

ارزیابی تحمل به خشکی در اینبرد لاین ها و ارقام مصنوعی آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) در اقلیم معتدل کرمانشاه

سیدمهدی صفوی

گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران.

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۱۱

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۰/۰۲

چکیده

در این پژوهش اثر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های آگروفیزیولوژیک ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان شامل سه رقم شاهد، هشت لاین اینبرد و چهار رقم مصنوعی در مزرعه تحقیقاتی معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم (سرارود، کرمانشاه) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار و دو محیط (بدون تنش و تنش خشکی) طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ بررسی شد. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش ۷۱۵ و در شرایط تنش ۵۷۹ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که نشان‌دهنده کاهش ۱۹/۰۲ درصدی در اثر تنش خشکی می‌باشد. رقم شاهد Zaria و لاین Sil-292 با بیش از ۳۰ درصد، بیشترین درصد کاهش عملکرد را داشتند. ارقام مصنوعی Sil-94، Sil-54 و Sil-96 با کمتر از ۵ درصد، کمترین درصد کاهش را به خود اختصاص دادند. دامنه میزان روغن دانه در شرایط بدون تنش از ۴۵/۵ تا ۵۱/۷ درصد و در شرایط تنش خشکی از ۳۵/۴ تا ۴۹/۹ درصد متغیر بود. تنش خشکی سبب کاهش حدود ۱۰ درصدی روغن دانه ژنوتیپ‌ها گردید. در مجموع، اعمال تنش خشکی منجر به زودگلدهی و زودرس شدن، کاهش صفات زراعی و مورفولوژیک و محتوای روغن دانه و افزایش نشت یونی و میزان آب نسبی از دست رفته برگ‌ها گردید. با استفاده از روش مجموع رتبه و بررسی پارامترهای آن، ژنوتیپ‌های Sil-54، Sil-42، Sil-140 و Sil-237 به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها بر اساس دیاگرام بای‌پلات نیز به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها تحت هر دو شرایط معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، روغن دانه، شاخص‌های تحمل تنش، عملکرد دانه، قطر طبق، نشت یونی

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان روغنی ایران و جهان، با تولید ۴۵ میلیون تن در سطحی معادل ۲۵ میلیون هکتار، سهم بالایی در بازار دانه‌های روغنی دنیا دارد (USDA, 2016). در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، مساحت زیر کشت آن در ایران ۱۱۱۵۱ هکتار (۶۲۴۲ و ۴۹۰۹ هکتار به‌ترتیب در شرایط آبی و دیم) با عملکرد حدود ۱۴۸۳ در شرایط آبی و ۷۰۸ کیلوگرم در هکتار در

امروزه تولید دانه‌های روغنی به‌عنوان یکی از منابع مهم غذایی، از اولویت‌ها و نیازهای اساسی کشور بوده (Baniabbass Shahri et al., 2012). چراکه درصد بسیار بالایی از روغن‌های خوراکی مصرفی، از خارج کشور وارد می‌شود. از این‌رو، گسترش کشت دانه‌های روغنی و تلاش در جهت خودکفایی از اهمیت بالایی برخوردار است.

*نویسنده مسئول: mehdisafavi@gmail.com

کاهش مقدار بذرهاى بارور است (Totsky and Lyakh, 2015). گزارش شده است که تنش خشکی به طور معنی‌داری سبب کاهش صفاتی از جمله ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن می‌گردد (Karimzadeh-Asl et al., 2003; Ebrahimian and Bybordi, 2011). بنابراین به منظور توجه بیشتر به مطالعه در مورد آثار تنش در تولید گیاهان زراعی، بهتر است شرایط تنش خشکی در برنامه‌های به‌نژادی از جمله تعیین ترکیب‌پذیری اینبردلاین‌ها و کنترل ژنتیکی صفات نیز در نظر گرفته شود تا بتوان مواد ژنتیکی متحمل را شناسایی نمود (Rezaizad et al., 2018). البته باید در نظر داشت که وجود تنوع ژنتیکی به‌عنوان اولین قدم در بهبود مقاومت به خشکی محصولات، به‌نژادگران را قادر می‌سازد تا در این مسیر موفق‌تر باشند (Hussain et al., 2018). گزارش‌ها حاکی از وجود تنوع و رفتار متفاوت ژنوتیپ‌های مختلف آفتابگردان در شرایط محیطی مختلف از جمله تنش خشکی است (Rauf, 2010; Nazarli and Zardashti, 2008). تاکنون برنامه‌های غربالگری موفق در خصوص تحمل خشکی ژنوتیپ‌های آفتابگردان گزارش شده است (Ghaffari et al., 2012; Adiredjo et al., 2014; Sarazin et al., 2017). امروزه با توجه به گسترش ابزارهای جدید، محققان قادرند با شناسایی ویژگی‌های فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد دانه، گامی مهم در نیل به تثبیت عملکرد دانه در شرایط خشک بردارند. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آفتابگردان به خوبی مکتوب شده است (Ghaffari et al., 2012)؛ به‌طوری‌که پیش از این، کاهش اندازه طبق، قطر ساقه، ارتفاع بوته، وزن دانه، عملکرد دانه، نسبت ریشه به اندام هوایی، پتانسیل آب برگ، محتوای نسبی آب برگ، شاخص سطح برگ و

شرایط دیم بود که تولیدی معادل ۱۲۷۳۳ تن را به دنبال داشت (Ahmadi et al., 2018). این گیاه دارای ۴۰ تا ۵۰ درصد روغن و ۱۷ تا ۲۰ درصد پروتئین است که می‌تواند ظرفیت خوبی برای از میان برداشتن شکاف بین تولید و مصرف روغن خوراکی و تغذیه حیوانی باشد (Hussain et al., 2018). اگرچه آفتابگردان یک گیاه بسیار متحمل به خشکی نیست اما معمولاً در مناطق خشک، جایی که سایر محصولات به شدت از کمبود آب آسیب می‌بینند، به دلیل دارا بودن سیستم ریشه‌ای عمیق و توانایی جذب آب از لایه‌های زیرین خاک، اغلب تولید رضایت بخشی دارد (Stone et al., 2002; Hussain et al., 2018). با وجود اینکه آفتابگردان به عنوان یک گیاه نیمه متحمل به خشکی در نظر گرفته می‌شود، اما همانند اغلب محصولات زراعی و به ویژه محصولات تابستانه، در معرض تنش‌های محیطی از جمله دما و خشکی قرار دارد (Pekcan et al., 2015; Robert et al., 2016). با توجه به اینکه بخش وسیعی از اراضی زیرکشت ایران در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، شناخت ویژگی‌های مربوط به رشد، عملکرد و سازگاری آفتابگردان در رابطه با تنش خشکی می‌تواند در گسترش سطح زیر کشت و نیز افزایش عملکرد آن تأثیر مهمی داشته باشد (Gholinezhad et al., 2009). در گزارش‌های متعدد به اثرهای منفی خشکی بر عملکرد و درصد و کیفیت روغن دانه آفتابگردان اشاره شده است (Andrianasolo et al., 2014). آفتابگردان از ابتدای گلدهی تا پر شدن طبق، بسیار به گرما و خشکی حساس است و بیشترین کاهش عملکرد در این دوره زمانی اتفاق می‌افتد (Skoric, 2009). همچنین، ابراز شده است که بحرانی‌ترین زمان کمبود رطوبت برای آفتابگردان سه هفته قبل و سه هفته پس از گلدهی می‌باشد و اثر تنش خشکی بر عملکرد عمدتاً ناشی از

بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار تحت دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از آماده‌سازی زمین و ایجاد خطوط کاشت به وسیله بذرکار دیم، کاشت بذور در تاریخ ۱۳۹۲/۱۲/۳ به صورت دستی انجام پذیرفت. هر واحد آزمایشی شامل چهار ردیف چهار متری با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌های روی ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. میزان کود مصرفی برابر فرمول کودی N30 P30 بوده که پس از آزمون خاک، مقدار مورد نیاز از دو منبع کودی فسفات آمونیوم و اوره تأمین و در زمان کاشت اعمال گردید.

آبیاری در محیط بدون تنش در تمام ژنوتیپ‌ها طبق عرف منطقه تا پایان دوره پرشدن دانه‌ها صورت پذیرفت و در محیط تنش، آبیاری تا مرحله گلدهی ادامه یافت و پس از آن قطع گردید. در هر نوبت آبیاری، ۳۰ میلی‌متر آبیاری در کرت‌ها (معادل ۲۴۰ لیتر آب) صورت گرفت که این مقدار از طریق کنتور آب کنترل شد تا مقدار آب مساوی به کرت‌های آزمایشی تخصیص یابد. در طول دوره رشد، کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و در دو نوبت (مرحله دو برگگی و مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگگی) صورت گرفت. به منظور جلوگیری از خسارت پرنندگان در مرحله پرشدن دانه‌ها، علاوه بر پوشاندن طبق بوته‌ها به وسیله کیسه‌های پارچه‌ای، از تفنگ صوتی نیز استفاده گردید.

در این آزمایش تعدادی از صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و زراعی و نیز سه صفت فیزیولوژیک به شرح زیر اندازه‌گیری شد. صفت تعداد روز از جوانه‌زنی تا شروع گلدهی از طریق شمارش تعداد روز از زمان جوانه‌زدن تا باز شدن ۵۰ درصد طبق‌های هر واحد آزمایشی محاسبه گردید. برای ثبت صفت تعداد روز از جوانه‌زنی تا پایان گلدهی، تعداد روز از زمان جوانه‌زدن تا باز شدن کامل گل‌های تمامی

محتوای کلروفیل کل گزارش گردیده است (Vanaja et al., 2011). علاوه بر این، تنوع ژنتیکی زیادی از نظر صفات فیزیولوژیک از جمله وضعیت آبی گیاه، تنظیم اسمزی، صفات مرتبط با ریشه، پارامترهای تبادل گازی، استقرار گیاهچه و شاخص حساسیت به خشکی در طیف وسیعی از ژنوتیپ‌های آفتابگردان با منشأهای متنوع مشاهده شده است. بنابراین بهبود این صفات از طریق انتخاب از ژرم پلاسماهای موجود نیز ممکن است منجر به بهبود تحمل خشکی آفتابگردان گردد (Hussain et al., 2018). در مجموع با توجه به این واقعیت که آفتابگردان با سابقه طولانی کشت در استان کرمانشاه، سازگاری مناسبی با شرایط آب و هوایی این استان دارد، می‌توان چنین گفت که شناسایی و اصلاح ارقامی از آفتابگردان که علاوه بر عملکرد بالا، به تنش‌های رطوبتی نیز تحمل نشان دهند، از ارجحیت بالایی برخوردار است. بنابراین این پژوهش به منظور شناسایی ارقام و لاین‌های مقاوم و یا متحمل به خشکی آفتابگردان از طریق بررسی صفات مختلف و همچنین ارزیابی شاخص‌های مناسب برای گزینش ارقام با عملکرد بالا و متحمل به خشکی بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم (سرارود) واقع در شمال شرقی شهر کرمانشاه (با مختصات، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۵۱ متر از سطح دریا)، با متوسط بارندگی بلند مدت ۴۱۷ میلی‌متر اجرا شد. به منظور بررسی اهداف مورد نظر، تعداد ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان شامل سه رقم شاهد (Armaviski و Zaria, Lakomka)، هشت لاین اینبرد و چهار رقم مصنوعی بر پایه طرح

کیلوگرم در هکتار با میزان روغن دانه بر حسب درصد و تقسیم عدد حاصله بر ۱۰۰ محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری نشت یونی نسبی (REL^2)، از هر واحد آزمایشی پنج نمونه برگگی به تصادف از مزرعه جمع‌آوری و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل و به قطعات دو سانتی‌متری تبدیل گردیدند. سپس ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آنها اضافه کرده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه روی شیکر قرار گرفتند و سپس هدایت الکتریکی اولیه آنها توسط دستگاه EC متر دیجیتالی اندازه‌گیری شد. سپس به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شدند و بعد از ۱۲ ساعت هدایت الکتریکی نهایی آنها اندازه‌گیری شد و در نهایت درصد نشت یونی نسبی با استفاده از رابطه زیر بدست آمد (Lutts et al., 1996). در این رابطه، REL ، EL_f و EL_{Autocl} به ترتیب عبارتند از نشت یونی نسبی، هدایت الکتریکی اولیه و هدایت الکتریکی نهایی.

$$REL_{\%} = \left(\frac{EL_f}{EL_{Autocl}} \right) \quad \text{رابطه ۱:}$$

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC^3)، مقدار ۰/۵ گرم از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته از هر کرت انتخاب و در داخل کیسه‌های نایلونی توسط فلاسک یخ سریعاً به آزمایشگاه منتقل شد. ابتدا وزن تر آنها اندازه‌گیری شد و سپس به‌منظور تعیین وزن تورژسانس، قطعات برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در شدت نور کم و در دمای اتاق، در داخل آب مقطر شناور گردید. در پایان به‌منظور تعیین وزن خشک، برگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس RWC از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه گردید. در این رابطه، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ

بوته‌ها و آغاز پژمرده شدن گلبرگ‌های ۷۵ درصد از بوته‌های هر واحد آزمایشی شمارش گردید. صفت تعداد روز از جوانه‌زنی تا رسیدن فیزیولوژیک با شمارش تعداد روز از زمان جوانه‌زدن تا رسیدن فیزیولوژیک (زرد مایل به قهوه‌ای شدن پشت طبق‌ها و نیز خشکیدگی و ریزش اغلب برگ‌های بوته‌ها) ۷۵ درصد از بوته‌های هر واحد آزمایشی به دست آمد.

به‌منظور تعیین صفات مورفولوژیک، تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب و مورد اندازه‌گیری و بررسی قرار گرفته و میانگین آنها برای هر صفت محاسبه شد. صفاتی مانند ارتفاع بوته و قطر طبق توسط خط‌کش بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری قطر ساقه از کولیس با دقت میلی‌متر استفاده شد. پس از رسیدن فیزیولوژیک، بوته‌های واحدهای آزمایشی پس از حذف نیم متر اثر حاشیه، برداشت گردید و پس از توزین دانه‌ها و تبدیل واحدهای اندازه‌گیری، عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار به دست آمد. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه، تعداد ۵۰۰ عدد بذر از بذور برداشت شده هر ژنوتیپ از همه کرت‌ها و تکرارها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش توسط دستگاه بذر شمار شمارش شده و پس از توزین، در عدد دو ضرب گردید. برای اندازه‌گیری میزان روغن دانه، ۱۰۰ گرم بذر از هر ژنوتیپ را کاملاً تمیز کرده و پس از پوست‌گیری و آسیاب، توسط دستگاه NMR^1 تجزیه و درصد روغن آن بدست آمد. لازم به ذکر است که برای کالیبره کردن این دستگاه، ابتدا میزان روغن دانه چند نمونه استاندارد توسط دستگاه سوکسله تعیین و سپس نمونه‌های مذکور به دستگاه NMR معرفی گردید. عملکرد روغن نیز از حاصل ضرب مقدار عملکرد دانه هر ژنوتیپ بر حسب

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد

و TW وزن برگ در حالت اشباع است (Egert and Tevini, 2002).

$$\text{RWC}_{\%} = \left[\frac{(\text{FW} - \text{DW})}{(\text{TW} - \text{DW})} \right] \times 100 \quad \text{رابطه ۲:}$$

برای اندازه‌گیری میزان آب نسبی از دست رفته (RWL^۱)، از هر واحد آزمایشی در مرحله گلدهی پنج برگ به طور تصادفی انتخاب و بلافاصله وزن شدند (FW). سپس نمونه‌های وزن شده به مدت پنج ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن پژمردگی آن‌ها به دست آید (WW). پس از آن، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا وزن خشک آن‌ها به دست آید (DW). در نهایت میزان کاهش آب، توسط رابطه زیر محاسبه شد (Ritchie et al., 1990):

$$\text{RWL}_{\%} = \left[\frac{(\text{FW} - \text{WW})}{(\text{FW} - \text{DW})} \right] \times 100 \quad \text{رابطه ۳:}$$

به منظور ارزیابی تحمل و یا حساسیت به خشکی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ابتدا شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی بر اساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی با استفاده از روابط نقل شده محاسبه شد (Amiri et al., 2014)، و سپس پارامتر RS^۲ که از حاصل جمع میانگین رتبه (میانگین رتبه هر ژنوتیپ از نظر عملکرد تحت هر دو شرایط و همه شاخص‌های محاسبه شده) با انحراف معیار رتبه بدست آمده است (Farshadfar and Elyasi, 2012)، محاسبه گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام گرفت. محاسبه ضرایب همبستگی با نرم‌افزار SPSS و دیاگرام بای‌پلات به وسیله نرم‌افزار GenStat انجام گرفت.

نتایج

1. Relative Water Loss
2. Rank sum

۱۲۲ سانتی‌متر به ترتیب مربوط به Sil-198 و Sil-276 در شرایط تنش خشکی بود. میانگین قطر طبق از ۸/۵ (Sil-215) تا ۱۷/۴ (Sil-96) سانتی‌متر در شرایط بدون تنش متغیر بود (جدول ۲). در شرایط تنش، بزرگترین قطر طبق با ۱۳/۵ سانتی‌متر متعلق به رقم مصنوعی Sil-54 بود. در شرایط بدون تنش (جدول ۲)، لاین Sil-42 دارای بیشترین (۴۹/۸ گرم) و رقم مصنوعی Sil-96 دارای کمترین (۲۷/۸ گرم) وزن هزار دانه بودند. در شرایط تنش، بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب برای رقم Armaviski و رقم مصنوعی Sil-54 به دست آمد (جدول ۲). تنش خشکی به‌طور میانگین سبب کاهش ۱۲/۰۲ درصدی وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها در این مطالعه شد (جدول ۳).

که در شرایط بدون تنش بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات و در شرایط تنش خشکی از نظر تمامی صفات بجز دو صفت روز تا شروع گلدهی و روز تا رسیدن فیزیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در شرایط بدون تنش (جدول ۲)، رقم مصنوعی Sil-54 دیرگل‌ترین (۱۰۴/۵ و ۱۱۸/۵ روز) و دیررس‌ترین (۱۴۶/۵ روز) بود و سه رقم شاهد (Armaviski و Zaria, Lakomka) همگی زودگل‌ترین و زودرس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. در شرایط تنش خشکی (جدول ۲) رقم مصنوعی Sil-54 با ۱۰۲ روز دیرگل‌ترین ژنوتیپ و رقم Armaviski با ۹۱ روز زودگل‌ترین ژنوتیپ بود. لاین Sil-221 با ۹۷/۵ سانتی‌متر پاکوتاه‌ترین و رقم مصنوعی Sil-96 با ۱۲۲ سانتی‌متر پابلندترین ژنوتیپ در شرایط بدون تنش بودند (جدول ۲). دامنه ارتفاع بوته از ۱۰۱/۴ تا

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

میانگین مربعات		روز تا آغاز گلدهی		روز تا پایان گلدهی		روز تا رسیدگی فیزیولوژیک		ارتفاع بوته		منابع تغییرات	درجه آزادی
بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش		
۳۲/۱۱ ^{ns}	۱۰/۹۸ ^{ns}	۳۴/۰۲ ^{**}	۷/۴۷ ^{**}	۷۶/۷۱ ^{**}	۱۸/۱۶ ^{**}	۷۶/۸۲ ^{**}	۴۹/۰۹ ^{**}	۳۲/۱۱ ^{ns}	۱۰/۹۸ ^{ns}	تکرار	۲
۱۳۲/۰۲ ^{**}	۲۷۰/۰۳ ^{**}	۲۳/۴۱ ^{ns}	۱۳۸/۸۲ ^{**}	۲۵/۹۶ ^{**}	۲۳۹/۹۹ ^{**}	۱۰/۲۲ ^{ns}	۹۰/۷۱ ^{**}	۱۳۲/۰۲ ^{**}	۲۷۰/۰۳ ^{**}	ژنوتیپ	۱۴
۳۴/۸۰	۳۱/۹۸	۳/۲۷	۱/۰۱	۱۰/۱۹	۳/۱۱	۸/۶۰	۴/۳۸	۳۴/۸۰	۳۱/۹۸	خطا	۲۸
۵/۳۴	۵/۱۹	۱/۳۷	۰/۷۴	۳/۲۸	۱/۸۳	۳/۳۱	۲/۲۲	۵/۳۴	۵/۱۹	ضریب تغییرات (%)	-

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ادامه جدول ۱:

میانگین مربعات		عملکرد دانه		وزن هزار دانه		قطر طبق		قطر ساقه		منابع تغییرات	درجه آزادی
بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش		
۲۴/۲۸ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۴۵۴۳/۸ ^{ns}	۴۸۸۴۲/۵ ^{ns}	۵۶/۸۰ ^{**}	۷۳/۴۷ [*]	۱/۶۴ ^{ns}	۱/۰۰ ^{ns}	۰/۰۱۶ ^{ns}	۰/۰۳۷ ^{ns}	تکرار	۲
۵۱/۲۴ [*]	۸/۲۷ ^{**}	۶۰۷۰/۱ ^{**}	۹۹۶۰۳/۲ ^{**}	۴۱/۱۷ ^{**}	۸۲/۲۸ ^{**}	۶/۸۶ ^{**}	۲۶/۷۵ ^{**}	۰/۰۶۲ [*]	۰/۱۱۰ ^{**}	ژنوتیپ	۱۴
۲۰/۲۳	۲/۰۱	۵۴۴۳/۹	۱۵۷۷۶/۰	۸/۵۶	۱۸/۶۶	۱/۰۴	۰/۴۴	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	خطا	۲۸
۱۰/۴۳	۲/۹۶	۱۲/۷۴	۲۰/۱۹	۸/۴۳	۱۰/۹۶	۹/۶۷	۵/۹۷	۷/۹۹	۶/۷۶	ضریب تغییرات (%)	-

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ادامه جدول ۱:

میانگین مربعات											منابع تغییرات
میزان آب نسبی از دست رفته	محتوای نسبی آب برگ		نشت یونی نسبی		تعداد برگ در بوته		عملکرد روغن		درجه آزادی		
	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش			
۰/۰۰۱ ^{BS}	۰/۰۰۲ ^{BS}	۵/۴۷ ^{BS}	۱۱/۳۹ ^{BS}	۰/۲۹۳ ^{BS}	۰/۸۱۴ ^{BS}	۵۹/۰۱ ^{**}	۲۱/۰۵ ^{**}	۳۵۶۳/۸ ^{BS}	۱۱۴۴۱/۱ ^{BS}	۲	تکرار
۰/۰۱۲ ^{**}	۰/۰۱۲ ^{**}	۴۵/۰۳ [*]	۱۰۵/۸۶ [*]	۶۰/۶۶ ^{**}	۱۲/۶۵ ^{**}	۹۳/۷۵ ^{**}	۶۴/۱۵ ^{**}	۷۸۲۵/۷ ^{**}	۲۰۷۲۳/۱ ^{**}	۱۴	ژنوتیپ
۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۱۷/۰۵	۴۰/۳۰	۱/۷۵	۱/۵۶	۸/۲۱	۳/۲۷	۲۴۸۷/۲	۳۵۳۲/۱	۲۸	خطا
۹/۱۴	۸/۹۲	۷/۷۶	۹/۶۶	۲/۸۲	۸/۱۲	۱۱/۹۳	۷/۴۷	۲۰/۲۰	۲۰/۰۹	-	ضریب تغییرات (%)

^{BS}، * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

بدون تنش و تنش دارای عملکرد پایینی بودند اما از ژنوتیپ‌های برتر در هر دو شرایط بود (جدول ۲). دامنه میزان روغن دانه نیز نشان داد که رقم مصنوعی Sil-96 (۵۱/۷ درصد) بیشترین و لاین‌های Sil-198 و Sil-215 (۴۵/۵ درصد) کمترین میزان روغن دانه را در شرایط بدون تنش داشتند. اما در شرایط تنش خشکی، رقم شاهد Lakomka با ۴۹/۹ درصد، بیشترین و رقم مصنوعی Sil-140 با ۳۵/۴ درصد، کمترین میزان روغن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). اصولاً عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه بوده و میزان روغن دانه تأثیر تعیین کننده‌ای روی عملکرد روغن ندارد، به طوری که ارقام مصنوعی Sil-140 و Sil-54 در شرایط بدون تنش و رقم مصنوعی Sil-54 در شرایط تنش با بیشترین عملکرد دانه، بالاترین عملکرد روغن را نیز دارا بودند (جدول ۲). تنش خشکی سبب کاهش میزان روغن دانه و عملکرد روغن ژنوتیپ‌ها به ترتیب به میزان ۹/۸۶ و ۱۶/۵۴ درصد گردید (جدول ۳).

بررسی عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها مشخص نمود که ارقام مصنوعی Sil-54 و Sil-140 بیشترین و ارقام مصنوعی Sil-94 و Sil-96 کمترین عملکرد دانه را تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). البته در شرایط تنش خشکی، رقم شاهد Armaviski با ۴۴/۶۴ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشت اما تفاوت آن با ارقام مصنوعی Sil-94 و Sil-96 معنی دار نبود. با بررسی میانگین صفات در دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی و نیز درصد تغییرات صفات مورد مطالعه به دلیل مواجهه با تنش خشکی (جدول ۳) مشخص شد که میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به میزان ۱۹/۰۲ درصد در اثر تنش خشکی کاهش یافت. رقم شاهد Zaria و لاین Sil-292 با بیش از ۳۰ درصد، بیشترین درصد کاهش عملکرد را داشتند. ارقام مصنوعی Sil-94، Sil-54 و Sil-96 با کمتر از ۵ درصد، کمترین درصد کاهش را به خود اختصاص دادند. البته باید توجه داشت که Sil-94 و Sil-96 در هر دو شرایط

جدول ۲: مقایسه میانگین صفات مورد بررسی تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

ژنوتیپ	روز تا آغاز گلدهی		روز تا پایان گلدهی		روز تا رسیدگی فیزیولوژیک		ارتفاع بوته (سانتی‌متر)		قطر ساقه (سانتی‌متر)	
	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش
Sil-276	۹۳/۷ ^c	۱۰۰/۰ ^c	۹۵/۷ ^{bcd}	۱۳۳/۳ ^e	۱۰۰/۹ ^{de}	۱۲۲/۰ ^a	۲/۴۴ ^{bc}	۲/۰ ^{bc}		
Sil-221	۹۳/۰ ^c	۹۸/۳ ^c	۹۶/۳ ^{a-d}	۱۳۵/۰ ^{de}	۹۷/۵ ^e	۱۰۲/۶ ^{ef}	۲/۳۳ ^c	۱/۹۸ ^{bc}		
Sil-237	۹۴/۰ ^c	۱۰۰/۷ ^c	۹۴/۷ ^{cd}	۱۳۷/۳ ^c	۱۰۰/۲ ^{de}	۱۰۳/۸ ^{def}	۲/۳۸ ^{bc}	۱/۹۰ ^c		
Sil-292	۹۳/۰ ^c	۹۹/۳ ^c	۹۷/۷ ^{abc}	۱۳۷/۷ ^c	۹۹/۸ ^{de}	۱۰۵/۳ ^{c-f}	۲/۲۹ ^c	۲/۰۲ ^{bc}		

۱/۹۳ c	۲/۴۰ bc	۱۰۱/۴ f	۱۰۳/۷ cde	۱۳۶/۷۳ cd	۹۸/۳ abc	۹۹/۷ c	۹۳/۰ c	Sil-198
۲/۰۴ bc	۲/۴۰ bc	۱۰۲/۸ ef	۱۰۰/۳ de	۱۳۶/ cd	۹۴/۰ cd	۹۹/۳ c	۹۴/۰ c	Sil-238
۲/۲۷ ab	۲/۴۴ bc	۱۱۳/۱ a-e	۹۷/۷ a-e	۱۳۶/۷ cd	۹۵/۷ bcd	۹۹/۰ c	۹۴/۷ c	Sil-215
۲/۰۸ abc	۲/۶۹ ab	۱۰۷/۴ b-f	۱۰۹/۴ bcd	۱۳۷/۳ c	۹۶/۷ a-d	۹۹/۳ c	۹۴/۷ c	Sil-42
۲/۱۵ abc	۲/۸۰ a	۱۱۵/۵ abc	۱۲۲/۰ a	۱۴۳/۵ b	۱۰۱/۵ ab	۱۱۶/۵ a	۱۰۱/۵ ab	Sil-96
۲/۲۰ abc	۲/۴۵ bc	۱۱۶/۰ abc	۱۲۰/۰ a	۱۴۶/۵ a	۱۰۲/۰ a	۱۱۸/۵ a	۱۰۴/۵ a	Sil-54
۲/۲۰ abc	۲/۸۰ a	۱۱۴/۵ a-d	۱۲۰/۰ a	۱۴۳/۵ b	۱۰۰/۰ abc	۱۰۷/۵ b	۹۹/۵ b	Sil-94
۲/۲۰ abc	۲/۵۵ abc	۱۱۶/۰ abc	۱۲۰/۵ a	۱۴۵/۵ a	۹۸/۵ abc	۱۱۵/۵ a	۱۰۰/۵ b	Sil-140
۲/۲۵ ab	۲/۷۷ a	۱۱۴/۸ a-d	۱۱۳/۸ abc	۱۲۵/۰ f	۹۸/۰ abc	۹۱/۰ d	۸۶/۷ d	Lakomka
۲/۳۸ a	۲/۷۱ ab	۱۱۷/۰ ab	۱۱۱/۴ abc	۱۲۵/۳ f	۹۸/۷ abc	۹۰/۳ d	۸۶/۰ d	Zaria
۱/۹۶ bc	۲/۸۱ a	۱۰۵/۳ c-f	۱۱۵/۹ ab	۱۲۶/۷ f	۹۱/۰ d	۹۱/۳ d	۸۶/۰ d	Armaviski

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۰۵ اختلاف معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول ۲:

ژنوتیپ	قطر طبق (سانتی متر)		وزن هزار دانه (گرم)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)		میزان روغن (درصد)		عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)
	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	
Sil-276	۸/۹۷ ^{def}	۱۱/۲ ^{bc}	۳۷/۷ ^{bcd}	۳۲/۹ ^{cd}	۶۸۰/۵ ^{abc}	۵۶۰/۹ ^{cd}	۴۶/۶ ^{de}	۴۳/۶ ^{a-d}	۳۱۶/۵ ^{abc}
Sil-221	۸/۹۳ ^{def}	۸/۷ ^d	۴۰/۲ ^{bcd}	۳۴/۷ ^{cd}	۷۴۰/۵ ^{abc}	۵۴۵/۵ ^{cd}	۴۶/۶ ^{de}	۴۱/۲ ^{a-d}	۳۴۴/۳ ^{ab}
Sil-237	۹/۶۷ ^{c-f}	۱۰/۰ ^{cd}	۳۶/۲ ^{bcd}	۳۲/۵ ^d	۸۷۳/۹ ^{ab}	۷۲۵/۷ ^b	۴۸/۸ ^{bcd}	۴۱/۶ ^{a-d}	۴۲۷/۵ ^a
Sil-292	۹/۶۳ ^{c-f}	۹/۴ ^{cd}	۳۶/۳ ^{bcd}	۳۴/۶ ^{cd}	۷۲۶/۲ ^{abc}	۵۰۱/۳ ^{cd}	۴۷/۱ ^{b-e}	۴۱/۹ ^{a-d}	۳۴۴/۰ ^{ab}
Sil-198	۸/۸۷ ^{ef}	۱۰/۱ ^{cd}	۴۴/۷ ^{ab}	۳۳/۹ ^{cd}	۷۹۸/۵ ^{ab}	۵۶۸/۵ ^{cd}	۴۵/۵ ^e	۴۱/۲ ^{a-d}	۳۶۲/۳ ^{ab}
Sil-238	۹/۴۷ ^{c-f}	۱۰/۲ ^{cd}	۴۳/۹ ^{abc}	۴۰/۳ ^{ab}	۶۹۶/۶ ^{abc}	۴۹۸/۹ ^{cd}	۴۶/۹ ^{cde}	۳۹/۷ ^{bcd}	۳۲۶/۵ ^{ab}
Sil-215	۸/۵۳ ^f	۹/۸ ^{cd}	۳۷/۷ ^{bcd}	۳۴/۶ ^{cd}	۷۲۳/۱ ^{abc}	۵۷۷/۸ ^{cd}	۴۵/۵ ^e	۴۱/۹ ^{a-d}	۳۲۷/۸ ^{ab}
Sil-42	۱۰/۳۰ ^c	۹/۷ ^{cd}	۴۹/۸ ^a	۳۳/۱ ^{cd}	۷۴۰/۸ ^{abc}	۶۳۴/۲ ^{bc}	۴۸/۲ ^{b-e}	۳۷/۳ ^{cd}	۳۵۷/۵ ^{ab}
Sil-96	۱۷/۴۰ ^a	۱۲/۷ ^{ab}	۲۷/۸ ^e	۳۷/۰ ^{a-d}	۴۷۷/۵ ^{ef}	۴۵۶/۳ ^d	۵۱/۷ ^a	۴۶/۱ ^{ab}	۲۴۶/۹ ^{ef}
Sil-54	۱۵/۱۰ ^b	۱۳/۵ ^a	۴۲/۷ ^{a-d}	۲۵/۰ ^e	۹۲۶/۸ ^a	۸۹۵/۲ ^a	۴۸/۹ ^{bcd}	۴۴/۲ ^{abc}	۴۵۳/۲ ^a
Sil-94	۱۵/۱۰ ^b	۱۱/۴ ^{bc}	۳۵/۸ ^{cd}	۳۳/۵ ^{cd}	۴۵۸/۰ ^{ef}	۴۵۱/۴ ^d	۴۹/۵ ^{abc}	۴۸/۶ ^{ab}	۲۲۶/۷ ^f
Sil-140	۱۵/۶۰ ^b	۱۳/۰ ^{ab}	۳۷/۷ ^{bcd}	۳۵/۲ ^{bcd}	۹۷۷/۰ ^a	۸۵۵/۳ ^a	۴۷/۸ ^{b-e}	۳۵/۴ ^d	۴۶۷/۰ ^a
Lakomka	۹/۹۳ ^{cde}	۸/۸ ^d	۳۵/۴ ^d	۳۴/۰ ^{cd}	۵۳۹/۰ ^{cde}	۴۵۳/۲ ^d	۴۹/۶ ^{ab}	۴۹/۹ ^a	۲۶۷/۲ ^{b-e}
Zaria	۹/۵۷ ^{c-f}	۹/۳ ^d	۴۲/۸ ^{a-d}	۳۸/۳ ^{abc}	۷۵۷/۹ ^{abc}	۵۱۸/۵ ^{cd}	۴۸/۳ ^{b-e}	۴۷/۷ ^{ab}	۳۶۵/۹ ^{ab}
Armaviski	۱۰/۱۷ ^{cd}	۱۰/۶ ^{cd}	۴۲/۸ ^{a-d}	۴۰/۶ ^a	۶۱۳/۰ ^{bcd}	۴۴۶/۴ ^d	۴۷/۱ ^{b-e}	۴۶/۹ ^{ab}	۲۸۷/۹ ^{bcd}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

ادامه جدول ۲:

ژنوتیپ	تعداد برگ در بوته		نشت یونی نسبی (درصد)		محتوای نسبی آب برگ (درصد)		میزان آب نسبی از دست رفته (درصد)	
	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش	بدون تنش	تنش
Sil-276	۲۹/۱ ^a	۲۹/۳ ^a	۱۳/۴ ^b	۴۱/۰ ^e	۵۹/۲ ^{bc}	۵۰/۹ ^{cd}	۵۰/۲۷ ^{bcd}	۵۹/۳۱ ^{b-e}
Sil-221	۲۸/۵ ^a	۲۹/۰ ^a	۱۸/۱ ^a	۴۷/۴ ^c	۶۸/۶ ^{abc}	۵۲/۲ ^{cd}	۵۶/۱۳ ^{abc}	۶۹/۳۸ ^{abc}
Sil-237	۲۷/۱ ^{ab}	۲۹/۱ ^a	۱۲/۸ ^b	۴۵/۱ ^{cd}	۷۱/۷ ^a	۵۲/۸ ^{bcd}	۴۷/۹۹ ^{cd}	۶۹/۸۲ ^{ab}
Sil-292	۲۸/۹ ^a	۲۷/۶ ^{ab}	۱۶/۵ ^a	۴۲/۳ ^e	۵۹/۱ ^{bc}	۵۲/۰ ^{cd}	۵۰/۳۱ ^{bcd}	۵۲/۷۰ ^e
Sil-198	۲۸/۳ ^a	۲۶/۱ ^{ab}	۱۴/۱ ^b	۴۶/۵ ^{cd}	۷۴/۲ ^a	۴۹/۸ ^{cd}	۵۸/۶۳ ^{ab}	۶۷/۶۰ ^{bcd}
Sil-238	۲۶/۹ ^{ab}	۲۷/۱ ^{ab}	۱۳/۸ ^b	۴۱/۶ ^e	۵۸/۹ ^{bc}	۵۴/۱ ^{a-d}	۵۰/۰۲ ^{bcd}	۵۸/۹۷ ^{cde}
Sil-215	۲۷/۰ ^{ab}	۲۶/۰ ^{ab}	۱۳/۴ ^b	۴۲/۳ ^e	۶۶/۶ ^{abc}	۵۴/۷ ^{a-d}	۵۱/۱۸ ^{bcd}	۵۷/۴۶ ^{de}
Sil-42	۲۶/۶ ^{ab}	۲۵/۷ ^{ab}	۱۳/۶ ^b	۵۵/۳ ^a	۷۴/۶ ^a	۶۰/۲ ^{ab}	۴۳/۲۳ ^{de}	۶۶/۲۵ ^{bcd}
Sil-96	۱۷/۸ ^d	۱۵/۱ ^c	۱۲/۸ ^b	۴۴/۹ ^d	۶۶/۰ ^{abc}	۴۷/۵ ^d	۳۷/۸۱ ^e	۵۹/۸۶ ^{b-e}
Sil-54	۱۷/۶ ^d	۱۷/۵ ^c	۱۶/۸ ^a	۵۳/۷ ^{ab}	۶۹/۹ ^{ab}	۶۱/۳ ^a	۵۲/۴۷ ^{bc}	۶۳/۳۳ ^{bcd}
Sil-94	۱۷/۵ ^d	۱۴/۳ ^c	۱۶/۸ ^a	۴۵/۹ ^{cd}	۵۷/۳ ^c	۴۸/۵ ^d	۵۸/۲۹ ^{ab}	۶۴/۳۴ ^{bcd}
Sil-140	۱۶/۷ ^d	۱۵/۰ ^c	۱۸/۱ ^a	۵۲/۰ ^b	۵۸/۴ ^{bc}	۵۰/۷ ^{cd}	۵۶/۴۱ ^{abc}	۶۵/۹۶ ^{bcd}
Lakomka	۲۲/۶ ^c	۲۷/۷ ^{ab}	۱۸/۳ ^a	۵۱/۹۹ ^b	۶۸/۷ ^{abc}	۵۶/۹ ^{abc}	۶۳/۴۷ ^a	۷۸/۹۵ ^a
Zaria	۲۳/۸ ^{bc}	۲۷/۷ ^{ab}	۱۶/۳ ^a	۴۷/۴ ^c	۶۳/۷ ^{abc}	۵۳/۸ ^{a-d}	۵۳/۱۵ ^{bc}	۶۳/۷۹ ^{bcd}
Armaviski	۲۴/۳ ^{bc}	۲۳/۰ ^b	۱۶/۶ ^a	۴۶/۶ ^{cd}	۶۹/۰ ^{abc}	۵۳/۲ ^{bcd}	۵۶/۰۹ ^{abc}	۶۳/۸۱ ^{bcd}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۰.۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

(رقم مصنوعی SIL-94) تا ۷۴/۶ درصد (لاین SIL-42) بود (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، ارقام مصنوعی SIL-54 و SIL-96 به ترتیب با ۴۷/۵ و ۶۱/۳ درصد، دارای بیشترین و کمترین مقدار این صفت بودند (جدول ۲). میزان درصد کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت شرایط تنش خشکی معادل ۱۹ درصد بود (جدول ۳). رقم شاهد Lakomka در هر دو شرایط رطوبتی دارای بیشترین میزان آب نسبی از دست رفته بود (جدول ۲). رقم مصنوعی SIL-96 و لاین SIL-292 به ترتیب با ۳۷/۸ و ۵۲/۷ درصد، دارای کمترین مقدار این صفت به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بودند (جدول ۲).

در شرایط بدون تنش (جدول ۲)، رقم Lakomka با میانگین ۱۸/۳ درصد بیشترین نشت یونی را داشته و با هفت ژنوتیپ دیگر در یک کلاس آماری قرار داشت. لاین SIL-237 و رقم مصنوعی Sil-96 کمترین میزان نشت یونی را داشته و با پنج ژنوتیپ دیگر در یک کلاس آماری قرار گرفتند. در شرایط تنش خشکی، لاین‌های SIL-276 و SIL-238 با میانگین‌های ۴۱/۶ و ۴۱/۶ درصد کمترین و لاین SIL-42 با میانگین ۵۵/۳ درصد، بیشترین میزان نشت یونی را داشتند (جدول ۲). تنش خشکی بالاترین اثر را بر صفت نشت یونی نسبی (۲۰۴/۶۸ درصد افزایش نسبت به شرایط بدون تنش) داشت (جدول ۳). دامنه محتوای نسبی آب برگ در شرایط بدون تنش از ۵۷/۳

جدول ۳: میانگین و درصد تغییرات (کاهش یا افزایش) صفات مورد مطالعه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

تغییرات (%)	تنش	بدون تنش	صفت	تغییرات (%)	تنش	بدون تنش	صفت
-۱۹/۰۲	۵۷۹/۲۵	۷۱۵/۲۹	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	-۶/۰۱	۸۸/۶۴	۹۴/۳۱	تعداد روز تا آغاز گلدهی
-۹/۸۶	۴۳/۱۴	۴۷/۸۶	میزان روغن (درصد)	-۴/۴۰	۹۷/۲۸	۱۰۱/۷۶	تعداد روز تا پایان گلدهی
-۱۶/۵۴	۲۴۶/۸۶	۲۹۵/۸۰	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	-۳/۱۵	۱۳۲/۱۰	۱۳۶/۴۰	تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک
-۰/۷۴	۲۴/۰۰	۲۴/۱۸	تعداد برگ در بوته	-۱/۳۵	۱۰۸/۹۹	۱۱۰/۴۸	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
۲۰۴/۶۸	۴۶/۹۲	۱۵/۴۰	نشت یونی نسبی (درصد)	-۱۷/۶۵	۲/۱۰	۲/۵۵	قطر ساقه (سانتی‌متر)
-۱۹/۰۰	۵۳/۲۳	۶۵/۷۲	محتوای نسبی آب برگ (درصد)	-۵/۲۹	۱۰/۵۶	۱۱/۱۵	قطر طبق (سانتی‌متر)
۲۲/۴۸	۶۴/۱۳	۵۲/۳۶	میزان آب نسبی از دست رفته (درصد)	-۱۲/۰۲	۳۴/۶۹	۳۹/۴۳	وزن هزار دانه (گرم)

گلدهی (**/۸۰۲/۰)، ارتفاع بوته (**/۷۵۴/۰)، عملکرد دانه (**/۷۳۰/۰)، عملکرد روغن (**/۷۰۰/۰) و تعداد برگ در بوته (**/۸۷۵/۰-) ثبت شد. در خصوص سه صفت فیزیولوژیک تحت بررسی نیز نتایج نشان داد که رابطه آن‌ها با تمام صفات زراعی و فنولوژیک، غیر معنی‌دار بوده و تنها همبستگی نشت یونی با میزان آب از دست رفته برگ‌ها معنی‌دار و در حد متوسط (**/۶۳۵/۰) بود. در شرایط تنش خشکی، تنها همبستگی روز تا آغاز گلدهی با روز تا پایان گلدهی (**/۸۰۰/۰) و همبستگی عملکرد دانه با عملکرد روغن

ضرایب همبستگی بین صفات: طبق نتایج در شرایط بدون تنش (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)، همبستگی بین سه صفت فنولوژیک تعداد روز تا آغاز گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک مثبت، معنی‌دار و بسیار قوی بود. تحت این شرایط، تعداد هشت ضریب همبستگی قوی و بسیار معنی‌دار بین صفات زراعی (ضرایب ۰/۷ یا بیشتر) شامل عملکرد دانه با عملکرد روغن (**/۹۹۱/۰)، قطر ساقه با ارتفاع بوته (**/۷۱۶/۰)، تعداد برگ در بوته با ارتفاع بوته (**/۸۰۴/۰-) و همبستگی قطر طبق با صفات تعداد روز تا پایان

نشان داده نشده‌اند) و سپس پارامترهای میانگین رتبه، انحراف معیار رتبه و RS محاسبه شد (جدول ۴). در نهایت ژنوتیپ‌های SIL-54، SIL-42، SIL-140 و SIL-237 که دارای کمترین مقدار RS بودند، به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند (جدول ۴).

(**۰/۸۰۸) بسیار معنی‌دار و قوی (ضرایب ۰/۷ یا بیشتر) بود.

مجموع رتبه (پارامتر RS): برای تعیین ژنوتیپ‌های متحمل بر اساس همه شاخص‌ها، ژنوتیپ‌ها بر اساس میزان عملکرد دانه تحت هر دو شرایط و نیز به‌طور جداگانه بر اساس شاخص‌ها رتبه‌بندی شده (داده‌ها

جدول ۴: رتبه‌بندی تحمل خشکی ژنوتیپ‌ها بر اساس پارامتر RS

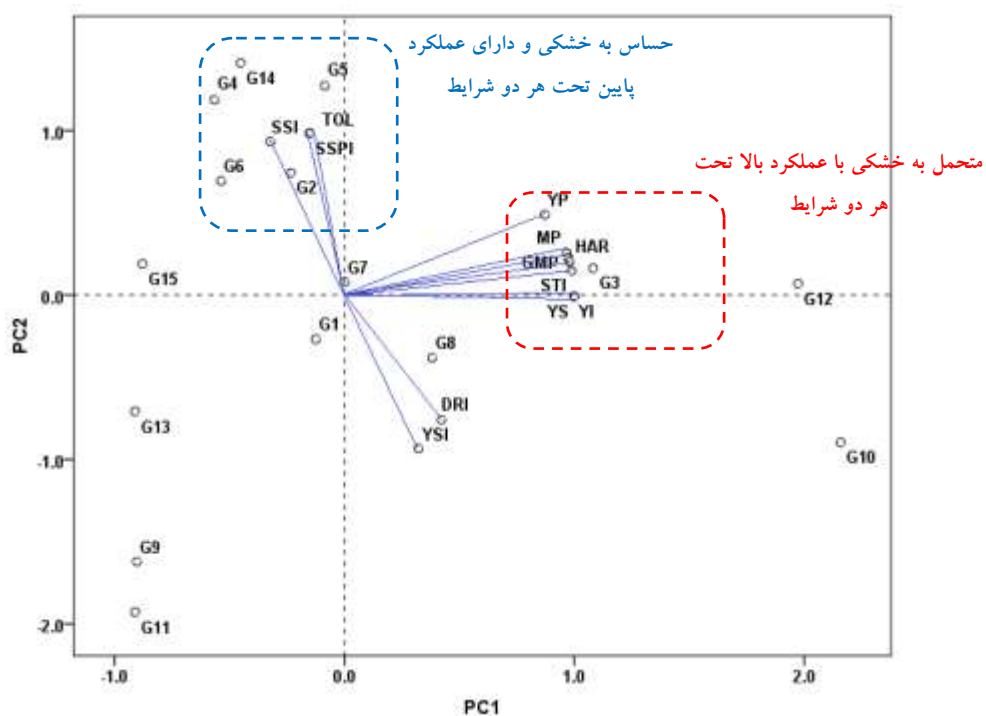
ژنوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)			میانگین رتبه	انحراف معیار رتبه	پارامتر RS
	بدون تنش	تنش خشکی	درصد کاهش			
۱	۶۸۰/۵	۵۶۰/۹	۱۷/۵۸	۷/۸۰	۱/۲۳	۹/۰۳
۲	۷۴۰/۵	۵۴۵/۵	۲۶/۳۳	۹/۰۰	۲/۰۰	۱۱/۰۰
۳	۸۷۳/۹	۷۲۵/۷	۱۶/۹۶	۴/۹۰	۲/۷۷	۷/۶۷
۴	۷۲۶/۲	۵۰۱/۳	۳۰/۹۷	۱۱/۷۰	۱/۸۳	۱۳/۵۳
۵	۷۹۸/۵	۵۶۸/۵	۲۸/۸۰	۹/۴۰	۴/۴۵	۱۳/۸۵
۶	۶۹۶/۶	۴۹۸/۹	۲۸/۳۸	۱۱/۴۰	۰/۵۲	۱۱/۹۲
۷	۷۲۳/۱	۵۷۷/۸	۲۰/۰۹	۷/۲۰	۱/۵۵	۸/۷۵
۸	۷۴۰/۸	۶۳۴/۲	۱۴/۳۹	۴/۵۰	۰/۵۳	۵/۰۳
۹	۴۷۷/۵	۴۵۶/۳	۴/۴۴	۸/۶۰	۵/۵۶	۱۴/۱۶
۱۰	۹۲۶/۸	۸۹۵/۲	۳/۴۱	۲/۰۰	۰/۶۷	۲/۶۷
۱۱	۴۵۸/۰	۴۵۱/۴	۱/۴۴	۸/۱۰	۷/۰۹	۱۵/۱۹
۱۲	۹۷۷/۰	۸۵۵/۳	۱۲/۴۶	۳/۲۰	۲/۳۹	۵/۵۹
۱۳	۵۳۹/۰	۴۵۳/۲	۱۵/۹۲	۹/۵۰	۴/۰۳	۱۳/۵۳
۱۴	۷۵۷/۹	۵۱۸/۵	۳۱/۵۹	۱۱/۶۰	۳/۶۰	۱۵/۲۰
۱۵	۶۱۳/۰	۴۴۶/۴	۲۷/۱۸	۱۱/۱۰	۲/۲۸	۱۳/۳۸

۳۸/۹۸ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کرده و مقادیر ویژه مثبت و بالایی برای شاخص‌های SSI، TOL و SSPI و مقدار ویژه منفی و بالایی برای شاخص‌های YSI و DRI داشت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). این مؤلفه ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در هر دو محیط بدون تنش و تنش خشکی و مقادیر بالای شاخص‌های TOL، SSI و SSPI را جدا می‌نماید. نمودار بای‌پلات (شکل ۱) نشان داد که ژنوتیپ G₃ (SIL-237) در مجاورت بردارهای شاخص‌های مهم مقاومت به خشکی یعنی GMP، STI، MP، HAR و YI بوده و نیز به بردارهای عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نیز

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی: ارقام مورد بررسی با استفاده از دو مؤلفه اول که بیشترین درصد تغییرات را توجیه نمودند (۹۷/۳۵ درصد) و با استفاده از روش بای‌پلات برای همه شاخص‌ها و عملکرد دانه تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی گروه‌بندی شدند (شکل ۱). اولین مؤلفه شامل ۵۸/۳۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها بود و مقادیر ویژه مثبت و بالایی برای عملکرد دانه و نیز شاخص‌های MP، GMP، STI، HAM و YI داشت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). با مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه می‌توان ارقامی که دارای عملکرد دانه بالا در هر دو محیط بدون تنش و تنش خشکی هستند را انتخاب نمود. دومین مؤلفه

ژنوتیپ دارای بیشترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و نیز بالاترین عملکرد در شرایط تنش، پس از ژنوتیپ G₁₀ (SIL-54) بود. همچنین ژنوتیپ G₁₀ (SIL-54) دارای بیشترین مقدار مؤلفه اول و مقدار منفی برای مؤلفه دوم بود. این ژنوتیپ دارای بالاترین عملکرد در شرایط تنش و بالاترین عملکرد در شرایط بدون تنش، پس از ژنوتیپ G₁₂ (SIL-140) بود اما در فاصله دورتری از شاخص‌های مهم تحمل تنش قرار داشت.

بسیار نزدیک است. این ژنوتیپ در ناحیه مقادیر بالای مؤلفه‌های اول و نزدیک به صفر در مؤلفه دوم قرار داشت و متحمل‌ترین ژنوتیپ به خشکی با عملکرد بالا در هر دو شرایط رطوبتی بود؛ به طوری که رتبه سوم عملکرد دانه تحت هر دو شرایط را داشت (جدول ۴). ژنوتیپ G₁₂ (SIL-140) نیز دارای مقدار بسیار بالا برای مؤلفه اول و حدود صفر برای مؤلفه دوم بوده و در راستای بردارهای مهم تنش خشکی و عملکرد در هر دو شرایط قرار داشت (شکل ۱). این



شکل ۱: نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل و حساسیت به خشکی در ۱۵ ژنوتیپ آفتابگردان

مقاومت به خشکی نزدیک نبوده و در جهت مخالف آن‌ها نیز قرار داشتند و لذا جزء ژنوتیپ‌های حساس با عملکرد پایین در هر دو شرایط منظور شدند. دو ژنوتیپ G₁ و G₇ در مرکز بای پلات قرار گرفتند و بنابراین از نظر شاخص‌های مقاومت به خشکی، به عنوان ژنوتیپ‌های بی تفاوت شناسایی شدند (شکل ۱).

ژنوتیپ‌های G₂ و G₆، G₄، G₁₄، G₅ در ناحیه با مقادیر منفی مؤلفه اول و مقادیر بالای مؤلفه دوم قرار داشتند و به شاخص‌های حساسیت به خشکی بسیار نزدیک بودند و بنابراین به عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در هر دو محیط و حساس به تنش خشکی شناسایی شدند. ژنوتیپ‌های G₉، G₁₃، G₁₅ و G₁₁ به هیچ‌یک از بردارهای عملکرد و شاخص‌های

بحث

وجود اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر تمامی صفات تحت بررسی، نشان داد که در بین ارقام مصنوعی و لاین‌های تحت بررسی تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای وجود دارد و گزینش می‌تواند مؤثر واقع گردد. نتایج بررسی میانگین صفات در شرایط بدون تنش نشان داد که گزینش لاین‌ها و ارقام مصنوعی آفتابگردان به سمت ژنوتیپ‌های دیررس بوده است. باید توجه داشت که علت عدم وجود اختلاف معنی‌داری بین تعداد روز تا رسیدن ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی، کوتاه بودن دامنه گلدهی ژنوتیپ‌ها و نیز گزینش این ژنوتیپ‌ها برای مقاومت به خشکی از طریق زودرسی طی چندین سال در برنامه اصلاحی می‌باشد.

تنوع بالایی برای ارتفاع بوته در هر دو شرایط رطوبتی وجود نداشت و بنابراین گزینش برای پابندی و یا پاکوتاهی در ژنوتیپ‌های تحت بررسی چندان مؤثر نخواهد بود. ابراز شده است که یک هیبرید پابلند آفتابگردان علی‌رغم پتانسیل آب برگ کمتر، همواره دارای بیشترین عملکرد در شرایط آب کافی است و ارقام پاکوتاه برای تولید در شرایط تنش خشکی دارای اهمیت هستند (Angadi and Entz, 2002).

در این مطالعه میانگین قطر طبق که به نوعی بیانگر تعداد دانه در طبق است، از ۸/۵ تا ۱۷/۴ سانتی‌متر در شرایط بدون تنش و از ۸/۷ تا ۱۳/۵ سانتی‌متر متغیر بود. Ghaffari (۲۰۰۷) در بررسی لاین‌های اینبرد آفتابگردان اعلام کرد که در شرایط تنش رطوبتی صفت تعداد دانه در طبق یک عامل تعیین‌کننده در تثبیت عملکرد دانه است. گزارش شده است که تعداد دانه در طبق تحت تأثیر دوره‌های آبیاری از طریق کاهش مساحت طبق، کاهش می‌یابد (Karimzadeh-Asl et al., 2003). در مطالعه دیگر

روی آفتابگردان، مشاهده شد که افزایش شدت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تعداد دانه در طبق گردید که علت اصلی این کاهش، تأثیر منفی تنش بر قطر طبق عنوان شد (Gholinezhad et al., 2009). کاهش قطر طبق در اثر تنش خشکی در مرحله زایشی، به کاهش دوره پرشدن دانه‌ها و کاهش وزن دانه‌ها نسبت داده شده است (Yadollahi et al., 2014). تنش خشکی به‌طور میانگین سبب کاهش ۱۲/۰۲ درصدی وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها در این مطالعه شد که علت آن را می‌توان به کوتاه بودن دوره پرشدن دانه که ناشی از کمتر بودن کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای قبل از مرحله گرده‌افشانی در اندام‌های رویشی و کاهش دوام سطح برگ نسبت داد (Gholinezhad et al., 2009). گزارش‌های مختلفی از کاهش وزن هزار دانه آفتابگردان به دلیل بروز تنش خشکی وجود دارد (Heidari and Karami, 2013; Yadollahi et al., 2017).

در این مطالعه ارقام شاهد دارای عملکرد دانه پایینی بوده که حاکی از برتری ارقام مصنوعی و لاین‌های اینبرد نسبت به آن‌ها از این نظر می‌باشد. همچنین میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها به میزان ۱۹/۰۲ درصد در اثر تنش خشکی کاهش یافت. با توجه به این که کاهش دو جزء دیگر عملکرد دانه یعنی وزن هزار دانه و قطر طبق (تعداد دانه در طبق) در شرایط تنش به ترتیب ۱۲/۰۲ و ۵/۲۹ درصد بود، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش عملکرد دانه می‌تواند عمدتاً به علت کاهش این دو جزء عملکرد دانه باشد. وجود همبستگی قوی و مثبت بین عملکرد دانه و قطر طبق این موضوع را تأیید کرد. البته اختلال در روند فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی از بوته به دانه‌ها و در نتیجه کاهش وزن و افزایش چروکیدگی دانه‌ها نیز از دیگر عوامل مهم کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی است (Pereyra-

خارج می‌گردد. میزان درصد کاهش محتوای نسبی آب برگ تحت شرایط تنش خشکی بالا بوده و نشان می‌دهد همان طوری که انتظار می‌رفت، کاهش رطوبت در دست‌رس گیاه باعث کاهش میزان آب در برگ‌ها شده است. افزایش غلظت مواد محلول موجود در بافت‌های گیاه در شرایط تنش ممکن است موجب کاهش پتانسیل آب برگ‌ها شده و از این طریق سبب بروز اثر منفی بر ویژگی‌های دیواره سلولی، کاهش رشد برگ‌ها، کاهش محتوای رطوبت نسبی، کاهش مقاومت روزنه‌ای و حتی کاهش عملکرد دانه گردد. بنابراین، از آنجایی که محتوای نسبی آب برگ در برگ‌برنده میزان آب موجود در برگ می‌باشد، ارقام برتر از نظر تحمل به تنش خشکی از وضعیت بهتری برخوردار خواهند بود. همچنین ارقامی که محتوای نسبی آب برگ بالاتری دارند، تقسیم آسیمیلات‌ها در آن‌ها مطلوب‌تر بوده و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (Khorshidi Benam et al., 2002). بنابراین می‌توان گفت که محتوای نسبی آب در واقع ابزار بسیار مناسبی جهت گزینش تحت تنش خشکی است.

وجود همبستگی مثبت، معنی‌دار و بسیار قوی بین سه صفت فنولوژیک تعداد روز تا آغاز گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدن فیزیولوژیک، نشان می‌دهد که برای گزینش ژنوتیپ‌های زودرس می‌توان ژنوتیپ‌های زودگل را نیز گزینش نمود. نظر به بسیار معنی‌دار بودن تأثیر قطر طبق بر عملکرد دانه و روغن، می‌توان از این صفت به‌عنوان معیاری در گزینش غیر مستقیم برای عملکرد دانه و روغن بالا بهره‌گرفت. همبستگی غیر معنی‌داری بین سه صفت فیزیولوژیک نشأت یونی، محتوای نسبی آب برگ و میزان آب از دسته رفته برگ با صفات زراعی در ژنوتیپ‌های آفتابگردان گزارش شده است (Safavi et al., 2011).

(Irujo and Aguirrezabal, 2007). گزارش شده است که اعمال محدودیت در آبیاری آفتابگردان سبب کاهش عملکرد دانه و اجزای عملکرد خواهد شد (Mirshekari et al., 2012; Gholinezhad et al., 2013).

در مطالعه حاضر، تنش خشکی سبب کاهش میزان روغن دانه و عملکرد روغن ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب به میزان ۹/۸۶ و ۱۶/۵۴ درصد گردید. شاید بتوان ابراز داشت از آنجا که در شرایط بدون تنش زمان بیشتری جهت پرشدن دانه وجود دارد، درصد روغن نیز بیشتر از شرایط تنش خشکی است. در مطالعه Zahedi و همکاران (۲۰۱۴) قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پر شدن دانه به‌ترتیب سبب کاهش ۵/۲۲ و ۱۰/۹۷ درصدی روغن دانه نسبت به شرایط آبیاری نرمال گردید که علت آن را کاهش دوره پرشدن دانه و در نتیجه کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها ذکر کردند. در این مطالعه، میزان روغن در مقابل تنش خشکی پایدارتر از عملکرد دانه بود که ممکن است به دلیل اثرپذیری کمتر آن از شرایط محیطی باشد (Moghaddam Khamseh et al., 2009). در مطالعه‌های مختلف به کاهش روغن دانه ارقام آفتابگردان در اثر برخورد با تنش خشکی اشاره شده است (Esmailian et al., 2012; Rauf et al., 2012; Kassab et al., 2012; Gholinezhad et al., 2013).

در شرایط تنش خشکی، لاین‌های SIL-276 و SIL-238 کمترین میزان نشأت یونی را داشتند که نشان می‌دهد الکترولیت‌های کمتری از این لاین‌ها نشأت نموده و بنابراین مطلوب‌تر هستند چراکه در زمان تنش رطوبتی، بالا بودن مقدار نشأت یونی منجر به کاهش عملکرد می‌گردد. تنش خشکی بالاترین اثر را بر صفت نشأت یونی نسبی داشت که نشان می‌دهد در شرایط بدون تنش، الکترولیت‌های کمتری از برگ‌ها

ژنوتیپ‌ها می‌باشد. اغلب صفات مورد بررسی از جمله عملکرد دانه، در واکنش به تنش خشکی کاهش یافتند. میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش ۷۱۵ کیلوگرم و در شرایط تنش ۵۷۹ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که نشان‌دهنده کاهش ۱۹/۰۲ درصدی در اثر تنش خشکی می‌باشد. در این مطالعه، ارقام شاهد دارای عملکرد دانه پایینی بوده که نشان‌دهنده برتری ارقام مصنوعی و لاین‌های اینبرد نسبت به آن‌ها از این نظر می‌باشد. به طور کلی اعمال تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های آفتابگردان تا حدودی سبب زودگلدهی و زودرس شدن آن‌ها، کاهش صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد و نهایتاً کاهش عملکرد و روغن دانه گردید. همچنین تنش خشکی سبب افزایش نشت یونی و میزان آب از دست رفته برگ‌ها شد. بررسی شاخص‌های مختلف نشان داد که شاخص‌های STI، GMP، MP و HAR توانستند به نحو بهتری ژنوتیپ‌های دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط رطوبتی را مشخص نموده و بنابراین با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان ژنوتیپ‌های مناسب شرایط کشت دیم را که طی سال‌های کم‌باران و پرباران عملکرد دانه بالا را تولید نمایند، گزینش نمود. با این حال، با استفاده از روش مجموع رتبه (RS) و بررسی پارامترهای آن، ژنوتیپ‌های SIL-54، SIL-42، SIL-140 و SIL-237 که دارای کمترین مقدار RS بودند، به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها بر اساس دیاگرام بای‌پلات نیز به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها تحت هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی شناسایی شدند.

سپاسگزاری

هزینه این پژوهش از محل اعتبارات حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه تأمین گردیده است که بدین‌وسیله اعلام قدردانی

ژنوتیپ‌های SIL-54، SIL-42، SIL-140 و SIL-237 به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها بر اساس روش مجموع رتبه (پارامتر RS به‌عنوان معرفی از همه شاخص‌های تحمل خشکی) شناخته شدند. با این حال، در مطالعات مختلف شاخص‌های مختلفی به‌عنوان شاخص برتر شناخته شده‌اند. Ghaffari (۲۰۰۷) شاخص تحمل خشکی (STI) را مناسب‌ترین معیار برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در آفتابگردان دانست. در گزارش دیگری آمده است که به‌منظور ارزیابی تحمل تنش خشکی در هیبریدهای آفتابگردان، شاخص‌های MP، GMP و STI مناسب می‌باشند (Darvishzadeh et al., 2010). ژنوتیپ‌های SIL-54، SIL-42، SIL-140 و SIL-237 بر اساس دیاگرام بای‌پلات نیز به‌عنوان برترین ژنوتیپ‌ها تحت هر دو شرایط شناخته شدند. در مطالعه انجام شده روی آفتابگردان نشان داده شد که عملکرد دانه با شاخص‌های HAM، MP، GMP، STI و YI همبستگی مثبت و معنی‌داری تحت هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی مشاهده گردید (Hatami et al., 2016). در مطالعه‌ای دیگر با رسم بای‌پلات برای شش رگه خالص، چهار تستر آفتابگردان و هیبریدهای حاصل از آن‌ها در شرایط بدون تنش، قابلیت ترکیب‌پذیری. خصوصی و عمومی آن‌ها را برای شش صفت زراعی مورد بررسی قرار داده و گزارش دادند که رسم بای‌پلات روشی مناسب بوده و می‌تواند اطلاعات مفیدی در اختیار به‌نژادگران آفتابگردان قرار دهد (Ghaffari et al., 2011).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد که در بین ارقام مصنوعی و لاین‌های تحت بررسی، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده وجود داشت که حاکی از مفید و مؤثر واقع شدن گزینش در این

پورداد و دکتر سیدافشین صفوی نهایت سپاسگزاری
به عمل می‌آید.

می‌گردد. همچنین از معاونت محترم مؤسسه تحقیقات
کشاورزی دیم (سرارود) و آقایان دکتر سیدسعید

References

- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Abdeshah, H.R., Kazemian, A. and Rafiee, M. (2018).** Agricultural Bulletin Volume I - Crops. Deputy Minister of Planning and Economics, Ministry of Agriculture Jihad. p 116. (In Persian).
- Adiredjo, A.L., Navaud, O., Muñoz, S., Langlade, N.B., Lamaze, T. and Grieu, P. (2014).** Genetic control of water use efficiency and leaf carbon isotope discrimination in sunflower (*Helianthus annuus* L.) subjected to two drought scenarios. PLoS One. 9(7): e101218.
- Amiri, R., Bahraminejad, S., Sasani, Sh. and Ghobadi, M. (2014).** Genetic evaluation of 80 irrigated bread wheat genotypes for drought tolerance indices. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 20(1): 101-111.
- Andrianasolo, F.N., Casadebaig, P., Champolivier, L., Maza, E., Maury, P. and Debaeke, P. (2014).** Prediction of sunflower grain oil concentration as a function of variety, crop management and environment by the means of statistical models. European Journal of Agronomy. 54: 84-96.
- Angadi, S.V. and Entz, M.H. (2002).** Water relation of standard height and dwarf sunflower cultivars. Crop Science. 42: 125-159.
- Baniabbass Shahri, Z., Zamani, G.R. and Sayyari Zahan, M.H. (2012).** Effect of drought stress and zinc sulfate foliar application on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Stresses in Crop Sciences. 4(2): 165-172. (In Persian)
- Darvishzadeh, R., Pirzad, A., Hatami-Maleki, H., Poormohammad Kiani, S. and Sarrafi, A. (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.
- Ebrahimian, E. and Bybordi, A. (2011).** Effect of iron foliar fertilization on growth, seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. Middle East Journal of Scientific Research. 5: 621-627.
- Egert, M. and Tevini, M. (2002).** Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium choenoprasum*). Environmental and Experimental Botany. 48: 43-49.
- Esmailian, Y., Sirousmehr, A.R., Asghripour, M.R. and Amiri, E. (2012).** Comparison of sole and combined nutrient application on yield and biochemical composition of sunflower under water stress. International Journal of Applied Science and Technology. 3: 214-220.
- Farshadfar, E. and Elyasi, P. (2012).** Screening quantitative indicators of drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces. European Journal of Experimental Biology. 2(3): 577-584.
- Ghaffari, M. (2007).** Evaluation and selection of sunflower inbred lines under normal and drought stress. Seed and Plant Improvement Journal. 23(4): 633-649. (In Persian)
- Ghaffari, M., Farrokhi, I. and Mirzapor, M. (2011).** Combining ability and gene action for agronomic traits and oil content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) using F₁ hybrids. Crop Breeding Journal. 1(1): 75-87.
- Ghaffari, M., Toorchi, M., Valizadeh, M. and Shakiba, M.R. (2012).** Morpho-physiological screening of sunflower inbred lines under drought stress condition. Turkish Journal of Field Crops. 17(2): 185-190.
- Gholinezhad, E., Darvishzadeh, R. and Bernousi, I. (2013).** Effects of drought stress on grain qualitative traits in Iranian confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) landraces. Iranian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2(2): 9-20.
- Gholinezhad, E., Aynaband, A., Hassanzade Ghorthapeh, A., Noormohamadi, G. and Bernousi, I. (2009).** Study of the effect of drought stress on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 37(2): 85-94.
- Hatami Maleki, H., Abdi, N., Darvishzadeh, R. and Jafari, M. (2016).** Mapping QTLs controlling drought tolerance indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop Breeding. 8(20): 228-235. (In Persian)
- Heidari, M. and Karami, A.V. (2013).** Effect of drought stress and strains of mycorrhiza on yield, photosynthetic pigments

- sunflower. Environmental Stresses in Crop Sciences. 6(1): 17-26. (In Persian)
- Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M. and Nawaz, A. (2018).** Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. Agricultural Water Management. 201: 152-166.
- Karimzadeh-Asl, K.H., Mazaheri, D. and Peyghambari, S.A. (2003).** Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science. 34(2): 293-301. (In Persian)
- Kassab, O.M., Abo Ellil, A.A. and Abo El-Kheir, M.S.A. (2012).** Water use efficiency and productivity of two sunflower cultivars as influenced by three rates of drip irrigation water. Journal of Applied Sciences Research. 7: 3524-3529.
- Khorshidi Benam, M.B., Rahimzadeh Khoii, F., Mirhadi, M.J. and Nour-Mohamadi, G. (2002).** Study of drought stress effects in different growth stages on potato cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences. 4(1): 48-59. (In Persian)
- Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. (1996).** NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany. 78: 389-398.
- Mirshekari, M., Majnoun Hosseini, N., Amiri, R. and Zandvakili, O.R. (2012).** Study the effects of planting date and low irrigation stress on quantitative traits of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.). Romanian Agricultural Research. 29: 189-199.
- Moghaddam Khamseh, A., Amini Dehaghi, M., Daneshian, J. and Jabbari, H. (2009).** Agronomical traits and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) new hybrids under drought stress. Journal of Daneshvar Agronomy Sciences. 2(3): 1-12. (In Persian)
- Nazarli, H. and Zardashti, M.R. (2010).** The effect of drought stress and super absorbent polymer (A200) on agronomical traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under field condition. Cercetari Agronomice in Moldova. 143: 5-14.
- Pekcan, V., Evcil, G., Yilmaz, M.I., Nalcayli, A.S.B., Erdal, Ş.Ç., Cicek, N., Ekmekci, Y. and Kaya, Y. (2015).** Drought effects on yield traits of some sunflower inbred lines. Agriculture and Forestry. 61(4): 101-107.
- Pereyra-Irujo, G.A. and Aguirrezabal, L.A.N. (2007).** Sunflower yield and oil quality interactions and variability: Analysis through a simple simulation model. Agricultural and Forest Meteorology. 143: 252-265.
- Rauf, S. (2008).** Breeding sunflower (*Helianthus annuus* L.) for drought tolerance. Communications in Biometry and Crop Science. 3(1): 29-44.
- Rauf, A., Maqsood, M., Ahmad, A. and Gondal, A.S. (2012).** Yield and oil content of sunflower (*Helianthus annuus* L.) as influenced by spacing and reduced irrigation condition. eSci Journal of Crop Production. 1: 41-45.
- Rezaizad, A., Parvin, S. and Shoshtari, L. (2018).** Genetic analysis of yield and its components in sunflower lines under normal and drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences. 11(1): 93-105. (In Persian)
- Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Holaday, A.S. (1990).** Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing drought resistance. Crop Science. 30: 105-777.
- Robert, G.A., Rajasekar, M. and Manivannan, P. (2016).** Triazole-induced drought stress amelioration on growth yield, and pigments composition of *Helianthus annuus* L. (sunflower). International Multidisciplinary Research Journal. 5: 6-15.
- Safavi, A., Pourdard, S.S. and Jamshid Moghaddam, M. (2011).** Identification of drought resistant genotypes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Seed and Plant Improvement Journal. 27(2): 129-148. (In Persian)
- Sarazin, V., Duclercq, J., Guillot, X., Sangwan, B. and Sangwan, R.S. (2017).** Water-stressed sunflower transcriptome analysis revealed important molecular markers involved in drought stress response and tolerance. Environmental and Experimental Botany. 142: 45-53.
- Skoric, D. (2009).** Sunflower breeding for resistance to abiotic stresses. Helia. 32: 1-15.
- Stone, L.R., Goodrum, D.E., Jaafar, M.N. and Khan, A.H. (2002).** Rooting front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower. Agronomy Journal. 93: 1105-1110.
- Totsky, I.V. and Lyakh, V.A. (2015).** Pollen selection for drought tolerance in sunflower. Helia. 38(63): 211-220.
- United State Department of Agriculture (USDA). (2016).** National Agricultural

- Statistics Service. USDA-NASS 1400 Independence Ave., SW Washington, DC 20250.
- Vanaja, M., Yadav, S.K., Archana, G., Lakshmi, J.N., Ram Reddy, P.R., Vagheera, P., Abdul Razak, S.K., Maheswari, M. and Venkateswarlu, B. (2011).** Response of C₄ (maize) and C₃ (sunflower) crop plants to drought stress and enhanced carbon dioxide concentration. *Plant, Soil and Environment*. 57: 207-215.
- Yadollahi, P., Asgharipour, M.R., Marvane, H., Kheiri, N. and Amiri, A. (2017).** The effects of drought stress on grain and oil yield of two cultivars of sunflower. *Crop Science Research in Arid Regions*. 1(1): 65-76. (In Persian)
- Yadollahi Dehcheshmeh, P., Bagheri, A.A., Amiri, A. and Esmailzadeh, S. (2014).** Effects of drought and foliar application on yield and photosynthetic pigments sunflower. *Journal of Crop Physiology*. 6(21): 73-83. (In Persian)
- Zahedi, H., Tohidi Moghadam, H.R. and Alipour, A. (2014).** Investigation on some qualitative indices of sunflower (*Helianthus annuus* L.) affected by zeolite application and different levels of irrigation. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 10(3): 53-61. (In Persian)