SCA	21	21.5 ns	10.4 ns

مقادیر GCA والدین در دو شرایط تنش و نرمال

GCA values of parents at stress and normal conditions

ژنوتیپ Genotype	شرایط نرمال Normal condition	شرایط تنش Stress condition
آذر۲ Azar 2	- 0.5 ns	- 0.19 ns
کویر Kavir	3**	0.1 ns
شیراز Shiraz	-2.3**	- 0.01 ns
سرداری Sardari	-2.3**	1.1 ns
ws-82-9	2.9**	0.9 ns
ws-82-7	- 0.8 ns	- 0.86 ns
ws-82-13	- 0.05 ns	- 1.05 ns

ns Non significant. ns غیر معنی‌دار.

* and ** Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

علاوه بر آن، ژنوتیپ کویر با تستر سرداری نیز ترکیب پذیری خوبی نشان داد که می‌توان برای افزایش تعداد سنبلچه‌ها در ژنوتیپ سرداری، از ژنوتیپ کویر استفاده کرد. شکل ۱ (b) مربوط به تعداد خوشه برای میانگین هر دو شرایط است. از ژنوتیپ سرداری که دارای تعداد خوشه بالایی است می توان برای برطرف کردن تعداد کم خوشه در دو ژنوتیپ آذر۲ و WS-82-9 استفاده کرد. در مورد وزن هزار دانه بیشترین ترکیب پذیری بینWS-82-9 و ژنوتیپ های کویر، آذر۲ و شیراز وجود داشت (شکل ۱ c). با توجه به اینکه ژنوتیپ شیراز از نظر وزن هزاردانه ضعیف است، به نظر می رسد بهترین روش برای اصلاح آن تلاقی با ژنوتیپ WS-82-9 باشد.

برآورد پارامترهای ژنتیکی آزمایش دی‌آلل

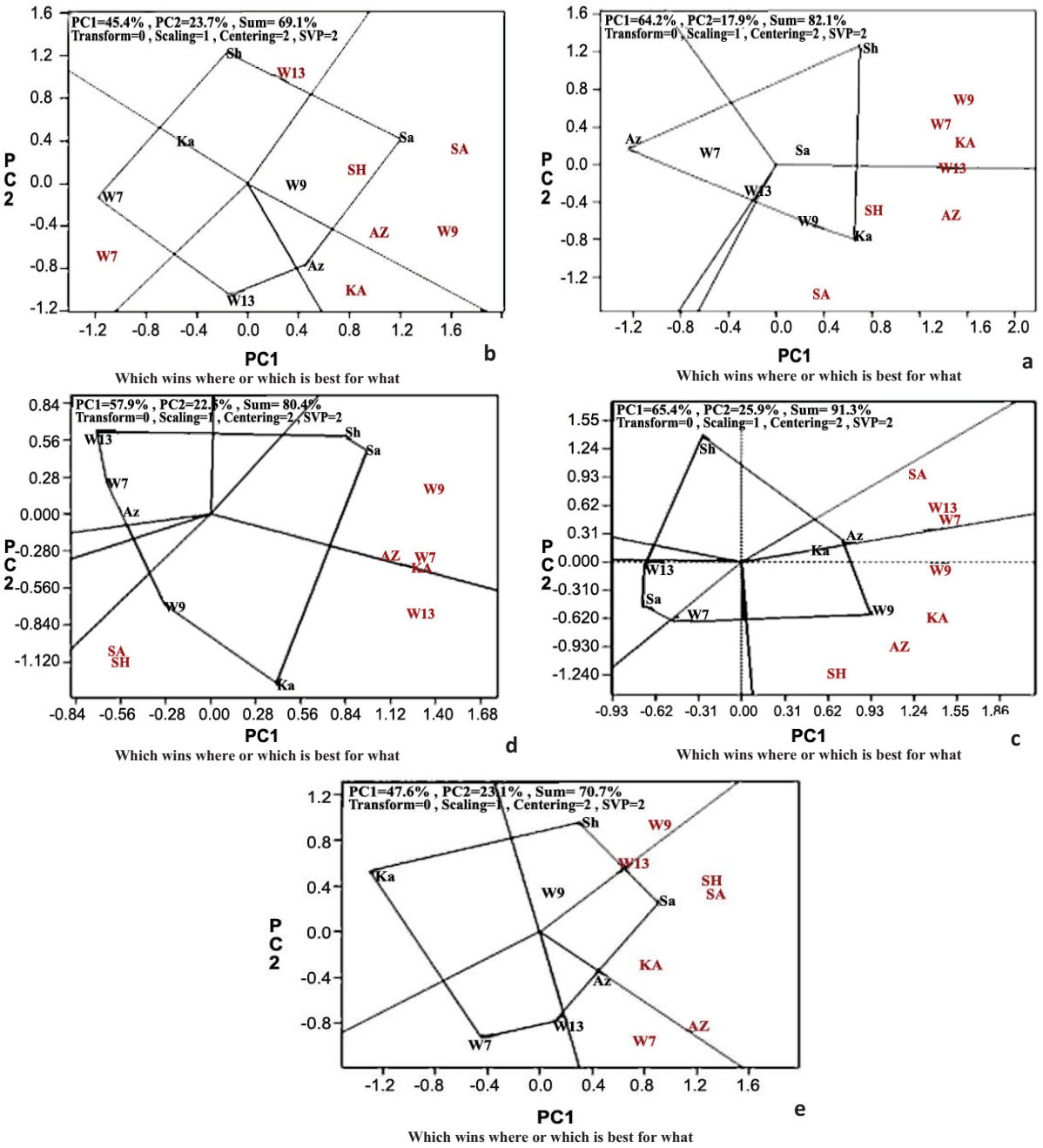
پارامترهای مربوط به تنوع ژنتیکی داده‌های دی‌آلل، به روش متر و جینکز (Mather and Jinks, 1972) محاسبه و در جدول ۵ ارایه شد. در مورد تعداد پنجه خط رگرسیون دارای شیبی متفاوت از صفر بوده و تفاوت شیب با عدد یک نیز معنی‌دار نیست که نشان دهنده این است که مدل افزایشی- غالبیت در مورد داده‌های این صفت کفایت می‌کند. درجه غالبیت در این صفت ۰/۷۷ بود که نشان دهنده غالبیت نسبی عمل ژن در کنترل این صفت بود. در مورد تعداد خوشه، تعداد سنبلچه در خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد در شرایط نرمال مدل افزایشی- غالبیت کفایت نمی‌کند و احتمال وجود اثر اپی ستازی معنی‌دار برای کنترل این صفات وجود دارد و بنابراین نمی‌توان به صورت

دقیق پارامترهای ژنتیکی را با روش دی آلل تخمین زد. نحوه عمل ژن و دیگر پارامترهای مربوط به طول پدانکل بسیار شبیه ارتفاع گیاه بود. در جدول ۵ نیز پارامترهای ژنتیکی تخمین زده شده برای ریشک نشان می‌دهد که در آن مدل افزایشی- غالبیت کفایت می‌کند. درجه غالبیت بیشتر از یک بود که نشان می‌دهد عمل ژن بیشتر به صورت فوق غالبیت بوده است. بالابودن نسبی اثر SCA در جدول تجزیه واریانس داده‌های دی آلل (جدول۱) نیز این نکته را تائید می‌کند. کویر دارای طویل‌ترین ریشک با طول ۸/۱ سانتی‌متر و ژنوتیپ آذر۲ دارای کوتاه ترین ریشک با طول ۶/۷ سانتی‌متر است.

نتایج به طور کلی نشان داد که یک ژنوتیپ ایده‌آل که دارای همه صفات مطلوب مرتبط با تنش خشکی باشد وجود ندارد. بهترین ژنوتیپ برای تولید تعداد بیشتر خوشه بارور را می‌توان ژنوتیپ‌های آذر ۲ و سرداری در نظر گرفت که با توجه به مقادیر SCA آنها با سایر ژنوتیپ‌ها، می‌توان تلاقی‌های سرداری × شیراز و آذر۲ × کویر را برای اصلاح این صفت پیشنهاد کرد. برای اصلاح تعداد سنبلچه در خوشه می‌توان از کویر، شیراز و WS-82-9 استفاده کرد و آنها را با سرداری تلاقی داد. برای اصلاح وزن هزار دانه می‌توان از ژنوتیپ WS-82-9 استفاده کرد و با توجه به مقادیر SCA آن با سایر ژنوتیپ‌ها توصیه می‌شود از تلاقی‌های کویر × WS-82-9 و آذر ۲ × WS-82-9 برای اصلاح و افزایش وزن هزاردانه استفاده شود. برای افزایش طول پدانکل که از نظر تحمل به تنش خشکی می‌تواند مطلوب باشد می‌توان از ژنوتیپ آذر۲ استفاده کرد. برای اصلاح گلدهی و رسیدگی و همچنین دوره پر شدن دانه نیز می‌توان از ژنوتیپ‌های WS-82-9 و کویر استفاده کرد. در مورد دوره پرشدن دانه بهترین تلاقی برای اصلاح آن تلاقی کویر× WS-82-7 بود. در مجموع از گروه WS ژنوتیپ WS-82-9 بهترین ژنوتیپ بود. در این آزمایش در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها شاید بتوان گفت ضعف این ژنوتیپ در تعداد خوشه بارور کم و طول پدانکل کوتاه بود. این ژنوتیپ از نظر صفات فنولوژیک وضعیت بسیار خوبی داشت. زیرا با اینکه گلدهی سریع داشت اما دوره پرشدن کوتاهی نداشته و دوره رشدی خود را سریع به اتمام نرسانده به طوری که طول دوره رشدی آن از اول فروردین ۶۹ روز و طول دوره پرشدن دانه در آن ۲۶ روز بود. این ویژگی از این نظر اهمیت دارد که دانه‌ها به دلیل زودرسی بیش از حد چروکیده نمی‌شوند. در مجموع می‌توان گفت ژنوتیپ‌های قدیمی مانند آذر۲، کویر و سرداری مشخصه‌های خوبی دارند که می‌توان در اصلاح ژنوتیپ‌های جدید از آنها استفاده کرد. ژنوتیپ WS-82-9 نیز در بین گروه WS بهترین ژنوتیپ برای توصیه کشت در شرایط تنش خشکی است.

سپاسگزاری

نگارندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از بخش تحقیقات غلات موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر به ویژه آقای دکتر گودرز نجفیان برای در اختیار گذاشتن بذر ژنوتیپ‌های گروه WS و همچنین راهنمایی در مورد انتخاب ژنوتیپ‌ها تشکر نمایند.



شکل ۱- نمودار بای‌پلات برای صفات: (a) تعداد سنبلچه در خوشه (میانگین دو شرایط)، (b) تعداد خوشه (میانگین دو شرایط) (c) وزن هزار دانه (میانگین دو شرایط) (d) طول ریشک در شرایط تنش (e) تعداد پنجه در شرایط نرمال. ژنوتیپ‌ها در راس‌ها یا داخل چند ضلعی و تسترها بیرون از آن قرار گرفته‌اند. ژنوتیپ‌ها عبارتند از: AZ آذر۲، KA کویر، SH شیراز، SA سرداری، W7: WS-82-7، W9: WS-82-9، W13: WS-82-13

Figure 1. Biplot graph for traits: (a) Spikelet number per spike (mean of two conditions), (b) Spike number (mean of two conditions), (c) Thousand grain weight (mean of two conditions), (d) Awn length in drought stress condition (e) Tiller number in normal condition. Genotypes are either located at corners or in polygon while testers are outside of polygon. Genotypes consisted of: AZ, Azar2; KA, Kavir; SH, Shiraz; SA, Sardari; W7, WS-82-7; W9, WS-82-9, W13: WS-82-13

جدول ۵- پارامترهای ژنتیکی برآورد شده با روش متر و جینکز در طرح دی‌آلل ۷×۷ گندم نان

Table 5. Estimated genetic parameters by Mather and Jinks method in 7×7 wheat diallel design

صفت Trait	وراثت پذیری خصوصی (بر مبنای میانگین ۱۰ بوته) Narrow sense heritability (per 10 plants mean)	حاصلضرب فراوانی آلل‌ها Allel frequency product	درجه غالبیت Degree of dominance	ضریب رگرسیون و تفاوت معنی‌دار آن از عدد ۱ Regression coefficient and it's significant difference from 1	میانگین مربعات رگرسیون Regression mean squares
تعداد پنجه Tiller number	0.7	0.12	0.77	0.99 ns	17.2**
تعداد خوشه Spike number	0.36	0.14	0.9	0.65 ns	1.8 ns
ارتفاع بوته Plant Height	0.97	0.03	0.67	0.84 ns	1641**
طول پدانکل Peduncle length	0.97	0.03	0.72	0.93 ns	312**
تعداد سنبلچه در خوشه Spikelet no. per spike	0.86	0.16	0.91	0.27*	0.11 ns
وزن هزاردانه Thousand grain weight	0.8	0.12	0.8	0.33 ns	7.4 ns
طول ریشک Awn length	0.52	0.2	1.3	0.95 ns	0.04**
تاریخ گلدهی Flowering time	0.76	0.11	0.79	0.83 ns	23**
زمان رسیدگی Maturity time	0.71	0.18	0.95	0.78 ns	20.6**
دوره پر شدن دانه Grain filling period	0.46	0.21	1.33	1.03 ns	17**
عملکرد در شرایط تنش Yield in stress condition	0.12	0.76	1.82	0.61 ns	13.1**
عملکرد در شرائط نرمال Yield in normal condition	0.55	0.08	0.93	0.53 ns	4.6 ns

ns غیر معنی‌دار.

ns Non significant.

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

References

Abate, Z. and McKendry, A. 2010. Diallel analysis of Fusarium head blight resistance in genetically diverse winter wheat germplasm. **Euphytica** 175: 409-421.

Ahmadi, A., Joudi, M. and Janmohammadi, M. 2009. Late defoliation and wheat yield: Little evidence of post-anthesis source limitation. **Field Crops Research** 113: 90-93.

Arjenaki, F. G., Jabbari, R. and Morshedi, A. 2012. Evaluation of Drought Stress on Relative Water Content, Chlorophyll Content and Mineral Elements of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences** 4 (11): 726-729.

Babu, R. C., Zhang, J., Blum, A., Ho, T. H. D., Wu, R. and Nguyen, H. T. 2004. HVA1, a LEA gene from barley confers dehydration tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) via cell membrane protection. **Plant Science** 166: 855–862.

Barnard, A. D., Labuschagne, M. T. and Niekerk, H. A. 2002. Heritability estimates of bread wheat quality traits in the Western Cape province of South Africa. **Euphytica** 127: 115-122.

Bazargani, M. M., Sarhadi, E., Bushehri, A. A. S., Matros, A., Mock, H. P., Naghavi, M. R., Hajihoseini, V., Mardi, M., Hajirezaei, M. R. and Moradi, F. 2011. A proteomics view on the role of drought-induced senescence and oxidative stress defense in enhanced stem reserves remobilization in wheat. **Journal of Proteomics** 74 (10): 1959–1973.

Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? **Australian Journal of Agricultural Research** 56: 1159-1168.

Blum, A. 2011. Plant breeding for water-limited environments. Springer Verlag.

Cruz-Aguado, J. A., Rodeas, R., Pearez, I. P. and Dorado, M. 2000. Morphological characteristics and yield components associated with accumulation and loss of dry mass in the internodes of wheat. **Field Crops Research** 66: 129-139.

Dere, S. and Yildirim, M. B. 2006. Inheritance of plant height, tiller number per plant, spike height and 1000-kernel weight in a 8x8 diallel cross population of bread wheat. **Cereal Research Communications** 34: 965-972.

El-Maghraby, M. A., Moussa, M. E., Hana, N. S. and Agrama, H. A. 2005. Combining ability under drought stress relative to SSR diversity in common wheat. **Euphytica** 141: 301-308.

Gorny, A. G., Banaszak, Z., Lugowska, B. and Ratajczak, D. 2011. Inheritance of the efficiency of nitrogen uptake and utilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under diverse nutrition levels. **Euphytica** 177: 191-206.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences** 9: 463-493.

Hailu, F., Johansson, E. and Merker, A. 2010. Patterns of phenotypic diversity for phenologic and qualitative traits in Ethiopian tetraploid wheat germplasm. **Genetic Resources and Crop Evolution** 57: 781-790.

Hayman, B. I. 1960. The theory and analysis of diallel crosses. III. **Genetics** 45 (2): 155-172.

Jinks, J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. **Genetics** 39: 767-788.

Joshi, S. K., Sharma, S. N., Singhania, D. L. and Sain, R. S. 2004. Combining ability in the F_1 and F_2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). **Hereditas** 141: 115-121.

Khan, A. A., Iqbal, M., Ali, Z. and Athar, M. 2010. Diallel analysis of quantitative traits in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Biosystems** 144: 373-380.

Mather, K. and Jinks, J. L. 1982 . Biometrical Genetics. (3rd ed.). Chapman and Hall. London.

Mazaheri, D. and Majnoon Hosseini, N. 2001. Principles of general agriculture. Tehran University. (In Persian).

Mohammadi, H., Emami, M. K. and Rezai, A. 2007. Estimation of genetic parameters for wheat grain yield and its components using diallel crosses. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 11: 157-165. (In Persian).

Mohammadi, S. H. and Emami, M. K. 2008. Graphical analysis for grain yield of wheat and its components using diallel crosses. **Seed and Plant** 24: 475-486. (In Persian).

Mohsenabadi, G. R., Jahansooz, M. R., Chaichi, M. R., Mashhadi, H. R., Liaghat, A. M. and Savaghebi, G. R. 2008. Evaluation of barley-vetch intercrop at different nitrogen rates. **Journal of Agricultural Science** 10: 23-31. (In Persian).

Mojarrad, T. and Ghannadha, M. R. 2008. Diallel analysis for estimation of genetic parameters in relation to traits of wheat height in normal and drought conditions. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources** 12: 143-155. (In Persian).

Mojarrad, M., Bihamta, M. R. and Khodarahmi M. 2009. Investigation of genetic parameters of some wheat traits using diallel method measuring at normal and drought stress conditions. **Iranian Journal of Field Crop Science** 40: 13-24 (In Persian).

Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Condon, A. G. and Farquhar, G. D. 2006. Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Euphytica** 150: 97-106.

Sayar, R., Khemira, H. and Kharrat, M. 2007. Inheritance of deeper root length and grain yield in half-diallel durum wheat (*Triticum durum*) crosses. **Annals of Applied Biology** 151: 213-220.

Sirault, X. R. R., Condon, A. G., Rebetzke, G. J. and Farquhar, G. D. 2008. Genetic analysis of leaf rolling in wheat. 11th International Weat Genetics Symposium, Sydney University, Australia.

Topal, A., Aydin, C., Akgun, N. and Babaoglu, M. 2004. Diallel cross analysis in durum wheat (*Triticum durum* Desf.): Identification of best parents for some kernel physical features. **Field Crops Research** 87: 1-12.

Yan, W. and Kang, M. S. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC PRESS.

Zare, M., Choukan, R., Bihamta, M. R. and Hervan, E. M. 2010. Estimation of genetic parameters and general and specific combining abilities in maize using a diallel design. **Iranian Journal of Crop Sciences** 12: 318-332 (In Persian).

Inheritance of some traits in bread wheat using diallel method at normal and drought stress conditions

Hosseinali Ramshini[1]*, Mehdi Fazel Najafabadi[1] and Mohammad Reza Bihamte[2]

1. Assist. Prof., Dept. of Agronomy Sciences and Plant Breeding, Aburaihan Campus, Tehran University, 3. Prof., Agriculture and Natural Resources Campus, Tehran University

(Received: August 6, 2012- Accepted: October 30, 2012)

Abstract

Breeding for drought tolerance is one of the most efficient ways for preventing yield loss in dry conditions. Diallel method is one of the best methods for genetic evaluation of germplasm before starting of breeding program. In this experiment seven bread wheat genotypes including old genotypes and elite lines were crossed in a half diallel mating design. Parents and F_1s were planted at stress and normal condition in a RCBD design with three replications. In addition to pheonologic recording, morphological traits and grain yield were measured after harvest. Analysis of variance for diallel experiment showed that the effect of GCA effect was significant for all traits that imply there is significant additive effect in controlling of all traits. Results showed that each genotype is good considering one or some traits. Using biplot analysis, parents with high SCA were recognized for different traits. For spikelets number per ear, ear number and thousand weight crosses Kavir×Shiraz, Sardari×Shiraz and Azar2×WS-82-9 had the highest SCA. Mather and Jinks graphical analysis showed the adequacy of additive-dominance gene action model. Degree of dominance was between from 0 to 1 for most traits which showed the gene action is almost partial dominance. Some genotypes like WS-82-9, Sardari and Kavir can be used for improving of traits thousand weight, ear number and spikelets in ear in both conditions, respectively. Also WS-82-9 is an elite line that can be acceptable genotype for dry condition.

Keywords: Gene action, General and specific combining ability, Narrow sense heritability

*Corresponding author: ramshini_h@ut.ac.ir