



بررسی عملکرد و بهره‌وری آب در لاین‌های آفتابگردان تحت شرایط نرمال و تنش آبی

محمد عابدینی اسفهلانی^۱، رضا فتوت^۲، مسعود سلطانی نجف‌آبادی^۳، علیرضا توکلی^۴

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۴

چکیده

با توجه به نیاز کشور به روغن خوراکی و نیز کمبود روزافزون آب کشاورزی، شناخت و بررسی ویژگی‌های مربوط به رشد و عملکرد آفتابگردان به خصوص در رابطه با تنش خشکی می‌تواند در افزایش عملکرد آن تأثیر مهمی داشته باشد. به منظور ارزیابی لاین‌های اینبرد آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش رطوبتی، دو آزمایش جداگانه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بسطام (شاهرود) اجرا شد، در هر آزمایش ۲۰ لاین اینبرد فرانسوی آفتابگردان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. آبیاری در شرایط نرمال و تنش به ترتیب براساس ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی، مبتنی بر روش پنمن مانیتث فائو انجام شد. در هر دو آزمایش، صفات مختلف زراعی شامل تعداد روز تا گلدهی، رسیدگی، ارتفاع، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، زیست توده، عملکرد دانه و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. با توجه به اندازه‌گیری دقیق مقدار آب آبیاری در هر دو آزمایش، بهره‌وری آب بر اساس نسبت عملکرد دانه به آب کاربردی محاسبه گردید. در کلیه صفات اندازه‌گیری شده بین لاین‌ها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. لاین‌های C111، C138، C142 و C148 در هر دو شرایط تنش آبی و آبیاری نرمال، بیشترین عملکرد دانه و بالاترین بهره‌وری مصرف آب را داشتند. لاین C123 در شرایط نرمال با عملکرد ۱۷۳۶ کیلوگرم در هکتار از لاین‌های با عملکرد بالا بود در حالی که در شرایط تنش با توجه به تولید ۲۲۴ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، بیشترین کاهش (۸۷ درصد) را نشان داد. در مقابل، لاین C122 در شرایط نرمال و تنش به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۱۴۹۳ و ۹۷۸ کیلوگرم در هکتار، کمترین کاهش (۳۵ درصد) را نشان داد. در تجزیه علیت صفات مورد بررسی، دو صفت تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه در هر دو شرایط نشان داد. با توجه به این که این دو صفت از وراثت پذیری بالایی نیز برخوردارند لذا در گزینش برای افزایش عملکرد دانه می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: لاین اینبرد، وراثت پذیری، اجزا عملکرد، تجزیه علیت

عابدینی اسفهلانی، م.، ر. فتوت، م. سلطانی نجف آبادی و ع.ر. توکلی. ۱۳۹۷. بررسی عملکرد و بهره‌وری آب در لاین‌های آفتابگردان تحت شرایط نرمال و تنش خشکی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۳۲: ۴۹-۶۰.

- ۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، و مربی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شاهرود، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: abedini1353@gmail.com
- ۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
- ۳- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
- ۴- دانشیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

مقدمه

تنش‌های محیطی یکی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار می‌روند و مقابله و یا کاهش اثر تنش‌ها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد این محصولات مد نظر قرار گرفته است. تنش خشکی به عنوان یکی از تنش‌های محیطی از عمده‌ترین چالش‌ها برای تولید موفق محصولات زراعی است. یکی از راه‌کارهای اساسی غلبه بر مشکلات ناشی از این تنش، انتخاب ارقام مقاوم و اصلاح ژنوتیپ‌های سازگار می‌باشد. مقاومت گیاهان به خشکی صفت پیچیده‌ای بوده و برآیند بسیاری از خصوصیات ظاهری و فیزیولوژیکی است. بلوم (۱۹۸۸) معتقد است آن دسته از صفات گیاهی که با مقاومت به خشکی مرتبط بوده و از این طریق می‌توانند سبب افزایش عملکرد شوند، باید اصلاح و بهینه گردند. به طور کلی ارقامی که برای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش انتخاب شده‌اند ممکن است در شرایط تنش عملکرد زیاد نداشته باشند (بلوم، ۱۹۹۶)، بنابراین بیشتر محققین گزینش در هر دو شرایط تنش و بدون تنش را توصیه می‌کنند (موسوی و همکاران، ۲۰۰۸؛ کلارک و همکاران، ۱۹۹۲؛ فرناندز، ۱۹۹۲).

آفتابگردان یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی در جهان است و روغن آن به دلیل داشتن اسیدهای چرب غیراشباع فراوان، از کیفیت بالایی برخوردار است (نظامی و همکاران، ۲۰۰۸). سطح زیر کشت این گیاه در ایران ۶۸ هزار هکتار و در جهان ۲۶۰ میلیون و ۵۰۰ هزار هکتار است. متوسط عملکرد آن در ایران ۱/۱۷ تن در هکتار و در دنیا ۱/۵۴ تن در هکتار دانه است (فانو، ۲۰۱۳).

آفتابگردان یک محصول زراعی متحمل به خشکی با نظام ریشه‌ای عمیق و گسترده است که ریشه آن در شرایط خشکی در مقایسه با گیاهان زراعی دیگر می‌تواند آب را از لایه‌های زیرین و عمیق تر خاک جذب کند (انگدی و انتز، ۲۰۰۲). نیاز آبی زراعت آفتابگردان در یک دوره رشدی در حدود ۶۰۰-۵۰۰ میلی متر بارش معادل ۶۰۰-۵۰۰ متر مکعب آب آبیاری در هر هکتار برآورد می‌شود (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹). میزان آب مصرفی آفتابگردان در مراحل اول رشد کمتر از زمانی است که گیاه رشد کامل کرده باشد و از مرحله تشکیل گل به بعد به علت بالا بودن دمای محیط، ارتفاع گیاه و پوشش گیاهی کامل، مقدار آب مصرفی بالا می‌رود.

تنش در مرحله گرده‌افشانی و پرشدن دانه‌ها سهم عمده‌ای در کاهش عملکرد دانه آفتابگردان دارد (کونور و همکاران،

۱۹۸۵؛ آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹). پانکوویچ و همکاران (۱۹۹۹) در این رابطه اظهار داشتند که کمبود رطوبت طی مرحله غنچه دهی تا پایان گلدهی بیشترین تاثیر منفی را بر عملکرد هیبریدهای آفتابگردان داشته است. جعفرزاده کنارسری و پوستینی (۱۳۷۶) طی آزمایش مشاهده نمودند که وقوع تنش در مرحله دانه‌بندی باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود ولی شدت این کاهش به اندازه مراحل گلدهی و گرده‌افشانی نیست. بروز تنش خشکی طی مرحله گلدهی باعث خشک شدن دانه‌های گرده و کلاله مادگی شده که این مسئله باعث اختلال در گرده‌افشانی توسط حشرات شده و خشک شدن کلاله‌ی مادگی باعث عدم چسبیدن دانه‌های گرده به کلاله و عدم جوانه‌زنی دانه‌های گرده بر روی کلاله می‌شود (رشدی، ۱۳۸۴).

برخی صفات نقش عمده‌ای در شکل‌گیری عملکرد در شرایط تنش خشکی دارند. الیزوندو (۱۹۹۱) پرمحصولی آفتابگردان در شرایط تنش خشکی را با صفات رشد سریع فنولوژیکی همراه با دوره رشد طولانی، ساقه‌های ضخیم در زمان گرده‌افشانی و قابلیت بالای انتقال مواد فتوسنتزی به دانه مرتبط دانسته و دسترسی به این حالت را از طریق زیست‌توده بالا در زمان رسیدگی، ارتفاع زیاد و قطر طبق بالا امکان‌پذیر دانسته است.

درویش‌زاده و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی ۶ لاین اینبرد به همراه FI آنها در شرایط نرمال و تنش خشکی در آزمایش گلدانی، پیشنهاد کردند که در شرایط تنش، صفات وزن طبق، قطر طبق، تعداد دانه در طبق و میزان کلروفیل همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه داشته است لذا این صفات می‌توانند معیارهای انتخاب خوبی باشند.

غفاری (۱۳۸۲) با ارزیابی لاین‌های اینبرد آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش خشکی نتیجه‌گیری کرد که سه صفت قطر طبق، قطر ساقه و ارتفاع بوته به دلیل همبستگی مطلوب با عملکرد دانه به عنوان معیارهای با ارزش در شناسایی ارقام متحمل به خشکی در آفتابگردان می‌باشد همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با عملکرد دانه در شرایط تنش، نشان می‌دهد که عموماً ارقام متحمل به خشکی پتانسیل عملکرد بالاتری نیز دارند.

امروزه مقدار آب مصرفی در بخش کشاورزی کشور، مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود لذا مقایسه عملکرد به ازای واحد آب مصرفی (بهره‌وری آب) بر عملکرد در واحد سطح ارجحیت دارد

هدایت الکتریکی (EC) $1/4$ دسی زمینس بر متر می‌باشد. مواد گیاهی مورد استفاده 20 لاین اینبرد فرانسوی آفتابگردان بود که از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر دریافت شده و در دو آزمایش جداگانه (نرمال و تنش) در قالب طرح بلوک‌های کامل در 3 تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک، تسطیح زمین، تهیه جوی و پشته انجام و تغذیه بر اساس نتایج آزمون خاک اعمال شد. حرکت آزمایشی شامل 4 خط به طول 5 متر، فاصله ردیف‌ها از هم 60 سانتیمتر و فاصله دو بوته بر روی ردیف 25 سانتیمتر در نظر گرفته شد. جهت اطمینان از پوشش سبز مناسب آزمایش در هر کپه تعداد 3 عدد بذر قرار داده شد و در مرحله 4 برگی، بوته‌های اضافی حذف گردید. اعمال تیمار نرمال و تنش به ترتیب براساس 100 و 50 درصد نیاز آبی بعد از استقرار بوته‌ها به صورت کم آبیاری تنظیم شده انجام شد. برآورد نیاز آبی با توجه به پارامترهای مختلف با استفاده از نرم افزار بهینه سازی و برنامه ریزی مصرف آب کشاورزی (OPTIWAT) (علیزاده و کمالی، 1387) مبتنی بر روش پنمن مانیتث فائو انجام و اندازه گیری مقدار آب آبیاری با استفاده از کنتور حجمی انجام شد. روش آبیاری در این تحقیق، آبیاری قطره‌ای سطحی به فاصله قطره‌چکان 20 سانتی‌متر و آبدهی $1/6$ لیتر در ساعت بوده و آبیاری هر 3 روز یک بار با توجه به مقدار برآورد شده انجام گردید. به منظور جلوگیری از خسارت گنجشک و سایر پرندگان، بعد از پایان آبدهی طبقه‌های آفتابگردان تا مرحله برداشت با روزنامه پوشانده شد. در طی آزمایش از خصوصیات مهم زراعی و عملکردی شامل تاریخ گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق و تعداد دانه در طبق یادداشت‌برداری شد و در نهایت برداشت از دو خط وسط هر کرت با حذف یک بوته از ابتدا و انتها انجام و وزن هزار دانه، عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت اندازه گیری و تعیین شد. با توجه به مشخص بودن میزان آب آبیاری و عملکرد ژنوتیپ‌ها، شاخص بهره‌وری آب (نسبت عملکرد دانه به آب کاربردی بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب) تعیین گردید. برای اندازه گیری صفات مربوط به ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق و تعداد دانه در طبق، از 5 بوته به طور تصادفی و تحت شرایط رقابتی در هر کرت آزمایشی، استفاده شد. در تجزیه آماری داده‌ها، بعد از آزمون فرض‌های تجزیه واریانس، تجزیه واریانس ساده و مرکب و مقایسه میانگین لاین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام شد. ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی صفات با استفاده از فرمول امیدریاضی میانگین مربعات

(توکلی، 1391). معمولاً عملکرد تحت شرایط تنش کمتر از عملکرد در شرایط مطلوب است اما بهره‌وری آب تحت شرایط تنش به مراتب بیشتر از شرایط آبیاری کامل است (اویس و همکاران، 1999 ؛ کریمی کاخکی و سپهری، 1388). در آفتابگردان بهره‌وری آب در شرایط آبیاری کامل $0/74$ (کرم و همکاران، 2007) و $0/75$ (کریمی کاخکی و سپهری، 1388) گزارش شده است ولی در هر دو گزارش، بهره‌وری آب در شرایط تنش بسته به زمان شروع آن متفاوت بوده است چنانچه تنش در مراحل قبل از گلدهی (غنچه‌دهی) و یا اوایل گلدهی رخ بدهد مقدار بهره‌وری نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش می‌یابد ولی اعمال تنش در مراحل پایانی رشد، به ویژه دانه‌بندی موجب افزایش بهره‌وری آب می‌گردد. همچنین براساس نتایج قدمی فیروزآبادی و همکاران (1394)، چنین استنباط می‌شود که علاوه بر زمان اعمال تنش، شدت تنش نیز در جهت افزایش یا کاهش بهره‌وری آب در شرایط تنش خشکی موثر می‌باشد چرا که با اعمال تنش خشکی به روش کم آبیاری تنظیم شده 55 و 75 درصد بعد از استقرار بوته‌ها، نتایج نشان داده که در تنش ملایم (75 درصد) بهره‌وری آب نسبت به شرایط نرمال (100 درصد) اندکی افزایش یافته در صورتی‌که در تنش شدید (55 درصد) بهره‌وری آب، کاهش 10 درصدی را نشان داده است.

نظر به اینکه بهره‌وری آب در بررسی ژنوتیپ‌های آفتابگردان کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این تحقیق 20 لاین فرانسوی در شرایط آب و هوایی منطقه شاهرود مورد ارزیابی قرار گرفت تا عکس‌العمل صفات مختلف فنولوژیکی، مورفولوژیکی، اجزای عملکرد و بهره‌وری آب، در شرایط آبیاری کامل و تنش آبی پیوسته مشخص شده و امکان استفاده از آنها در برنامه‌های به‌نژادی جهت تولید ارقام امیدبخش متحمل به تنش خشکی بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال 1392 در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی بسطام واقع در 3 کیلومتری شهرستان شاهرود (36 درجه و 28 دقیقه عرض شمالی، 54 درجه و 58 دقیقه طول شرقی و 1366 متر ارتفاع از سطح دریا) اجرا گردید. بر اساس آمار بلند مدت هواشناسی میانگین حداقل، متوسط و حداکثر دمای سالانه به ترتیب $8/7$ ، $14/7$ و $20/6$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و متوسط بارندگی سالیانه بلند مدت در این منطقه 152 میلی‌متر است. این ایستگاه در پهنه بندی اقلیمی جزو اقلیم‌های خشک و نیمه خشک سرد محسوب می‌شود. خاک اراضی این ایستگاه جزو خاک‌های لومی، دارای اسیدیته ($7/9$ pH) و

در شرایط تنش آبی لاین C111 با ۱۳۳۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد (جدول ۳) و لاین‌های C142، C148، C122 و C138 در رتبه‌های بعدی قرار داشته که با لاین C111 اختلاف معنی‌داری نداشتند. لاین C111 از لحاظ صفات قطر ساقه، قطر طبق، زیست توده، تعداد دانه در طبق، شاخص برداشت و بهره‌وری آب نیز در گروه برتر قرار داشت. لاین C123 برعکس لاین C111، با تولید ۲۲۴ کیلوگرم در هکتار کمترین میانگین عملکرد دانه را در شرایط تنش داشت و با کاهش ۸۷ درصدی عملکرد دانه در شرایط تنش نسبت به نرمال، به عنوان حساس‌ترین لاین نشان داد. همچنین این لاین کمترین شاخص برداشت و بهره‌وری آب را در شرایط تنش دارا بود. لاین C123 در شرایط نرمال و تنش به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۱۴۹۳ و ۹۷۸ کیلوگرم در هکتار، کمترین کاهش (۳۵ درصد) عملکرد دانه را نشان داد. همچنین مقایسه میانگین بهره‌وری آب لاین‌ها در دو شرایط رطوبتی نشان می‌دهد که لاین C122 تنها لاینی بود که میانگین بهره‌وری آب آن در شرایط تنش نسبت به نرمال افزایش داشته است.

اثر متقابل لاین در محیط (جدول ۱) فقط در مورد صفات عملکرد دانه و اجزای آن معنی‌دار شده و بیانگر عکس‌العمل متفاوت عملکرد لاین‌ها در دو شرایط می‌باشد. بطوریکه تنش خشکی در لاین‌های C123 و LR32 بیشترین تاثیر را در صفت تعداد دانه در طبق و در لاین‌های C94 و LR44 روی وزن هزاردانه داشت در حالیکه تعداد دانه در طبق در لاین‌های LR59 و C122، از تنش آبی، کمتر متاثر شد. لاین RHA266 تنها لاینی بود که وزن هزاردانه آن در شرایط تنش با نرمال برابر بود (جدول ۲ و ۳).

جدول تجزیه واریانس برآورد گردید (یزدی صمدی و همکاران، ۱۳۷۶) و برای بررسی ارتباط بین صفات، ضرایب همبستگی محاسبه و سپس تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام با در نظر گرفتن عملکرد دانه به عنوان صفت وابسته و سایر صفات به عنوان مستقل انجام شد. روابط علت و معلولی عملکرد دانه با صفات موثر بر آن با استفاده از تجزیه علیت تعیین گردید. در انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای EXCEL، MSTAT-Path و MINITAB استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف در دو شرایط رطوبتی نشان می‌دهد که اثر محیط، غیر از دو صفت تعداد روز تا گلدهی و بهره‌وری آب، بر بقیه صفات معنی‌دار بود. لاین‌ها نیز در کلیه صفات اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۱). مقایسه میانگین صفات مختلف در دو شرایط رطوبتی (جدول ۲ و ۳) بیانگر این است که در شرایط نرمال، لاین C142 با عملکرد دانه ۲۷۷۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین دانه را تولید کرد در رتبه بعدی لاین‌های C148 و C138 قرار داشتند که با لاین C142 در یک گروه قرار گرفتند. لاین C142 از لحاظ تعداد روز تا گلدهی (۵۴ روز) و رسیدگی (۸۹ روز) از لاین‌های زودرس بوده و از نظر صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، زیست توده و بهره‌وری آب نیز در شرایط نرمال بالاترین میانگین را به خود اختصاص داده است. در صورتی که لاین C41 با تولید ۵۱۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه و بهره‌وری آب را در شرایط نرمال و کمترین ارتفاع و زیست توده را در هر دو شرایط داشته است و به طور کلی ضعیف‌ترین لاین از لحاظ صفات عملکردی محسوب شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب صفات مختلف آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش آبی

میانگین مربعات				روز تا رسیدگی بوته	روز تا گلدهی	درجه آزادی	منبع تغییرات
زیست توده	قطر طبق	قطر ساقه	ارتفاع بوته				
۲۱۲۳۴۲۴۸۶*	۲۷۰*	۳۳۲*	۱۶۳۳۳*	۲۶/۱۳*	۱/۴۱	۱	محیط
۱۸۹۶۸۳۱۴	۱۶	۳۸	۲۸۳۱	۲/۵۳	۲/۱۹	۴	تکرار درون محیط
۵۸۰۳۲۲۲**	۱۷/۸۴**	۱۲/۶۲**	۷۷۸**	۱۱۷/۷۴**	۲۳/۶۰**	۱۹	لاین
۱۸۱۶۷۹۶**	۱/۴۵	۲/۵۷	۸۵	۰/۶۲	۰/۱۳	۱۹	لاین x محیط
۸۲۸۹۳۶	۱/۰۸	۱/۴۹	۶۴	۳/۹۹	۰/۷۱	۷۶	اشتباه آزمایشی
۱۶/۵۸	۸/۷۶	۸/۱۱	۷/۶۵	۲/۱۶	۱/۴۸		ضریب تغییرات(%)

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

ادامه جدول ۱

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییرات
بهره‌وری آب	شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق		
۰/۱۷۹	۴۸۰*	۱۹۰۰۳۷۰۴**	۱۰۷۴**	۲۳۷۷۸۳۰**	۱	محیط
۰/۰۳۶	۳۵/۵	۳۶۴۲۹۸	۵۰	۶۰۷۸۳	۴	تکرار درون محیط
۰/۰۷۳**	۱۶۳/۹**	۱۰۳۱۵۶۱**	۱۷۵**	۲۱۳۴۱۲**	۱۹	لاین
۰/۰۰۹**	۲۱/۹*	۲۱۴۶۶۰**	۳۰/۳۵**	۵۰۰۶۵**	۱۹	لاین × محیط
۰/۰۰۵	۱۱/۴	۷۲۵۳۱	۸/۹۸	۱۳۱۵۵	۷۶	اشتباه آزمایشی
۲۳/۲۹	۱۶/۳۶	۲۳/۴۱	۱۰/۰۵	۲۰/۸۳		ضریب تغییرات (%)

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

خواهند بود. لذا وراثت‌پذیری متفاوت صفات ارتفاع بوته و قطر ساقه در دو محیط قابل توجه می‌باشد.

وراثت‌پذیری عملکرد دانه و دو جز اصلی عملکرد (تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در شرایط نرمال نسبتاً بالا ولی در شرایط تنش متوسط بوده است. این نتایج نشان می‌دهد که عوامل ژنتیکی و محیطی هر دو بر روی این صفات تاثیر می‌گذارند. شاپانا (۱۹۷۴) و پاتااک (۱۹۷۴) به ترتیب وراثت‌پذیری عمومی عملکرد دانه را ۰/۶۹ و ۰/۵۷ و وزن هزار دانه را ۰/۳ و ۰/۶۶ گزارش کرده‌اند. وانوزی و همکاران (۱۹۹۹) میزان وراثت‌پذیری برای این صفات را تابع مواد ارزشیابی دانسته‌اند. در واقع این صفات تحت تاثیر عوامل محیطی و به خصوص آب قابل دسترس می‌باشند (گیمنز و فررز، ۱۹۸۶).

ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در دو شرایط رطوبتی در جدول ۵ ارائه شده است. دو صفت روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی با همدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند ولی با سایر صفات رابطه منفی را نشان می‌دهند لذا می‌توان نتیجه گرفت در بین لاین‌های مورد آزمایش، لاین‌های دیرگل و دیررس عملکرد پایین داشتند. ارتفاع بوته با دو صفت قطر ساقه و زیست توده همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته ولی با بقیه صفات همبستگی پایین و غیر معنی‌دار داشت. معنی‌دار بودن همبستگی ارتفاع بوته با قطر ساقه توسط صفوی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش شده است. همبستگی قطر ساقه در هر دو شرایط رطوبتی با زیست توده و عملکرد دانه قوی و معنی‌دار بوده ولی با بقیه صفات همبستگی ضعیف داشته است.

ضریب تغییرات ژنوتیپی (جدول ۴) در صفات مختلف متفاوت بوده است در برخی صفات مثل عملکرد دانه و تعداد دانه در طبق تنوع زیاد و در بعضی دیگر مثل تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی تنوع کمی وجود دارد. مسلماً هر چه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد انتخاب در آنها منجر به پاسخ به گزینش بهتری خواهد بود (فالكونر، ۱۹۸۹). بررسی وراثت‌پذیری صفات مختلف در دو شرایط محیطی (جدول ۴) نشان می‌دهد که صفات مربوط به طول دوره رویشی (گلدهی و رسیدگی) در هر دو شرایط رطوبتی از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار بود. محققان بسیاری افزایشی بودن اثر ژن را در تاریخ گلدهی ذکر کرده‌اند (راید، ۱۹۹۲؛ آلوارز و همکاران؛ ۱۹۹۲؛ ال هیتی، ۱۹۹۲) و وراثت‌پذیری این صفت را بالا و در محدوده ۶۲ تا ۹۵ درصد گزارش کرده‌اند (شاپانا، ۱۹۷۴؛ برتادی‌برگر و میلر، ۱۹۸۴؛ آلوارز و همکاران، ۱۹۹۲). وراثت‌پذیری ارتفاع بوته در دو شرایط رطوبتی متفاوت بود در شرایط نرمال وراثت‌پذیری ارتفاع بوته نسبتاً بالا بوده ولی در شرایط تنش در حد متوسط بوده است. گزارش‌ها نیز در مورد وراثت‌پذیری ارتفاع بوته متفاوت است پاتااک (۱۹۷۴) ۰/۲، شاپانا (۱۹۷۴) ۰/۹، فیک (۱۹۷۸) بین ۰/۴۱ تا ۰/۸۱ و غفاری و میرزاپور (۱۳۸۸) مقدار ۰/۸۴ را گزارش کرده است. وراثت‌پذیری صفت قطر ساقه نیز مثل ارتفاع بوته در دو شرایط رطوبتی متفاوت بود. از نظر فالكونر (۱۹۸۹) صفتی که در دو محیط مختلف اندازه‌گیری می‌شود را نباید یک صفت، بلکه باید دو صفت در نظر گرفت، زیرا مکانیسم‌های فیزیولوژیک درگیر، تا حدودی متفاوت هستند و ژن‌های لازم برای بروز صفت در دو محیط تا اندازه‌ای متفاوت

جدول ۲- میانگین صفات مختلف لاین‌های آفتابگردان در شرایط آبیاری نرمال

لاین	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	قطر طبق (سانتی‌متر)	زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	بهره‌وری آب (کیلوگرم در مترمکعب)
C41	۵۸/۷ bcd*	۱۰۰ b	۸۳ g	۱۱/۹ g	۱۰/۹ gh	۳۴۹۸ g	۳۰/۹ de	۵۱۶ g	۱۴/۶ ij	۰/۱۰ h
C46a	۵۹/۷ b	۹۵ c	۱۲۵ abc	۱۶/۷ b-e	۱۱/۵ fgh	۵۸۶۸ def	۲۹/۰ de	۱۰۵۰ efg	۱۷/۵ hi	۰/۲۲ fgh
C64	۵۷/۳ d-g	۹۲ c-f	۱۲۸ ab	۱۵/۸ de	۱۴/۰ b-e	۶۲۳۹ c-f	۲۹/۵ de	۱۵۵۹ cde	۲۴/۹ b-f	۰/۳۴ def
C76	۵۶/۷ fg	۸۹ f	۱۱۴ c-f	۱۶/۸ b-e	۱۳/۳ b-f	۵۵۵۳ ef	۲۱/۷ fg	۱۳۹۱ de	۲۴/۸ b-f	۰/۳۱ ef
C93	۵۷/۰ efg	۹۰ def	۱۲۶ abc	۱۷/۶ bcd	۸/۴ i	۷۴۱۳ b-e	۲۰/۷ g	۱۴۵۶ de	۱۹/۷ gh	۰/۳۲ ef
C94	۵۸/۳ b-e	۱۰۰ b	۱۳۰ a	۱۷/۵ bcd	۱۴/۵ a-d	۷۲۲۴ b-e	۲۱/۵ i	۷۱۴ fg	۹/۷ k	۰/۱۵ gh
C111	۵۶/۰ gh	۹۲ c-f	۱۱۷ b-e	۱۷/۶ bcd	۱۵/۴ abc	۷۷۳۳ bcd	۳۸/۴ b	۲۱۴۷ bc	۲۸/۸ abc	۰/۴۶ bcd
C122	۵۶/۷ fg	۹۱ c-f	۱۰۸ ef	۱۳/۴ fg	۱۳/۶ b-f	۴۹۵۱ fg	۳۱/۷ de	۱۴۹۳ de	۳۰/۲ a	۰/۳۲ ef
C123	۵۷/۰ efg	۹۱ def	۱۰۵ ef	۱۶/۷ b-e	۱۲/۸ d-g	۷۴۰۴ b-e	۲۶/۷ ef	۱۷۳۶ cd	۲۳/۵ d-g	۰/۳۸ cde
C134a	۵۷/۰ efg	۹۳ cde	۱۱۱ def	۱۶/۷ b-e	۱۵/۱ a-d	۷۲۲۲ b-e	۳۴/۴ bcd	۱۷۳۱ cd	۲۳/۸ c-g	۰/۳۷ de
C138	۵۸/۰ c-f	۹۴ cd	۱۳۴ a	۱۷/۹ abc	۱۳/۱ c-g	۸۸۰۸ ab	۳۲/۷ cd	۲۳۴۷ ab	۲۶/۵ a-e	۰/۵۰ abc
C142	۵۴/۳ i	۸۹ ef	۱۳۴ a	۱۹/۷ a	۱۶/۳ a	۱۰۱۸۳ a	۳۹/۲ b	۲۷۷۰ a	۲۷/۰ a-d	۰/۶۱ a
C146	۶۲/۰ a	۱۰۷ a	۱۲۵ abc	۱۵/۱ ef	۱۰/۵ h	۶۳۴۹ c-f	۲۸/۷ de	۷۴۹ fg	۱۱/۷ jk	۰/۱۴ gh
C148	۵۳/۷ i	۹۰ def	۱۱۶ b-e	۱۹/۷ a	۱۵/۴ abc	۸۱۰۸ bc	۳۷/۷ bc	۲۳۷۱ ab	۲۹/۳ ab	۰/۵۲ ab
LR19	۵۴/۳ i	۹۱ c-f	۱۰۴ ef	۱۷/۱ b-e	۱۴/۸ a-d	۶۳۶۳ c-f	۳۹/۶ b	۱۶۱۹ cde	۲۵/۳ b-f	۰/۳۵ def
LR29	۵۸/۷ bcd	۹۳ cde	۱۰۸ ef	۱۵/۷ de	۱۲/۱ e-h	۴۹۷۰ fg	۳۱/۸ de	۱۲۲۷ def	۲۴/۷ c-f	۰/۲۶ efg
LR32	۵۶/۰ gh	۹۳ cde	۱۲۲ a-d	۱۸/۵ ab	۱۵/۶ ab	۷۱۵۶ b-e	۴۶/۴ a	۱۷۰۶ cd	۲۳/۷ c-g	۰/۳۶ de
LR44	۵۶/۳ gh	۹۱ def	۱۰۳ f	۱۸/۳ ab	۱۴/۸ a-d	۶۷۹۵ c-f	۳۰/۰ de	۱۵۳۳ de	۲۲/۷ efg	۰/۳۳ def
LR59	۵۹/۰ bc	۹۲ c-f	۱۲۳ a-d	۱۵/۴ e	۱۳/۵ a-f	۶۴۱۴ c-f	۳۴/۴ bcd	۱۳۹۱ de	۲۱/۵ fg	۰/۳۰ ef
RHA266	۵۵/۰ hi	۸۹ f	۱۰۷ ef	۱۶/۰ cde	۱۱/۷ fgh	۶۲۸۴ c-f	۲۶/۲ ef	۱۴۶۵ de	۲۳/۴ d-g	۰/۳۲ ef

* میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند ($\alpha=0/05$)

جدول ۳- میانگین صفات مختلف لاین‌های آفتابگردان در شرایط تنش آبی

لاین	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	قطر طبق (سانتی‌متر)	زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	بهره‌وری آب (کیلوگرم در مترمکعب)
C41	۵۸/۰ bcd*	۹۸ b	۶۹ h	۱۰/۶ e	۸/۷ fg	۲۷۰۴ c	۱۳۶ g	۳۰/۷ b	۲۹۶ gh	۱۱/۰ efg	۰/۱۰ h
C46a	۵۹/۳ b	۹۴ c	۱۱۱ a	۱۴/۸ abc	۱۰/۶ b-e	۳۷۸۲ abc	۳۲۷ def	۲۴/۷ cd	۵۶۵ e-h	۱۱/۷ b-f	۰/۱۹ fgh
C64	۵۷/۳ cde	۹۱ def	۱۰۹ ab	۱۳/۲ a-e	۱۱/۶ abc	۴۰۷۹ abc	۳۵۷ c-f	۲۸/۸ bc	۷۲۸ def	۱۷/۳ b-e	۰/۲۵ d-g
C76	۵۶/۳ efg	۸۷ g	۸۸ d-g	۱۱/۹ de	۱۱/۱ a-d	۳۳۲۵ bc	۶۴۸ a	۱۷/۴ e	۷۹۳ c-f	۲۳/۳ ab	۰/۲۸ c-f
C93	۵۷/۰ cde	۸۹ d-g	۱۰۵ a-d	۱۳/۲ a-e	۸/۶ h	۳۶۲۴ abc	۵۰۶ a-d	۱۸/۹ e	۶۷۰ def	۱۸/۳ a-e	۰/۲۳ d-g
C94	۵۸/۳ bc	۹۸ b	۹۷ a-f	۱۲/۴ cde	۹/۷ d-g	۳۵۷۰ abc	۱۳۶ g	۲۹/۴ bc	۲۶۸ h	۹/۰ fg	۰/۰۹ h
C111	۵۵/۳ fgh	۹۱ c-f	۹۳ b-f	۱۴/۱ a-d	۱۲/۱ ab	۵۰۶۱ a	۶۴۱ a	۲۹/۴ bc	۱۳۳۵ a	۲۶/۰ a	۰/۴۵ a
C122	۵۶/۳ efg	۹۰ d-g	۹۴ a-f	۱۲/۵ cde	۱۰/۹ bcd	۴۱۷۰ abc	۵۵۴ abc	۲۵/۶ bcd	۹۷۸ a-d	۲۵/۷ a	۰/۳۳ a-d
C123	۵۶/۷ def	۹۰ d-g	۷۲ gh	۱۲/۹ a-e	۸/۹ fg	۳۵۸۹ abc	۱۳۱ g	۲۵/۱ bcd	۲۲۴ h	۶/۷ g	۰/۰۸ h
C134a	۵۷/۰ cde	۹۳ cd	۸۷ d-g	۱۲/۷ b-e	۱۱/۶ abc	۴۲۶۵ abc	۴۳۶ b-e	۲۶/۸ bc	۸۱۹ c-f	۱۹/۳ a-d	۰/۲۸ c-f
C138	۵۷/۰ cde	۹۲ cde	۹۸ a-e	۱۴/۲ a-d	۹/۲ efg	۴۸۰۷ ab	۴۷۶ a-d	۲۹/۵ bc	۹۷۳ a-d	۲۱/۷ abc	۰/۳۳ a-e
C142	۵۴/۳ hi	۸۹ efg	۱۰۶ abc	۱۴/۳ a-d	۱۲/۶ a	۵۲۰۶ a	۶۳۷ a	۲۸/۳ bc	۱۲۶۹ ab	۲۴/۳ ab	۰/۴۴ ab
C146	۶۲/۰ a	۱۰۶ a	۹۳ b-f	۱۲/۲ cde	۸/۳ g	۴۴۲۴ ab	۲۴۲ efg	۲۶/۹ bc	۴۴۸ fgh	۱۱/۷ d-g	۰/۱۴ gh
C148	۵۳/۷ i	۸۹ d-g	۹۷ a-f	۱۵/۵ a	۱۱/۳ abc	۴۴۱۹ ab	۵۸۶ ab	۲۷/۵ bc	۱۱۴۳ abc	۲۶/۰ a	۰/۳۹ abc
LR19	۵۴/۳ hi	۹۰ d-g	۹۳ b-f	۱۵/۲ ab	۱۱/۷ ab	۴۴۲۲ ab	۴۲۳ b-e	۳۰/۴ bc	۹۳۸ b-e	۲۱/۰ abc	۰/۳۲ b-f
LR29	۵۸/۳ bc	۹۲ cde	۸۰ fgh	۱۳/۳ a-d	۹/۰ efg	۳۲۶۲ bc	۳۵۲ c-f	۲۶/۵ bc	۶۶۰ d-g	۲۰/۳ abc	۰/۲۲ d-g
LR32	۵۶/۰ efg	۹۳ cd	۸۹ c-f	۱۴/۸ abc	۱۱/۵ abc	۴۲۸۴ abc	۲۱۹ fg	۳۷/۴ a	۵۷۹ e-h	۱۳/۷ c-g	۰/۱۹ e-h
LR44	۵۶/۰ efg	۹۰ d-g	۸۳ e-h	۱۳/۴ a-d	۱۱/۷ ab	۳۷۳۳ abc	۴۸۷ a-d	۲۰/۷ de	۷۲۶ def	۱۹/۷ a-d	۰/۲۵ d-g
LR59	۵۹/۰ b	۹۲ c-f	۱۰۲ a-d	۱۳/۲ a-e	۱۰/۰ c-f	۴۸۱۶ ab	۴۸۰ a-d	۲۶/۶ bc	۸۶۶ cde	۲۰/۷ abc	۰/۲۹ c-f
RHA266	۵۵/۰ ghi	۸۸ fg	۹۲ b-f	۱۳/۲ a-e	۹/۶ d-g	۳۷۸۵ abc	۴۱۹ b-e	۲۶/۲ bc	۷۷۵ c-f	۲۰/۰ abc	۰/۲۷ c-g

* میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. ($\alpha=0/05$)

جدول ۴- ضریب تغییرات فنوتیپی، ژنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات مختلف آفتابگردان در شرایط نرمال و تنش آبی

شاخص بهره‌وری آب	شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	زیست توده	قطر طبق	قطر ساقه	ارتفاع بوته	روز تا رسیدگی	روز تا گلدهی	نرمال	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)
۴۰/۵۷	۲۵/۳۵	۴۰/۳۶	۲۲/۶۸	۳۸/۰۹	۲۴/۷۶	۱۶/۹۱	۱۲/۴۹	۱۱/۹۱	۵/۲۸	۳/۷۳	نرمال	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)
۴۶/۳۵	۳۵/۷۱	۴۶/۳۴	۱۸/۵۹	۴۶/۳۲	۲۲/۹۴	۱۶/۱۵	۱۲/۲۶	۱۴/۵۰	۴/۹۴	۳/۶۶	تنش	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)
۳۴/۹۳	۲۳/۴۶	۳۴/۴۹	۲۰/۶۷	۳۳/۶۴	۱۹/۹۵	۱۴/۳۳	۱۰/۷۹	۱۰/۳۸	۴/۷۷	۳/۴۱	نرمال	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)
۳۷/۸۴	۲۷/۴۷	۳۸/۰۴	۱۵/۰۷	۳۸/۵۷	۱۰/۶۱	۱۳/۹۱	۶/۷۷	۱۰/۷۴	۴/۵۰	۳/۳۶	تنش	ضریب تغییرات فنوتیپی (درصد)
۷۴/۱۴	۸۵/۶۶	۷۳/۰۱	۸۳/۰۱	۷۷/۹۹	۶۴/۹۰	۷۱/۸۵	۷۴/۵۶	۷۵/۹۶	۸۱/۶۴	۸۳/۸۱	نرمال	وراثت‌پذیری (درصد)
۶۶/۶۷	۵۹/۱۷	۶۷/۳۹	۶۵/۷۰	۶۹/۳۳	۲۱/۳۹	۷۴/۱۶	۳۰/۴۸	۵۴/۸۶	۸۲/۸۰	۸۴/۳۳	تنش	وراثت‌پذیری (درصد)

رابطه قطر طبق با صفات مختلف از نظر ضریب همبستگی متفاوت بوده است، در هر دو شرایط، ضریب همبستگی قطر طبق با عملکرد دانه معنی‌دار بوده در صورتیکه با صفت تعداد دانه در طبق در شرایط نرمال غیر معنی‌دار ($F=0/12$) ولی در شرایط تنش معنی‌دار ($F=0/45$) شده است. رابطه قطر طبق با وزن هزاردانه در دو شرایط محیطی، برعکس رابطه آن با تعداد دانه در طبق بوده به عبارتی همبستگی آن دو، در شرایط نرمال بالا و معنی‌دار ($F=0/72$) ولی در شرایط تنش پایین و غیر معنی‌دار ($F=0/33$) بوده است (جدول ۵).

رابطه خطی دو صفت تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش آبی به شرح زیر بدست آمد:

$$Y = -1648/40 + 2/37 X_1 + 47/40 X_2 \quad \text{نرمال:}$$

$$Y = -882/40 + 1/96 X_1 + 31/10 X_2 \quad \text{تنش:}$$

در این فرمول‌ها: Y : عملکرد دانه، X_1 تعداد دانه در طبق و X_2 وزن هزاردانه هستند.

نتایج تجزیه علیت (جدول ۷) عملکرد دانه با صفات باقی مانده در مدل رگرسیونی گام به گام نشان می‌دهد که در هر دو شرایط تعداد دانه در طبق بیشترین تاثیر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته است و هر دو صفت از طریق همدیگر بر روی عملکرد دانه به صورت غیر مستقیم تاثیر منفی داشته است. این امر نشان می‌دهد که با بالا رفتن تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه کاهش می‌یابد که منطقی و معقول به نظر می‌رسد. مطالعه مارینکوویچ (۱۹۹۲) و راضی و آساد (۱۹۹۹) نشان دهنده نقش موثر وزن هزار دانه و تعداد دانه پر است. پورداد و امیری (۱۳۷۷) در مطالعه خود به اثرات مستقیم قطر ساقه، وزن هزاردانه، قطر طبق و تعداد دانه در طبق اشاره نموده‌اند و ویسیک (۱۹۹۸) نیز با استفاده از تجزیه علیت اثر مثبت و مستقیم ارتفاع بوته، قطر طبق، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی را بر عملکرد دانه آفتابگردان تحت شرایط نرمال گزارش کرده است. در تحقیقات زینلزاده تبریزی و غفاری (۱۳۸۸) نیز نقش تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه پررنگ‌تر بوده است. مقدسی و همکاران (۱۳۹۳) و ضابط و همکاران (۱۳۹۴) تعداد دانه در طبق را موثرترین صفت در عملکرد دانه گزارش کرده است.

اگر چه ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و وزن هزاردانه در هر دو شرایط رطوبتی پایین و غیرمعنی‌دار بود (جدول ۵) اما در تجزیه علیت مشخص شد که وزن هزار دانه دارای اثر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه داشته ولی به علت اثرات غیرمستقیم منفی

ضریب همبستگی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق در هر دو شرایط رطوبتی منفی بود لذا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با افزایش تعداد دانه در طبق، وزن دانه کم می‌شود. این یافته با گزارش ارشد و همکاران (۲۰۱۰) و ضابط و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون گام به گام (جدول ۶) عملکرد به عنوان صفت وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل، نشان می‌دهد که در هر دو شرایط دو صفت تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه وارد مدل شده است. این دو صفت در شرایط نرمال به ترتیب ۶۴/۳۱ و ۲۹/۷۶ درصد و در شرایط تنش ۸۰/۶۷ و ۱۶/۳۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌نمود. در گزارشات زینلزاده تبریزی و غفاری (۱۳۸۸) و غفاری (۱۳۸۲) بر اساس تجزیه رگرسیون گام به گام در معادله نهایی، این دو صفت بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه داشته است. در مطالعه ضابط و همکاران (۱۳۹۴)، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، قطر طبق و طول دم‌برگ تاثیرگذارترین صفات بر عملکرد دانه در دو شرایط نرمال و تنش خشکی گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی اعمال تنش آبی در ۲۰ لاین مورد مطالعه، به جز تعداد روز تا گلدهی و بهره‌وری آب سبب کاهش همه صفات فنولوژیکی، موفولوژیکی و عملکردی شد. در بین صفات مورد مطالعه دو صفت تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه با توجه به اثر مستقیم‌شان بر عملکرد دانه در هر دو شرایط و وراثت‌پذیری بالا، می‌توانند در انتخاب لاین‌های متحمل مورد استفاده قرار گیرند. البته نقش تعداد دانه در طبق بیشتر از وزن هزاردانه بود. با ملاحظه وجود همبستگی منفی بین این دو صفت، گزینش نهایی بایستی با در نظر گرفتن حد مطلوبی از آنها صورت پذیرد.

که این صفت از طریق تعداد دانه در طبق روی عملکرد دانه اعمال می‌کند در نهایت با عملکرد دانه همبستگی غیر معنی دار نشان می‌دهد، این نتیجه‌گیری با گزارش پورداد و امیری (۱۳۷۷) مطابقت دارد. در بررسی زینل‌زاده تبریزی و غفاری (۱۳۸۸) وزن هزاردانه با عملکرد، همبستگی منفی نشان داده که در نظر اول غیر منطقی می‌نماید ولی در تجزیه علیت مشخص شده که این امر به دلیل تاثیر منفی تعداد دانه در طبق روی وزن هزاردانه می‌باشد که به عنوان اثر غیر مستقیم تعداد دانه در طبق از طریق وزن هزاردانه توجیه می‌شود.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در شرایط نرمال (بالای قطر) و تنش آبی (پایین قطر)

شاخص بهره‌وری آب	شاخص برداشت	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در طبق	زیست توده	قطر طبق	قطر ساقه	ارتفاع بوته	روز تا رسیدگی	روز تا گلدهی	
-۰/۷۱**	-۰/۶۹**	-۰/۶۹**	-۰/۲۵	-۰/۵۵*	-۰/۴۱	-۰/۵۷**	-۰/۵۴*	۰/۱۲	۰/۷۸**	۱	روز تا گلدهی
-۰/۶۷**	-۰/۷۸**	-۰/۶۴**	۰/۱۷	۰/۷۶**	-۰/۲۹	-۰/۳۱	-۰/۴۳	۰/۰۳	۱	۰/۷۹**	روز تا رسیدگی
۰/۳۳	-۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۲۱	۰/۲۵	۰/۶۶**	۰/۱۳	۰/۵۴*	۱	-۰/۱۲	-۰/۰۳	ارتفاع بوته
۰/۷۰**	۰/۳۱	۰/۶۹**	۰/۳۴	۰/۵۲*	۰/۸۵**	۰/۵۱*	۱	۰/۴۸*	-۰/۳۸	-۰/۴۹*	قطر ساقه
۰/۵۸**	۰/۴۹*	۰/۵۸**	۰/۷۲**	۰/۱۲	۰/۴۵*	۱	۰/۴۴*	۰/۱۹	-۰/۳۶	-۰/۵۹**	قطر طبق
۰/۷۸**	۰/۲۹	۰/۷۹**	۰/۳۳	۰/۵۹**	۱	۰/۴۸*	۰/۵۹**	۰/۵۳*	-۰/۰۹	-۰/۲۶	زیست توده
۰/۸۱**	۰/۷۱**	۰/۸۰**	-۰/۳۷	۱	۰/۵۰*	۰/۴۵*	۰/۳۳	۰/۴۰	۰/۶۳**	-۰/۵۵*	تعداد دانه در طبق
۰/۱۹	۰/۰۱	۰/۲۱	۱	-۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۹	-۰/۰۴	۰/۳۳	-۰/۰۸	وزن هزار دانه
۱/۰۰**	۰/۸۰**	۱	۰/۰۱	۰/۹۰**	۰/۷۳**	۰/۵۹**	۰/۵۳**	۰/۴۲	-۰/۵۳*	-۰/۶۳**	عملکرد دانه
۰/۸۰**	۱	۰/۹۳**	-۰/۲۰	۰/۹۴**	۰/۵۰*	۰/۵۰*	۰/۴۱	۰/۳۷*	-۰/۶۰**	-۰/۵۷**	شاخص برداشت
۱	۰/۹۴**	۱/۰۰**	۰/۰۱	۰/۹۰**	۰/۷۱**	۰/۶۰**	۰/۵۳*	۰/۴۲	-۰/۵۵*	-۰/۶۵**	شاخص بهره‌وری آب

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

جدول ۶ - تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه (صفت وابسته) و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل

شرایط محیطی	صفات	عرض از میدا	ضرایب رگرسیونی برای صفات	
			۱	۲
نرمال	تعداد دانه در طبق	۲۵۸/۸۰	۱/۸۷	۶۴/۳۱**
	وزن هزاردانه	-۱۶۴۸/۴۰	۲/۳۷	۹۴/۱۰**
تنش	تعداد دانه در طبق	۸۱/۸۸	۱/۶۴	۸۰/۶۷**
	وزن هزاردانه	-۸۸۲/۴۱	۱/۹۶	۹۷/۰۶**

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

جدول ۷- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه با صفات باقی مانده در مدل رگرسیونی گام به گام

شرایط محیطی	نام صفت	اثر مستقیم	اثر غیر مستقیم از طریق		اثر کل (مجموع همبستگی با عملکرد)
			تعداد دانه در طبق	وزن هزاردانه	
نرمال	تعداد دانه در طبق	۱/۰۱۶	-۰/۳۷۷		۰/۸۰۰
	وزن هزاردانه	۰/۵۸۶		-۰/۲۱۷	۰/۲۰۹
تنش	تعداد دانه در طبق	۱/۰۷۶	-۰/۱۷۷		۰/۸۹۹
	وزن هزاردانه	۰/۴۴۰		-۰/۴۳۱	۰/۰۰۹

منابع

- آبیاری، ه. و ف. شکاری. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی، زراعت و فیزیولوژی. انتشارات عمیدی تبریز. ۱۸۲ صفحه.
- پورداد، س. س. و ع. امیری. ۱۳۷۷. بررسی اثر صفات زراعی بر عملکرد دانه ارقام آفتابگردان دیم از طریق تجزیه علیت. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۳-۹ شهریور ۱۳۷۷. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. کرج. ص ۵۴.
- توکلی، ع. ر. ۱۳۹۱. بررسی ضرایب همبستگی صفات، تجزیه علیت و شاخص‌های تحمل به خشکی در گندم. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۱): ۱۹۸-۲۰۶.
- جعفرزاده کنارسری، م. و ک. پوستینی. ۱۳۷۶. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر برخی از ویژگی‌های مرفولوژیکی و اجزای عملکرد آفتابگردان (رقم رکورد). مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۹(۲): ۳۵۳-۳۶۱.
- رشدی، م. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش کم آبی بر جنبه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام روغنی آفتابگردان. رساله دکتری تخصصی رشته زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- زینل‌زاده تبریزی، ح. و م. غفاری. ۱۳۸۸. تجزیه رگرسیونی و علیت عملکرد دانه و روغن هیبریدهای سینگل کراس آفتابگردان *Helianthus annuus L.* مجله پژوهش در علوم زراعی. ۲(۶): ۵۴-۴۱.
- صفوی، ا. س. س. پورداد و م. جمشیدمقدم. ۱۳۹۰. شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*). نهال و بذر. ۲۷(۲): ۱۴۸-۱۲۹.
- ضابط، م. ع. صمدزاده و ع. شورورزی. ۱۳۹۴. گزینش مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد آفتابگردان در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش در منطقه بیرجند. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۸(۱): ۲۳۱-۲۱۷.
- علی‌زاده، ا. و غ. کمالی. ۱۳۸۷. نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد. ۲۲۷ صفحه.
- غفاری، م. ۱۳۸۲. بکارگیری تجزیه به مولفه‌های اصلی برای انتخاب برترین هیبریدهای سه جانبه در آفتابگردان. نهال و بذر. ۱۹(۴): ۵۲۷-۵۱۳.
- غفاری، م. و م. میرزاپور. ۱۳۸۸. خصوصیات زراعی و وراثت پذیری صفات در توده‌های آجیلی آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*). پژوهش در علوم زراعی. ۱(۳): ۱۰۶-۹۵.
- قدمی فیروزآبادی، ع. ع. شاهنظری، م. رائینی سرجاز و ح. زارع ایبانه. ۱۳۹۴. اثر کم‌آبیاری تنظیم شده و کم‌آبیاری ناقص ریشه بر عملکرد، فلورسانس کلروفیل و پارامترهای رشد آفتابگردان. پژوهش آب در کشاورزی. ۲۹(۲): ۱۶۷-۱۵۷.
- کریمی کاخکی، م. و ع. سپهری. ۱۳۸۸. اثر کم‌آبیاری در دوره زایشی بر کارایی مصرف آب و تحمل خشکی ارقام جدید آفتابگردان. نشریه علوم آب و خاک. ۱۳(۵۰): ۱۷۶-۱۶۳.
- مقدس، م. ح. مظاهری لقب و م. کاکایی. ۱۳۹۳. ارزیابی ژنوتیپ‌های روغنی آفتابگردان (*Helianthus annuus L.*) بر اساس صفات مختلف و روابط بین آنها. نهال و بذر. ۳۰(۳): ۶۰۴-۵۸۵.
- یزدی صمدی، ب. ع. رضایی و م. ولیزاده. ۱۳۷۶. طرح‌های آماری در پژوهش‌های کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران. ۷۶۳ صفحه.
- Alvarez, D., P. Luduena. and E. Frutos. 1992. Variability and genetic advance in sunflower. In: Proc. of the 13th Int. Sunflower Conf. Italy: 963- 968.
- Angadi, S. V. and M. H. Entz. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. Agron. J. 94: 136-145.
- Arshad, M., M. Ayubkhan, S. A. Jadoon and A. S. Mohammad. 2010. Factor analysis in sunflower (*Helianthus annuus L.*) to investigate desirable hybrids. Pak. J. Bot. 42(6): 4393-4402.

- Berretta de Berger, A. and J. F. Miller. 1984. Genetic study of two sources of reduced height in sunflower. In: Proc. of the 6th Sunflower Research Workshop. Bismarck: 11- 12.
- Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environment. CRC press, Boca Rotan, FL. 38-78.
- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regul. 20: 135 - 148.
- Clarke, J. M., R. M. DePauw and T. F. Townley Smith. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Sci. 32: 723-728.
- Connor, D.J., T. R. Jones and J. A. Palta. 1985. Response of sunflower to strategies of irrigation. I. Growth, yield and the efficiency of water-use. Field Crops Res. 10: 15-26.
- Darvishzadeh, R., H. Hatami-Maleki, and A. Sarrafi. 2011. Path analysis of the relationships between yield and some related traits in diallel population of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Aust. J. Crop Sci. 5: 674-680.
- El-Hity, M. A. 1992. Genetical analysis of some agronomic characters in sunflower. In: Proc. of the 13th Int. Sunflower Conf. Italy: 1118- 1128.
- Elizondo, J. 1991. A factor analysis of plant variables related to yield in sunflower under water stress conditions. Hellia 14: 55-64.
- Falconer, D. S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. (3 rd edition) Longman. New York. 415 pp.
- FAO. 2013. FAO statistical yearbook. Retrieved July 7, 2013, from <http://www.faostat.fao.org> [2013-07-07].
- Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In Kuo, C. G. (Ed), Proceeding of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua Taiwan, Publ. No. 93-410, 257-270.
- Fick, G. N. 1978. Breeding and genetics In: J.F. Carter (ed.). Sunflower Science and Technology. A. S. A: 279- 338.
- Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat .I: grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
- Gimenez, C. and E. Ferers. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought. II. Growth and water relations. Aust. J. Agric. Res. 37: 573-582.
- Karam, F., R. Lahoud, R. Masaad, R. Kabalan, J. Breidi, C. Chalita and Y. Roupheal. 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agric. Water Manage. 90: 213–223.
- Marinkovic, R., 1992. Path Coefficient analysis of some yield components of sunflower. Euphytica. 60: 201- 205.
- Moosavi, S. S., B. Yazdi Samadi, M. R. Naghavi, A. A. Zali, H. Dashti and A. Pourshahbazi. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert. 12: 165-178.
- Nezami, A., H. R. Khazaei, Z. Boroumand Rezazadeh and A. Hossini. 2008. Effect of drought stress and defoliation on sunflower (*Helianthus annuus*) in controlled conditions. Desert 12: 99-104.
- Oweis, T., A. Hachum and J. Kijne. 1999. Water Harvesting and Supplemental Irrigation for Improved Water Use Efficiency in Dry Areas. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Pankovic, D., Z. Sakac, K. Kevresan and M. Plesnicar. 1999. Acclimation to long-term water deficit in the leaves of two sunflower hybrids: photosynthesis, electron transport and carbon metabolism. J.Exp. Bot. 50: 127-138.
- Pathak, R. S. 1974. Yield components in sunflower, *Helianthus annuus*: First report. Plant Dis. Rep. 55: 1124-1125.
- Razi, H. and M. T. Assad .1999. Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. Euphytica. 105: 83 – 90
- Reid, R. J. 1992. Combining ability of sunflower inbred lines derived from the United States and Argentina. M.Sc. Thesis. North Dakota State University. 101 Pp.
- Shabana, R. 1974. Genetic variability of sunflower varieties and inbred lines. In: Proc. of the 6th Int. Sunflower Conf. Bucharest, Romania. Pp: 263-269.
- Stone, L. R., A. J. Schlege, R. E. Gwin and A. H. Khan. 1996. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the high plains of Kansas. Agric. Water Manage. 30: 251–259.
- Vannozi, G. P., M. Baldini and D. Gomez-Sanchez. 1999. Agronomic traits useful in sunflower breeding for drought resistance. Hellia. 22 (30): 97- 124.
- Visic, M., 1998. Correlation and path coefficient analysis between length of the growing stages and seed yield with sunflower hybrids. Savremena Poljopriverda, 36(5-6): 221-227.

Study of yield and water productivity in inbred lines of sunflower under optimum and water stress conditions

M. Abedini Esfahlani¹, R. Fotovat², M. Soltani Najafabadi³, A. Tavakoli⁴

Received: 2016-3-1 Accepted: 2016-5-25

Abstract

Regarding to demands of country edible oil as well as increasing deficiency of water for agriculture, understanding and evaluating the sunflower growth and yield traits, especially in relation to drought stress can have important effect on yield increase. To evaluate sunflower inbred lines under optimum and water stress conditions, two separate experiments was conducted at Agricultural Research Station of Bastam (Shahrood). In each experiment, 20 French inbred lines in a randomized complete blocks design with three replications were evaluated. Irrigation of optimum and stress experiment was 100% and 50% of water requirement based on FAO-Penman–Monteith equation, respectively. During the growing period, agronomic traits including the number of days to flowering, maturity, plant height, stem diameter, head diameter, number of grains per head, biomass, grain yield and 1000 grain weight were measured. Due to the precise measurement of the amount of water in both experiments, water productivity was calculated by ratio of grain yield to used water. According to the results, there was a significant difference between lines in all traits. Lines C111, C138, C142 and C148 had the highest grain yield and water productivity in both moisture conditions. Line C123 showed maximum grain yield reduction (87%), with 1736 and 224 kg ha^{-1} grain yield under optimum and water stress conditions, respectively. In contrast, line C122 showed minimum grain yield reduction (35%), with 1493 and 978 kg ha^{-1} grain yield under optimum and water stress conditions, respectively. In the path analysis of traits, two traits, grain number per head and 1000 grain weight showed most direct effect on grain yield in both conditions. Due to high heritability of these two traits, we can use them in selection for grain yield increase.

Keywords: Inbred lines, heritability, yield components, path analysis

1- PhD Candidate of Plant Breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, University of Zanjan and Instructor of Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Semnan Province (Shahrood), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shahrood, Iran

2- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

3- Assistant professor Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

4- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran