دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و دوم، ۱۳۹۹

ارزیابی صفات مورفوفیزیولوژیکی و شاخص‌های تحمل به خشکی در تعدادی از لاین‌های پیشرفته گندم دوروم (*Triticum durum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری

فرشته جوکار[۱]، اسد معصومی اصل[۲]، رحمت اله کریمی زاده[۳]

دریافت: ۹۷/۱۰/۱ پذیرش: ۹۸/٤/۱۹

چکیده

توسعه صنایع تبدیل غذایی، ضرورت افزایش تولید گندم دوروم در کشور را آشکار ساخته و از طرفی، تنش‌های محیطی عامل کاهش عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌روند. به منظور مقایسه ۱۲ لاین پیشرفته گندم دوروم از نظر تحمل به خشکی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار و در دو شرایط بدون آبیاری و آبیاری تکمیلی در سال زراعی ۹٤-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی دیم گچساران انجام و صفات مورفوفیزیولوژیکی آنها شامل ارتفاع بوته، طول خوشه، طول پدانکل، طول دوره پر شدن دانه، تعداد بوته در متر مربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کلیه صفات مورد بررسی در لاین‌ها (به جز طول پدانکل) واکنش متفاوتی به شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری نشان دادند که نشاندهنده تنوع ژنتیکی بالا بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه می‌باشد. با در نظر گرفتن اکثر صفات، لاین Ter در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری، متحمل‌ترین ژنوتیپ به خشکی بود. با توجه به شاخص‌های GMP و STI لاین‌های Ter، Icajihan و Aghrass متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. تجزیه خوشه ای در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری تکمیلی، لاین‌ها را در چهار گروه قرار داد ولی لاین‌های متحمل کنار هم قرار نگرفتند. بطور کلی، با توجه به عملکرد و شاخص‌های تحمل، لاین Icajihan مناسب‌ترین ژنوتیپ برای کشت در شرایط بدون آبیاری تکمیلی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خشکی، تنوع ژنتیکی، شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد

جوکار، ف.، ا. معصومی اصل و ر. کریمی زاده. ۱۳۹۹. ارزیابی صفات مورفوفیزیولوژیکی و شاخص های تحمل به خشکی در تعدادی از لاین‌های پیشرفته گندم دوروم در شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۲: ۱۷۳-۱٦۲.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

۲- دانشیار اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران- مسئول مکاتبات. masoumiasl@yu.ac.ir

۳- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum durum* L.) که جهت تولید محصولات پاستا (ماکارونی و اسپاگتی) به کار می‌رود، از نظر اهمیت پس از گندم نان (*Triticum aestivum* L.) قرار داشته و نقش عمده‌ای در تغذیه میلیون‌ها انسان در خاورمیانه و شمال آفریقا دارد (السن، ۱۹۹۶). کمبود آب، محدودیت اصلی کاهش عملکرد غلات در دنیا به‌ویژه در حوزه مدیترانه است و پنجاه درصد اراضی زیر کشت در کشورهای در حال توسعه و بیش از هفتاد درصد اراضی زیرکشت گندم این کشورها در معرض تنش خشکی قرار دارند (ترتووان و پویفر، ۱۹۹۹). کشور ایران از مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب شده و متوسط بارندگی آن در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان یک سوم متوسط بارندگی در جهان می‌باشد. از سوی دیگر، از حدود ۱۸/۵ میلیون هکتار اراضی کشاورزی، ۶/۲ میلیون هکتار (۳۳/۵ درصد) به کشت دیم اختصاص دارد. در حال حاضر هیچ راه حل منطقی برای افزایش نزولات جوی در خلال دوره‌های خشکی وجود ندارد و بهترین راه مبارزه با خشکی، همراهی با آن یا تولید ارقام و دورگ‌های دارای تحمل بیشتر به خشکی و یا ارقام دارای توانایی اجتناب از آن می‌باشد (عیوضی و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از راه‌های مقابله با تنش خشکی، شناسایی و اصلاح ارقام زراعی با تحمل بیشتر به تنش خشکی است (تاکادا و ماستوکا، ۲۰۰۸؛ پاسیورا و همکاران، ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد ارقامی که در شرایط آبیاری مناسب و آبیاری محدود عملکرد یکسانی داشته و یا تفاوت عملکرد آنها کم باشد، نسبت به خشکی تحمل نسبی بیشتری دارند (فرشادفر و همکاران، ۱۳۸۰). خسارت ناشی از تنش وارده در مرحله زایشی گیاه بسیار شدیدتر بوده و کاهش عملکرد گیاه به لحاظ حساسیت گیاه در این مرحله رشدی از اهمیت بیشتری برخوردار است. به دلیل پراکنش نامناسب بارندگی در طول فصل زراعی در مناطق نیمه گرمسیری، آبیاری مزرعه گندم معمولا در دو مرحله ظهور سنبله و دو هفته پس از آن (زمان پرشدن دانه) انجام می‌شود که به این آبیاری، آبیاری تکمیلی گفته می‌شود (کریمی، ۱۳۷۱). سیمان و همکاران (۱۹۹۳) در مقایسه ۷ رقم گندم دوروم گزارش کردند که تنش خشکی آخر فصل، زمان دوره دانه‌بندی را ۱۰ تا ۱۱ روز کاهش داد. محمدی و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که صفات اگروفیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های مختلف گندم دوروم از لحاظ پاسخ به تنش خشکی تفاوت‌های زیادی دارند. عزت احمدی و همکاران (۱۳۸۹) کاهش طول سنبله، طول پدانکل، ارتفاع گیاه و طول دوره پر شدن دانه در گندم دوروم در اثر تنش رطوبتی را گزارش کردند. گیونتا و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که تنش خشکی انتهایی، عملکرد دانه ارقام گندم دوروم را بین ۲۰ تا ۸۰ درصد کاهش داد. گاتمن و همکاران (۲۰۱۶) نشان دادند که در بین ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به خشکی از نظر صفات و خصوصیات عملکرد و عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه در بوته تفاوت معنی‌داری وجود دارد و ژنوتیپ‌های گندم دوروم نیز از لحاظ پاسخ به خشکسالی با هم تفاوت دارند. محمدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که اختلاف ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد سنبله در متر مربع و عملکرد دانه به طور عمده با واریانس محیطی کنترل می‌شود و وجود وراثت‌پذیری بالا برای صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و وزن هزار دانه نشاندهنده این است که در برنامه‌های اصلاح نباتات با استفاده از این صفات انتخاب مؤثری می‌تواند انجام شود. صادق‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) نشان دادند که پاسخ فیزیولوژیک گونه‌های مختلف گندم نان و دوروم به تنش خشکی یکسان نبوده و گندم دوروم می‌تواند واکنش بهتری در مقابله با تنش خشکی نسبت به گندم نان نشان دهد. در اثر تنش خشکی، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و نیز طول ریشه در هر دو ژنوتیپ گندم نان و دوروم کاهش یافت ولی میزان این کاهش در مورد زیست‌توده اندام هوائی و طول ریشه در گندم نان بیش از گندم دوروم بود. وجود تنوع در صفات مورفولوژیک در ژنوتیپ‌های مختلف گندم و تاثیر این صفات بر عملکرد دانه و گزینش بر اساس معیارهایی که دارای ثبات بیشتری نسبت به عملکرد هستند، می‌تواند در انتخاب ارقام مطلوب مفید واقع گردد (بلکمن و پاینه، ۱۹۸۷؛ اسلافر و همکاران، ۱۹۹۱ و کاتو و یوکویاما، ۱۹۹۲). تنش خشکی پس از گلدهی طول دوره پر شدن دانه را کوتاه‌تر کرده و موجب کاهش وزن دانه‌ها می‌گردد (امام و همکاران، ۲۰۰۷). اسلاما و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که تنش آبی در گندم دوروم بطور متوسط باعث کاهش ۲۱/۰۴ درصدی عملکرد شده و پاسخ ارقام جدید و قدیم نسبت به تنش متفاوت است. وامیدیس و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که در مقایسه با شاهد (آبیاری کامل)، بسته به سال، ژنوتیپ و میزان دسترسی به آب، تعداد دانه در سنبله در بین ارقام گندم دوروم از ٤/٤ تا ۱۲/۷ درصد کاهش پیدا می‌کند. هدف تحقیق حاضر شناسایی لاین‌های پیشرفته گندم دوروم با عملکرد بیشتر در شرایط بدون آبیاری و آبیاری تکمیلی و نیز تعیین تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد لاین‌های پیشرفته گندم دوروم در شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری و شناسایی ارقام متحمل و

حساس به تنش خشکی و تعیین لاین‌های مناسب جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی تحمل به خشکی می‌باشد.

مواد و روش

این تحقیق در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات دیم گچساران واقع در ارتفاع ۷۱۰ متر ارتفاع از سطح دریا با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی واقع در جنوب غربی ایران انجام شد. بافت خاک در این مرکز، لوم رسی- سیلتی است. متوسط بارندگی بیست ساله منطقه گچساران ٤۳۱ میلی‌متر، میانگین دما ۲۸-۲۷ درجه سانتی‌گراد و درصد رطوبت نسبی ۵۵ درصد است. در این تحقیق، تعداد ۱۲ لاین گندم دوروم تهیه شده از مرکز تحقیقات دیم گچساران (جدول ۱) طی آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار در دو شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری مقایسه گردیدند.

جدول ۱- مشخصات لاین‌های پیشرفته گندم دوروم مورد بررسی

1- (Ter-1//Mrf1/Stj2ICD99-0866-C-0AP-5AP-AP-7AP-AP(GachSel-ARD2, 90-91-6
2- (Ammar-8ICD94-0918-C-12AP-0AP-6AP-0AP-2AP-0AP(GachSel-ARD2, 90-91-8
3- (Icajihan2ICD01-0251-T-4AP-TR-2AP-0AP(GachSel-ARD2, 90-91-13
4- (Geromtel-1/Icasyr-1ICD04-1101-TA-0AP-3AP-0AP(GachSel-ARD3, 90-91-6
5- (Arislahn-8//Bidra1/MikiICD03-0318-TA-3AP-0AP-4AP-0AP(GachSel-ARD3, 90-91-7
6- Ouasloukos-1/5/Azn1/4/BEZAIZ-SHF//SD-19539/Waha/3/GdrICD03-0342-TA-1AP-0AP-6AP-0AP(GachSel-(ARD3, 90-91-8
(7- Icasyr-1/3/Gcn//Stj/Mrb3ICD02-1016-C-6AP-0TR-1AP-0AP-1AP-0AP(GachSel-ARD3, 90-91-13
(8-16 Geruftel-2ICD95-1302-C-3AP-0AP-1AP-0AP-5AP-AP-6AP-0AP(GachSel-ARD3, 90-91-
9- (Seri 34/2010-11(GachSel-ARD5, 90-91-5 Aghrass1/3/Mrf1//Mrb16/Ru/
10- (Seri 34/2010-11(GachSel-ARD5, 90-91-9 Icasyr1/3/Bcr/Sbl5//T.urartu/
11- (Seri 33/2009-10(GachSel-ARD5, 90-91-18 Icarasha1/
12- Dehdasht

کاشت بذور توسط ماشین کاشت اتریشی با تراکم ۳۰۰ بذر در هر متر مربع صورت پذیرفت. هر کرت آزمایشی شامل ٦ ردیف کاشت به طول ۷ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۱۷/۵ سانتی-متر بود. کودهای نیترات آمونیوم و سوپر فسفات تریپل، به ترتیب به میزان ۸٦ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار (معادل ٤۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ٦۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص)، در هنگام کاشت و باقیمانده کود نیتروژنه به صورت نیترات آمونیوم در دو مرحله پنجه‌دهی و آبستنی در هر مرحله به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. البته برخی مواقع به دلیل قطع بارندگی پس از کشت، برای سبز شدن مزرعه یک مرحله آبیاری در مرحله ظهور سنبله و دومین آبیاری به فاصله ۳ هفته پس از اولین آبیاری اعمال گردید. روش آبیاری بصورت بارانی و مقدار آب مصرفی با استفاده از استوانه مدرج با قطر ۱۰ سانتی‌متر و آب تا ارتفاع ۸/۳۳ سانتی متری (حدود ۵۰ میلی‌لیتر) اندازه‌گیری شد. در مرحله ۳-۵ برگی با استفاده از علفکش تاپیک (کلودینافوپ- پروپارژیل) و گرانستار (تری بنورون متیل) با علف‌های هرز مبارزه شد. در طول دوره رویش گیاه از مزرعه بازدید نموده و نسبت به یادداشت‌برداری از صفات مورفوفیزیولوژیکی لاین‌های مورد آزمایش نظیر ارتفاع بوته، طول خوشه، طول پدانکل، طول دوره پر شدن دانه، تعداد بوته در متر مربع، وزن هزار دانه و عملکرد دانه انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در هکتار تمام کرت مربوط به هر لاین در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی جداگانه برداشت گردید و میزان عملکرد در هر کرت را بر حسب کیلوگرم بدست آورده، سپس به میزان عملکرد در هکتار تبدیل گردید.

تجزیه واریانس و محاسبه وراثت‌پذیری عمومی (h^2_b) برای صفات مورد ارزیابی و شاخص‌های STI و GMP (روابط ۱ و ۲) با استفاده از نرم‌افزارهای Excel و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD انجام شد.

$STI = (Yp \times Ys)/(Yp)^2$ رابطه (۱) (فرناندز، ۱۹۹۲)

$GMP = \sqrt{(Yp \times Ys)}$ رابطه (۲) (فرناندز، ۱۹۹۲)

تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد (فرشادفر، ۱۳۷۷).

نتایج و بحث

میانگین صفات ارتفاع بوته، تعداد بوته در متر مربع، طول خوشه، طول پدانکل، طول دوره پر شدن، عملکرد دانه و وزن هزار دانه در شرایط بدون آبیاری نسبت به شرایط آبیاری کاهش نشان دادند (جدول ۲). ضریب تنوع فنوتیپی وزن هزار دانه در شرایط آبیاری تکمیلی افزایش پیدا کرده و ضریب تنوع فنوتیپی عملکرد دانه در شرایط بدون آبیاری بیشتر است. ضریب تنوع ژنوتیپی ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و دوره پر شدن دانه در آبیاری تکمیلی افزایش نشان داد. وقتی که ضریب تنوع فنوتیپی و ضریب تنوع ژنوتیپی بهم نزدیک باشند، بطوری‌که تفاوت معنی-داری بین آنها نباشد این موضوع نشاندهنده آن است که اثرات ژنتیکی برای این صفات بیشتر از اثرات محیطی است ولی وقتی که ضریب تنوع فنوتیپی نسبت به ضریب تنوع ژنوتیپی بیشتر باشد یعنی محیط دخالت دارد (چایوبی و ریچاردیا، ۱۹۹۳). بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی در شرایط آبیاری تکمیلی و شرایط بدون آبیاری تکمیلی متعلق به صفت تعداد بوته در متر مربع بود. وراثت‌پذیری بالا در شرایط آبیاری تکمیلی نشان می-دهد که گزینش برای این صفات مناسب می‌باشد. وزن هزار دانه در شرایط بدون آبیاری نسبت به شرایط آبیاری تکمیلی کاهش شدیدی نشان داد، یعنی گزینش برای این صفت در شرایط بدون آبیاری مطلوب نیست. بالا بودن قابلیت توارث تعداد بوته در متر مربع در شرایط بدون آبیاری نشان‌دهنده این است قسمت اعظم صفت مورد نظر قابل انتقال به نتاج می‌باشد، لذا می‌توانیم از آنها در برنامه‌های اصلاحی جهت ایجاد تنوع ژنتیکی، دورگ‌گیری و گزینش استفاده کنیم. محمدی و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که وجود وراثت‌پذیری بالا برای صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و وزن هزار دانه نشاندهنده این است که با استفاده از این صفات انتخاب مؤثری می‌تواند انجام شود.

جدول ۲- آمار توصیفی، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات اندازه‌گیری‌شده

صفات	میانگین		ضریب تنوع فنوتیپی(٪)		ضریب تنوع ژنوتیپی(٪)		وراثت پذیری عمومی(٪)	
	بدون آبیاری	آبیاری تکمیلی	بدون آبیاری	آبیاری تکمیلی	بدون آبیاری	آبیاری تکمیلی	بدون آبیاری	آبیاری تکمیلی
ارتفاع بوته (cm)	۹۰/۲	۹۵/۲۸	۸	۹	۵	٦/۷	۳۸/۷۸	۵۵/٤۵
تعداد بوته در متر مربع	۱۳۷	۱٤۷/۵	۲۰	۱۱	۱۸	۱۰	۹۲/۹٦	۸۲/٦
طول خوشه(cm)	٤۸/۱۸	۵۲/٦	۷	۱	۱	۱	۷٤/۱۹	۵۵/۵
طول پدانکل(cm)	٦٦/۹	۷٦/۲۳	۵	٤	۲/٤۷	۲	۲/٦٦	۳٤/٦
عملکرد دانه (Kg/ha)	۷/۳۱	۹/۱٦	۹۲/٦٤	۷٦/۳۹	۸۰/۱۷	٤۹/۵٦	۷۵/۹۰	٤۲/۱
وزن هزار دانه(gr)	۳۸۱/۲۲	۳۸۵/۲۵	۰/۹۵	۰/۹۸	۰/۵٤	۰/٦۸	۲۳/۱	۵۲/۷
طول دوره پر شدن دانه	۹۰/۲	۹۵/۲۸	۸	۹	۵	٦/۷	۳۸/۷۸	۵۵/٤۵

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مرکب تعدادی از صفات موردبررسی در شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول خوشه	طول پدانکل	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	طول دوره پر شدن دانه	تعداد بوته در متر مربع
محیط	۱	۲۰۹۱/٦**	۹۹/۵۷**	۲۳۷/٦۰**	۵۲۹۰۱۷٤٦**	۹۱۲**	٤۳۷/۹۲**	۷٤۷٦۰**
تکرار×محیط (خطای ۱)	٦	۱۰۲/۲۵	۰/۲۱	۳۳/۲۲	۱۰۱۰۹٦۵	۷/۱۹	۹/۵٤	۲۳۷/۹۱
ژنوتیپ	۱۱	۱٦۰/٤۲**	۲/۲۱**	۱٤/۷۵*	۱۰۸۵۳۲۸**	۱۲/۹۷**	۱۹/٦۸**	۱۲۵۹/۲۵**
ژنوتیپ × محیط	۱۱	۱٤۹/۵۱**	۱/۵۳**	۱۸/۳۵**	۱۵۲۵۷۷۰**	۲٦/۰۲**	۱۲/۲٦**	۸۳٦/۲۳**
خطای۲	٦٦	۲٦/۳٦	۰/۱۸	۷/۰۲	۱۲۳۰٤۰	۷/٦۱	۳/٦	۱۹۷/۹۸
ضریب تغییرات (٪)	-	۷/۱۷	٦/۰۸	۱٤/۵۵	۹/٤۳	۷/۰۲	۳/۷٦	۱۰/٦۸

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب (جدول ۳) نشان داد که برهمکنش محیط و ژنوتیپ برای همه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. اثر ژنوتیپ در همه صفات مورد بررسی معنی‌دار شده که نشاندهنده وجود تنوع در بین ژنوتیپ‌هاست و لذا ادامه بررسی جهت تعیین بهترین ژنوتیپ از نظر پاسخ به عدم آبیاری تکمیلی لازم است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤) نشان داد که در شرایط بدون آبیاری تکمیلی، لاین‌های Aghrass1 و Icasyr/BCR بیشترین ارتفاع بوته را داشته و کمترین ارتفاع بوته را لاین Dehdasht داشت. بیشترین طول خوشه مربوط به لاین Geruftel بوده و کمترین طول خوشه نیز متعلق به لاین Icarasha می‌باشد. لاین Icasyr/BCR بیشترین طول پدانکل را داشت و لاین Icarasha کمترین طول پدانکل را داشت. بیشترین عملکرد دانه را لاین Icajihan و کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به ژنوتیپ Arislahn می‌باشد. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به لاین Ouasloukos بوده و لاین Icajihan کمترین وزن هزار دانه را داشت. طول دوره پر شدن دانه در اکثر لاین‌ها نزدیک به هم بوده ولی بیشترین طول دوره پر شدن دانه متعلق به لاین Dehdasht بود. بیشترین تعداد بوته در متر مربع متعلق به لاین Ter بوده و کمترین تعداد بوته در متر مربع را لاین‌های Geruftel نشان دادند. در شرایط آبیاری تکمیلی (جدول ٥)، لاین Icasyr/GCN بیشترین ارتفاع بوته را داشته و کمترین ارتفاع بوته را لاین Ammar داشت. بیشترین طول خوشه مربوط به لاین Icasyr/GCN بود و کمترین طول خوشه نیز متعلق به لاین Ouasloukos می‌باشد. لاین Arislahn بیشترین طول پدانکل را داشته و لاین Dehdasht کمترین طول پدانکل را داشت. بیشترین عملکرد دانه را لاین Arislahn و کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به لاین Dehdasht به خود اختصاص دادند. بیشترین وزن هزار دانه مربوط به لاین Icajihan بوده و لاین Ammar کمترین وزن هزار دانه را داشت. طول دوره پر شدن دانه در اکثر لاین‌ها تقریبا برابر بوده و لاین Icajihan بیشترین طول دوره پر شدن دانه را نشان دادند. بیشترین تعداد بوته در متر مربع متعلق به لاین Ter بوده و کمترین تعداد بوته در متر مربع را لاین Dehdasht نشان داد. گاتمن و همکاران (۲۰۱٦) نیز نشان دادند که ژنوتیپ-های مقاوم و حساس به خشکی از نظر عملکرد، عملکرد دانه و صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه در بوته تفاوت معنی‌داری وجود دارند. ریچاردز (۲۰۰۰) بیان کردند که اگر تنش خشکی در طول مرحله گلدهی رخ دهد، فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده درون دانه شده از بین رفته و در نتیجه تعداد و وزن دانه‌ها کاهش پیدا می‌کند. فیفر و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کرده اند که در اثر پیر شدن برگ‌ها دستگاه‌های فتوسنتزی از بین رفته و مواد پرورده از برگ‌ها به بافت‌های جوان در حال رشد یا اندام‌های ذخیره ای ساقه بخصوص پدانکل منتقل می‌شوند. خضری عفراوی و همکاران (۱۳۸۹) نیز گزارش کردند که تنش خشکی بیشترین تاثیر را روی صفات وزن سنبله، عملکرد دانه و محتوی آب نسبی داشته است. اسلامی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که تنش آبی در گندم دوروم بطور متوسط باعث کاهش ۲۱/۰٤ درصدی عملکرد شده است. ضمن اینکه پاسخ ارقام جدید و قدیم نسبت به تنش متفاوت بوده است. در تحقیق حاضر نیز چنین وضعیتی مشاهده گردید. وامیدیس و همکاران (۲۰۱۹) نیز گزارش کردند که در مقایسه با شاهد (آبیاری کامل)، بسته به سال، ژنوتیپ و میزان دسترسی به آب تعداد دانه در سنبله در بین ارقام گندم دوروم از ٤/٤ تا ۱۲/۷ درصد کاهش داشته و با افزایش شدت تنش، به ازای هر ۰/۲ مگا پاسکال، تعداد دانه در سنبله از ٤/۹ تا ۱۳/۵ عدد دانه کاهش پیدا می‌کند. در تحقیق حاضر نیز عدم آبیاری تکمیلی باعث کاهش عملکرد دانه شد، از اینرو می‌توان بر اساس این صفت مهم، در جهت گزینش ارقام مقاوم به خشکی اقدام نمود. کمترین کاهش عملکرد در شرایط بدون آبیاری نسبت به آبیاری تکمیلی، به ترتیب در لاین‌های Dehdasht (٥٤۰ کیلوگرم در هکتار)، Icasyr/BCR (٥٥۷ کیلوگرم در هکتار) و Icasyr/GCN (٥۹۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده گردید. از اینرو می‌توان این سه لاین را به عنوان لاین‌های دارای پتانسیل جهت ایجاد ارقام متحمل به خشکی معرفی نمود. لاین Icasyr/GCN در شرایط آبیاری تکمیلی بیشترین ارتفاع بوته و طول خوشه را نشان داده و لاین Dehdasht در شرایط بدون آبیاری بیشترین طول دوره پر شدن دانه را نشان داد. لاین Icasyr/BCR نیز در شرایط بدون آبیاری بیشترین طول پدانکل را داشت. اگر مجموع این صفات را در نظر بگیریم، می‌توان به علل احتمالی دارا بودن پتانسیل تحمل به خشکی در این سه لاین پی برد.

جدول ٤- مقایسه میانگین ۱۲ ژنوتیپ گندم دوروم برای صفات اندازه گیری‌شده در شرایط بدون آبیاری تکمیلی

ژنوتیپ‌ها	ارتفاع بوته (cm)	طول خوشه (cm)	طول پدانکل (cm)	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن هزار دانه (rg)	طول دوره پر شدن دانه	تعداد بوته در متر مربع
Ter	۷۲ a	٦/٥۲ abc	۲۰/۷٥ ab	۳٤۷٦ ab	۳۷ ab	۴۶d	۱۳۸a
Ammar	٦۳ bc	٦/۸٥ abc	۲۰/٥ abc	۲۳۱۸ e	۳٤/٥ abc	٤۷dc	۱۰٥ b
Icajihan	٦۲/۲٥ bc	٦/۹ ab	۱۸/٥ abc	۳٦۹٦ a	۳۰/۷٥ c	٤٦dc	۱۰٥ b
Geromel	۷۲/۲٥ a	٥/۳۷ d	۲۱/۲٥ ab	۳٤۷٦ ab	۳۷/٥ a	٤۸abcd	۱۳۲ a
Arislahn	٦٤ bc	٦/۳۰ c	۱۹/۲٥ abc	۱۷٤۰ f	۳٤/٥ abc	۴۸bcd	۱۰٥ b
Ouasloukos	٦٥/۷٥ ab	٦/۳۲ bc	۱٦/٥ c	۲۳۹۰ e	۳۸ a	۴۷ bcd	۹٦cd
Icasyr/GCN	۷۱/٥ a	٥/۲۷ d	۲۰/۲٥ abc	۳۲۹۲ abc	۳۳ bc	٤۹abc	۹۷ cd
Geruftel	٦۲/۲٥ bc	۷/۰٥a	۲۰/۷٥ ab	۲۹٤٤ dc	۳٤/٥ abc	٥۰ ab	۸۰ f
Aghrass 1	۷۳/۷٥ a	٥/۲٥d	۱۷/٥ bc	۳۲۳٦/۸ bc	۳٥/۷٥ ab	٤٦ d	۱۰٥ b
Icasyr/BCR	۷۳/۲٥ a	٥/٦٥ d	۲۲ a	۳٦۳۸ab	۳۳ bc	۴۶d	۸۷ ef
Icarasha	٦۱/٥ bc	٥/۱۷ d	۲۲/٥ a	۲٥۲٦/۸ de	۳٦/٥ ab	٥۰ ab	۸۹d
Dehdasht	٥۹/۲٥ c	٦/۳۰ c	۱۷/۷٥ bc	۲۹٦۲ dc	۳۷/٥ a	٥۱ a	۱۰٤ bc

جدول ٥- مقایسه میانگین ۱۲ ژنوتیپ گندم دوروم برای صفات اندازه گیری‌شده در شرایط آبیاری تکمیلی

ژنوتیپ‌ها	ارتفاع بوته (cm)	طول خوشه (cm)	طول پدانکل (cm)	عملکرد دانه (kg/ha)	وزن هزار دانه (rg)	طول دوره پر شدن دانه	تعداد بوته در متر مربع
Ter	۸۱/٥ abc	۸/٤۷ ab	۱٥/۷٥cd	٥۰۷٦ a	٤۲/۷۸ abc	٥٤ab	۱۸۲a
Ammar	٦٥/۷٥ e	۸/٤b	۱٦cd	٤٦٤۳ abc	۳٥/٥ e	٥۴ab	۱٥۳ bcd
Icajihan	۸۲/۷٥ ab	۸/٤٥b	۱۷bcd	٤٥۱۷ bc	۴٥/٥ a	٥٦a	۱۴۷dc
Geromel	۸۲ab	۸/٥ ab	۱٦/۲٥cd	٤۲٤۸ bc	٤٥/۲ab	٥۳ab	۱٦۱abcd
Arislahn	۸۸ a	۸/٤٥b	۲۰/۷٥ a	٥۱۱۷ a	٤٤/٥۲ ab	٥۲b	۱٥۸ abcd
Ouasloukos	۷۳/۷٥ cd	۷/۱٥c	۱٤/٥ d	۳۹۱۰ de	٤۰/٤۷cd	٥٤ab	۱۸۰ ab
Icasyr/GCN	۸۲/۷٥ ab	۹/۱ a	۱٤/۷٥ d	۳۸۸۲de	۳۹/٦٥cd	۵۳ab	۱۳۷ d
Geruftel	۷۳/٥ cde	۸/٥۲ ab	۱۹ abc	۴۹۹۷ ab	۳۹/٥۷cd	۵۳ab	۱۸۰ ab
Aghrass 1	٦۷/٥de	۷/۲c	۱۹/۷٥ ab	۴۹٥۱ ab	۳۸/۸٥de	٤۸c	۱۷۰abc
Icasyr/BCR	۷۱de	۸/٤٥b	۱٥ d	۴۱۹٥ cd	۳۹/٥۷cd	٤۷c	۱٥۷ abcd
Icarasha	۷۱/۲٥ de	۷/۳۷c	۱٦cd	٤٤۷۰ bc	٤۲/۱٥abcd	۵۳ab	۱٤٦ dc
Dehdasht	۷٥/۲٥ bcd	۷/۳c	۱٤/۲٥ d	۳٥۰۲ e	۴۱/۸۲bcd	٥۲b	۱۴۱ d

تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون آبیاری تکمیلی (جدول ٦) نشان داد که در این شرایط، ۵ عامل برآورد شده که در مجموع ۸۸ درصد از تغییرات را توجیه می‌کنند. عامل اول ۲٦ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند و عملکرد دانه و طول پدانکل بیشترین تأثیر را در این عامل نشان دادند و می‌توان نام این عامل را عامل مؤثر بر عملکرد گیاه نامید. عامل دوم، ۲٤ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند. در این عامل، صفت طول خوشه بیشترین تأثیر را در جهت منفی نشان داد و می‌توان نام این عامل را عامل مربوط به اجزای عملکرد نامید. انتخاب بر اساس این عامل باعث تولید گیاهی با طول خوشه زیاد خواهد بود. عامل سوم، ۱۵ درصد تغییرات کل را توجیه می‌کند که طول دوره پر شدن دانه در جهت مثبت بیشترین تأثیر را در آن داشته و می‌توان نام این عامل را عامل مربوط به رسیدگی گیاه نامید. در عامل چهارم که ۱۳ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند، تعداد بوته در متر مربع بیشترین تأثیر را دارد و می‌توان نام این عامل را تراکم نامید. عامل پنجم، ۹ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند که وزن

هزار دانه و تعداد بوته در متر مربع بیشترین تاثیر را داشتند و می‌توان نام این عامل را، عامل عملکرد نامید.

نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط آبیاری تکمیلی (جدول ۷) نیز نشان داده که پنج عامل برآورد شده ۸۳ درصد از تغییرات را توجیه می‌کنند. عامل اول ۲۳ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند، در این عامل صفات طول پدانکل و عملکرد دانه بیشترین تأثیر را داشتند و می‌توان نام این عامل را عامل مربوط به خصوصیات عملکردی گیاه نامید. صفاتی که بیشترین تاثیر را در این عامل داشتند تقریبا با هم یکسان بودند، لذا با توجه به صفات برتر در عامل اول در دو شرایط می‌توان به گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا، طول پدانکل بالا و تفاوت دمای کانوپی با محیط بالا معرفی شوند. عامل دوم، ۲۱ درصد تغییرات را توجیه می‌کند که طول خوشه بیشترین تأثیر را درجهت مثبت داشت و انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس این عامل منجر به گزینش گیاهی با طول خوشه زیاد می‌شود. عامل سوم، ۱۵ درصد از تغییرات را توجیه می‌کند که ارتفاع بوته بیشترین اثر را نشان داد و می‌توان نام این عامل را عامل مربوط به ارتفاع گیاه نامید، انتخاب ژنوتیپ‌ها براساس این عامل منجر به افزایش پابلندی می‌شود. عامل چهارم، ۱۳ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند که وزن هزار دانه بیشترین تاثیر را در جهت منفی نشان داد و نام این عامل را می‌توان عامل موثر بر وزن هزار دانه نامید. عامل پنجم، ۹ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند که در این عامل نیز وزن هزار دانه در جهت منفی بیشترین تاثیر را داشت. احمدی و همکاران (۲۰۰۰) و نیز بی‌همتا و همکاران (۱۳۹٦) در مطالعه روی ارقام گندم نان و گندم دوروم نشان دادند که دو مولفه اول بیشترین درصد تغییرات را توجیه کرده اند.

جدول٦- بارعامل‌های دوران یافته، مقادیر ویژه، واریانس نسبی و تجمعی در ۱۲ ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط بدون آبیاری

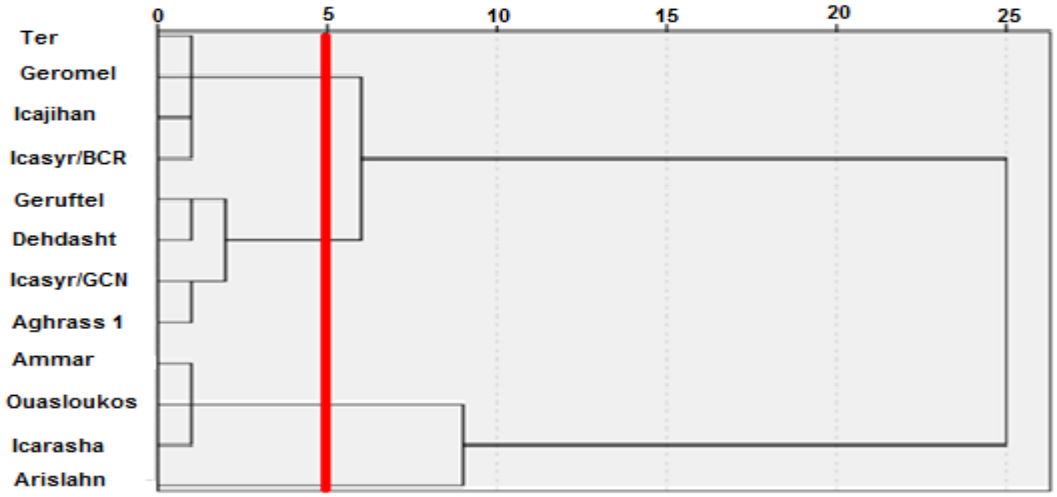
	عامل‌های دوران یافته				
صفات	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
طول دوره پرشدن دانه	-۰/۲٤	۰/۲۰	۰/٥٤	۰/۰۷	-۰/۰۷
ارتفاع بوته	۰/۳۸	۰/۳۲	-۰/۲۱	-۰/۰٦	-۰/۲۲
وزن هزار دانه	-۰/۰۱	۰/۳٤	-۰/۳۰	۰/۰٤	۰/٤۷
طول پدانکل	۰/٤٥	-۰/۰۹	۰/۰٤	-۰/۲۸	-۰/۲۹
طول خوشه	۰/۰٤	-۰/٤۰	-۰/۱٤	-۰/۲۹	۰/۲٥
تعداد بوته در متر مربع	۰/۲٦	-۰/۰۹	۰/۲۳	-۰/۳۳	۰/٤۹
عملکرد دانه	۰/٤۷	-۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۲٥	-۰/۰٦
مقادیر ویژه	۳/۲۷	۳/۱۲	۱/۹٤	۱/۷۳	۱/۲٦
واریانس نسبی (٪)	٪۲٦	٪۲٤	٪۱٥	٪۱۳	٪۹
واریانس تجمعی (٪)	٪۲٦	٪٥۰	٪٦٥	٪۷۸	٪۸۸

جدول۷- بارعامل‌های دوران یافته، مقادیر ویژه، واریانس نسبی و تجمعی در ۱۲ ژنوتیپ گندم دوروم در شرایط آبیاری تکمیلی

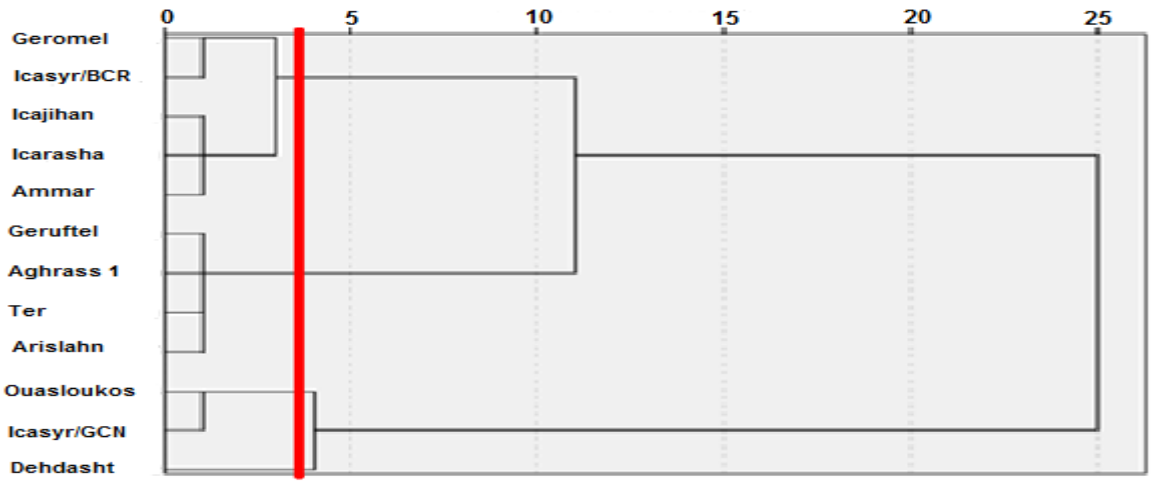
	عامل‌های دوران یافته				
صفات	اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم
دوره پرشدن دانه	۰/۲٥	۰/۲٤	۰/۲۹	۰/۳۳	-۰/۲٤
ارتفاع بوته	۰/۳	۰/۰۷	۰/٥۳	۰/۰٤	۰/۱۳
وزن هزار دانه	۰/۰۲	۰/۳۲	۰/۲۳	-۰/۳۸	-۰/۳۲
طول پدانکل	۰/٤۰	۰/۱۸	-۰/۳۸	-۰/۲۱	۰/۰۳
طول خوشه	۰/۲۷	۰/۳۹	-۰/۳۰	۰/۲	۰/۰۳
تعداد بوته در متر مربع	۰/۰۷	۰/۳٥	-۰/۳	-۰/۰۳	۰/۰۹
عملکرد دانه	۰/٤۲	۰/۰۳	-۰/۲۹	۰/۳۱	-۰/۰۳
مقادیر ویژه	۳/۰۰	۲/۷۸	۲/۰٥	۱/۷۲	۱/۲۹
واریانس نسبی (٪)	٪۲۳	٪۲۱	٪۱٥	٪۱۳	٪۹
واریانس تجمعی (٪)	٪۲۳	٪٤٤	٪٦۰	٪۷۳	٪۸۳

بر اساس تجزیه خوشه‌ای و T^2 هتلینگ کاذب، در شرایط بدون آبیاری، لاین‌ها در چهار گروه طبقه‌بندی شدند که حاکی از تنوع در بین آنهاست (شکل۱). گروه اول شامل لاین‌های Ter، Icajihan، Geromel و Icasyr/BCR بوده و گروه دوم شامل لاین‌های Icasyr/GCN، Geruftel، Aghrass 1 و Dehdasht بود. گروه سوم شامل لاین‌های Ouasloukos، Icarasha و Ammar و گروه چهارم شامل لاین Arislahn بود.

بر اساس تجزیه خوشه‌ای و T^2 هتلینگ کاذب، در شرایط آبیاری تکمیلی نیز لاین‌ها در چهار گروه طبقه‌بندی شدند که حاکی از تنوع در بین آنهاست (شکل۲). گروه اول شامل لاین-های Icarasha، Ammar، Icajihan، Geromtel و Icasyr/BCR بود و گروه دوم شامل لاین‌های Ter، Arislahn، Geruftel و Aghrass1 بود. گروه سوم شامل لاینهای Ouasloukos و Icasyr/GCN و گروه چهارم شامل لاین Dehdasht بود.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها به روش وارد براساس صفات مورد مطالعه در شرایط بدون آبیاری



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها به روش وارد بر اساس صفات مورد مطالعه در شرایط آبیاری تکمیلی

مقایسه میانگین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد لاین‌های گندم دوروم در شرایط بدون آبیاری و آبیاری تکمیلی در جدول ۸ نشان داده شده است. بیشترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری تکمیلی (YP) به لاین‌های Ter و Arislahn تعلق داشت. بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون آبیاری تکمیلی (YS) را لاین Icajihan دارا بود، شاخص تحمل تنش

(STI) لاین Ter و با لاین‌های Icajihan، Aghrass، Icasyr/BCR و Geruftel تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین شاخص تحمل به تنش را لاین Ouasloukos داشت. لاین‌های Icajihan و Geromel بیشترین میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را داشتند و با لاین‌های Ter، Aghrass، Icasyr/BCR و Geruftel تفاوت معنی‌دار نشان ندادند، کمترین میانگین هندسی بهره‌وری را نیز لاین Arislahn نشان داد. با توجه به شاخص‌های (GMP) و (STI) لاین‌های Ter، Icajihan و Aghrass متحمل‌ترین لاین‌ها بودند. بنابراین با توجه به اینکه لاین Icajihan از نظر شاخص تحمل به تنش، شاخص میانگین هندسی و عملکرد در شرایط بدون آبیاری تکمیلی در وضعیت مطلوبی قرار دارد، بنابراین می‌توان آنرا بعنوان مناسب‌ترین لاین برای کشت بدون آبیاری در نظر گرفت. نظر به اینکه تحمل به خشکی یک صفت پیچیده است و عوامل مختلفی در آن دخالت دارند، قضاوت در مورد ژنوتیپ‌ها از روی یک صفت، پیچیده و گاهی اوقات با نتایج متناقض همراه است (فرشادفر و همکاران، ۲۰۰۱). بطور کلی، شاخص‌هایی که در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش دارای همبستگی نسبتا بالایی با عملکرد باشند، به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی شوند (احمدی و همکاران،۲۰۰۰).

جدول ۸- مقایسه میانگین ۱۲ لاین مختلف گندم دوروم برای شاخص های تحمل به خشکی و عملکرد لاین‌ها در شرایط بدون آبیاری تکمیلی و آبیاری تکمیلی

لاین‌ها	عملکرد لاین در شرایط بدون آبیاری تکمیلی (YS)	عملکرد لاین در شرایط آبیاری تکمیلی (YP)	شاخص تحمل تنش (STI)	شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)
Ter	٤٤٥٥ ab	٦١٥٢ a	۰/۰۰٦ a	۴۹۸۸ ab
Ammar	۳۲۵۱ d	٥٦٤٥ abcd	۰/۰۰٤ ef	٤٥۰٦ bcd
Icajihan	٤٦۰۲ a	٥٥٦١ bcd	۰/۰۰٥۷ ab	٥۰٦٥ a
Geromel	٤٤٥٥ ab	٥۲۷۲ def	۰/۰۰٥۲ bcd	٥۱۸٥ a
Arislahn	۲٦۸۸ e	٦۱۸٥ a	۰/۰۰٤ ef	۳۳۹۳ e
Ouasloukos	۳۳۰۹ d	٤۹٥٥ gef	۰/۰۰۳۷ f	۴۰۹٥ de
Icasyr/GCN	٤۲۲۰ abc	٤۸۹۷ gf	۰/۰۰٤۷ cde	٤٥٤۳ bcd
Geruftel	۳۸٤۹ c	٦۰٥۸ ab	۰/۰۰٥٥ abc	٤۷۰۰ abc
Aghrass 1	٤۱۷۳ bc	٥۹۹۱ abc	۰/۰۰٥۷ ab	۴۸۷۱ ab
Icasyr/BCR	٤٥٦۳ ab	٥۲۰٤ def	۰/۰۰٥٥ abc	٤۸٦٦ ab
Icarasha	۳۳۷۳ d	٥٤۷٦ cde	۰/۰۰٤٥ def	٤۲۳٤ cde
Dehdasht	۳۹۰۱ c	٤٥۰٦ g	۰/۰۰٤ ef	٤۱۹۱ de

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر، لاین‌های مورد بررسی واکنش متفاوتی به شرایط آبیاری تکمیلی و بدون آبیاری نشان داده و از لحاظ کلیه صفات اندازه‌گیری بجز طول پدانکل بین لاین‌ها اختلاف معنی-داری وجود داشت که نشاندهنده تنوع ژنتیکی بالا بین لاین‌های مورد مطالعه می‌باشد. بیشترین عملکرد در شرایط آبیاری تکمیلی به لاین‌های Ter و Arislahn و در شرایط بدون آبیاری تکمیلی به لاین Icajihan تعلق داشت. با توجه به شاخص‌های GMP و STI لاین‌های Ter، Icajihan و Aghrass متحمل‌ترین لاین‌ها به خشکی هستند. بنابراین با توجه به اینکه لاین Icajihan از نظر شاخص تحمل به تنش، شاخص میانگین هندسی و عملکرد در شرایط بدون آبیاری تکمیلی در وضعیت مطلوبی قرار دارد، می‌توان آنرا بعنوان مناسب‌ترین لاین برای کشت بدون آبیاری در نظر گرفت.

منابع

بی همتا، م. ر.، م. شیرکوند، ج. حسن پور، ا. امین افضلی. ۱۳۹٦. ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم دوروم در شرایط آبیاری و تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، جلد ۹ ، شماره ۲٤: ۱۱۹– ۱۳٦.

خضری عفراوی، م.، حسین زاده، ع.، محمدی، و. و ع. احمدی. ۱۳۸۹. ارزیابی مقاومت به خشکی در ارقام بومی گندم دوروم ایران تحت شرایط تنش آبی و آبیاری طبیعی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، جلد ٤، شماره ٤١: ٧٤١-٧٥٣.

صادق زاده، ن.، ر. حاجی بلند و ب. صادق زاده. ۱۳۹۳. ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ های گندم نان و دوروم بر مبنای صفات فیزیولوژیک. نشریه زراعت دیم، جلد ۱، شماره ۲: ۲۱- ۳۲.

عزت‌احمدی، م.، ق. نورمحمدی، م. قدوسی و م. کافی. ۱۳۸۹. اثر تنش رطوبتی و محلول‌پاشی یدید پتاسیم بر خصوصیات زراعی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۲، شماره ۸: ۱۸٦-۱۷۷.

فرشادفر، ع. ۱۳۷۷. کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. انتشارات طاق بستان. جلد اول. ۵۲۸ صفحه.

فرشادفر، ع.، م. ر. زمانی، م. مطلبی و ع. ع. امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران، شماره ۳۲: ٦٥-٧٦.

کریمی ه. ۱۳۷۱. گندم. مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۵۹۹ صفحه.

Ahamadi, G., H. Zienali-Khaneghah, M. A. Rostamy and R. Chogan. 2000. The study of drought tolerance indices and biplot method in eight corn hybrids. Iranian J. Agri. Sci. 31(3): 513-523.

Blackman, J.A., and P.l. Payne. 1987. Grain Quality. Wheat breeding. Its scientific basis. London, Chapman and Hall Ltd. 455-485.

Chaubey. P. K. and A. K. Richhardria. 1993. Genetic variability correlation and path coefficient in indian rices. Indian J. Genet. 53:356-36.

Eivazi, A., S. Abdollahi, H. Salekdeh, I. Majidi, A. Mohamadi and B. Pirayeshfar. 2006. Effect of drought and salinity stress on quality related traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. Iranian J.Crop Sci. 7: 252-267.

Emam, Y., A. M. Ranjbari and M. J. Bahrani. 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post-anthesis drought stress. J. Sci. Tech. Agri. Nat. Res. 11: 317-328.

Farshadfar, E., M. Ghandha, M. Zahravi and J. Sutka. 2001. Generation mean analysis of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). Acta Agron. Hung., 49: 59-66.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp. 257-270. In: Kuo, C. G.(ed.). Proceedings of International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress Conditions.

Gautam, A., Sai Prasad S.V., D. Ambati, D. Agarwal and A. Jajoo. 2016. Performance of durum wheat genotypes under drought and terminal heat stress conditions in changing climatic conditions. Res. Rev. J. Bot. Sci., 5(3): 25-31.

Giunta, F., R. Motzo and M. Deidda. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in Mediterranean environment. Field Crops Res. 33: 339-492.

Kato, K., and H. Yokoyama.1992. Geographical variation in heading characters among wheat landraces, *Triticum aestivum* L., and its implication for their adaptability. Theor. Appl. Genet. 84: 259-265.

Mohammadi, M., Karimizadeh, R., M.K. Shefazadeh and B. Sadeghzadeh. 2011. Statistical analysis of durum wheat yield under semi-warm dryland condition. Aust. J. Crop Sci., 5(10): 1292-1297.

Mohammadi R., A. R. Etminan and L. Shoshtari. 2019. Agro-physiological characterization of durum wheat genotypes under drought conditions. Exp. Agri., 55(3): 484-499.

Oleson, B. T. 1996. World wheat production utilization and trade. P1-11, In: Bushuk, W. and Rasper, V.F. (eds.), Wheat production, properties and quality. Chapman and Hall.

Passioura, J. B. 2006. Increasing crop productivity when water is scarce- from breeding to field management. Agric Water Manag. 80: 176-196.

Vahamidis, P., A. J. Karamanos and E. Garyfalia. 2019. Grain number determination in durum wheat as affected by drought stress: An analysis at spike and spikelet level. Ann. App. Bot., 174(2): 190-208.

Pfeiffer, W. H., K. D. Sayre and M. P. Reynolds. 2001. Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat. CIHEAM-Options Mediterranean's, 83-93. At: www.CIHEAM.org.

Richards R. A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. J. Exp. Bot. 51: 447–458.

Siman, J., M. Peacock and P. C. Struik. 1993. Differences in developmental plasticity and growth rate among drought resistant and susceptible cultivars of durum wheat. Plant and Soil, 157: 155-166.

Slafer, G. A., F. H. Andrade and S. E. Feingold. 1991. Change in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat through improvement of grain yield potential at different regions of the word. Euphytica, 58:37-46.

Slama, A., E. Mallek-Maalej, H. Ben Mohamed T. Rhim and L. Radhouane. 2018. A return to the genetic heritage of durum wheat to cope with drought heightened by climate change. PLoS ONE, 13(5): e0196873.

Takeda, S. and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. Nature, 9: 444-457.

Trethowan, R. and W. Pfieffer. 1999. Challenges and future strategies in breeding wheat for adaptation to drought stress environments. http://www.cimmyt. org/ABC/Map/ research –tools results/ws molecular.

Evaluation of morphophysiological traits and drought tolerance indices in some advanced durum wheat (*Triticum durum* L.) lines under supplementary irrigation and irrigation conditions

F. Jowkar[1], A Masomi Asl[2], R. Karimizadeh[3]

Received: 2018-12-22 Accepted: 2019-7-10

Abstract

The development of food conversion industries has revealed the necessity of increasing the production of durum wheat in the country and, on the other hand, environmental stresses are responsible for decreasing the yield of crops. In order to compare 12 advanced durum wheat lines in drought tolerance, a randomized complete blocks design with four replications in two conditions (without irrigation and supplemental irrigation) in the crop year 1393-94 at Gachsaran dryland research station were conducted and morpho-physiological traits such as plant height, spike length, peduncle length, grain filling period, number of plants per square meter, 1000 seed weight and grain yield were evaluated. Results showed that all assessed traits in genotypes (except peduncle length) showed a different reaction to supplementary and without irrigation conditions, which indicates high genetic diversity among studied genotypes. Regarding most traits, Ter line was the most susceptible genotype to drought in both supplementary and without irrigation conditions. Regarding to GMP and STI indices, Ter, Icajihan and Aghrass lines were the most susceptible genotypes. Cluster analysis in both supplementary and without irrigation conditions classified lines into four groups, but tolerated lines did not get together. In general, according to yield and tolerance indices, Icajihan line was the most suitable genotype for cultivation in non-irrigated conditions.

Keywords: drought, genetic diversity, drought tolerance indices, yield

1- MsC Student of Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran
2- Associated Professor, Department of Plant Breeding, Yasouj University, Yasouj, Iran
3- Kohgiloyeh and Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extention Organization (AREEO), Gachsaran, Iran