Archive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۴، تابستان ۱۳۹۸ / صفحات: ۴۹-۳۲

ارزیابی پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی ارقام گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

محمد امینی[۱]، حسین عجم نوروزی*[۲]، ابوالفضل فرجی[۳] و بهرام مجدنصیری[٤]

[۱]گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد علوم و تحقیقات گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

[۲]گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران

[۳]گروه زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

[٤]گروه زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۵

چکیده

برای تعیین نیاز آبی ارقام گیاه آفتابگردان آزمایشی در سال ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ با استفاده از طرح اسپیلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٤ تکرار در ایستگاه زراعی اردستان اصفهان اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی عبارت بودند از: ۳ رژیم آبیاری D_1، D_2 و D_3 به‌ترتیب آبیاری پس از ٦۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و پنج رقم ارقام آفتابگردان آذرگل، پروگرس، گابور،هایسان ۲۵ وهایسان ۳٦. نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، ارقام آذرگل و پروگرس دارای بیشترین میزان دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه، قطر ساقه و قطر طبق بودند. در شرایط تنش کمبود آب شدید ارقام پروگرس و گابور برتری محسوسی داشتند به‌طوری که رقم پروگرس بیشترین میزان دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه، قطر ساقه و رقم گابور بیشترین میزان غنچه‌دهی، گلدهی و قطر ساقه را داشتند. در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک در شرایط بدون تنش و تنش ملایم مشاهده شد که در ارقام پروگرس و گابور میزان کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها، کلروفیل کل و فتوسنتز خالص در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید نیز ارقام پروگرس و گابور در محتوای کلروفیل a، b و کلروفیل کل بر دیگر ارقام مورد بررسی برتری داشتند. در بررسی محتوای پرولین برگی نتایج نشان داد که با افزایش شدت تنش محتوای پرولین برگی به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. در بین ارقام مورد بررسی در شرایط تنش شدید، محتوای پرولین برگی در ارقام پروگرس و گابور نسبت به سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که ارقام آذرگل، گابور و پروگرس تحمل بیشتری نسبت به تنش کم‌آبی در مقایسه با ارقام‌هایسان ۲۵ وهایسان ۳٦ دارد.

واژه‌های کلیدی: ارقام متحمل، تنش خشکی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، فتوسنتز خالص

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گیاهی است از خانواده مرکبه و به‌عنوان چهارمین گیاه دانه روغنی جهان مطرح است. این گیاه به علت سیستم ریشه‌ای توسعه یافته، کارایی بالایی در استخراج آب از خاک دارد، مشروط بر آنکه خاک عمیق بوده و ساختمان خاک محدود کننده توسعه ریشه نباشد (Nadeem et al., 2002). از مهمترین مصارف اصلی این گیاه

*نویسنده مسئول: ajamnorozei@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

می‌توان به روغن آفتابگردان اشاره کرد که علاوه بر مصرف تغذیه‌ای از آن در تهیه صابون، رنگ‌های پرکیفیت و لوازم آرایشی استفاده می‌شود (Nadeem et al., 2002). به‌دلیل اینکه بیشترین سطح زیرکشت گیاه آفتابگردان به زراعت دیم اختصاص دارد لذا شناخت رقم یا ارقامی با عملکرد بالا و با حداقل آب مصرفی ضروری است.

با توجه به منابع محدود آب و توزیع نامناسب و پراکنده نزولات آسمانی و محدود در ایران، استفاده بهینه از آب در کشاورزی کاملاً باید مورد توجه قرار گیرد تا ضمن تأمین غذای مورد نیاز، بیش ترین کارایی و بهره‌وری از آب به عمل آید تا در مناطق بدون محدودیت زمین، افزایش بهره‌وری باعث افزایش سطح زیرکشت و در نهایت منجر به تولید بیشتر محصولات کشاورزی شود (Ghaffari et al., 2012). کم آبیاری یکی از راه کارهای مصرف بهینه آب است که طی آن مقداری تنش آبی در طول فصل رشد اعمال می‌گردد. هدف اصلی در کم آبیاری عمدتاً افزایش کارایی مصرف آب با کاهش نیاز آبیاری گیاه و حذف آن قسمت از آب آبیاری است که تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد ندارد (Javaid et al., 2015). مطالعات مختلف نشان داده است که در زمین‌های کشت آفتابگردان کمبود رطوبت در خاک از مهمترین عوامل محدود کننده به شمار می‌آید و رطوبت کافی عامل مهمی برای افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه محسوب می‌شود (Roche et al., 2009). پاسخ گیاهان زراعی نسبت به کمبود آب قابل دسترس به مرحله رشد و شدت تنش وابسته است (Baloglu et al., 2012). تنش رطوبتی علاوه بر این که بر صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، قطر طبق، سطح برگ و صفات عملکردی مانند وزن هزار دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در طبق و وزن خشک گیاه تأثیر منفی شدید دارد، بر صفات فیزیولوژیک و فتوسنتزی نیز موثر است، به طوری که با کاهش معنی‌دار فتوسنتز منجر به کاهش ماده خشک گیاه می‌گردد (Ghaffari et al., 2012). با توجه به ارتباط مستقیم میزان فتوسنتز و تولید محصول در گیاهان، کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی منجر به کاهش معنی‌دار تولید محصول در گیاهان می‌شود (Reddy et al., 2003; Kiani et al., 2008; Armand et al., 2015). کاهش فتوسنتز در شرایط تنش آبی از یک طرف می‌تواند به علت بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود CO_2 به سلول‌های مزوفیل و از سوی دیگر کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها باشد (Rahbarian et al., 2011; Ganjeali et al., 2011). جلوگیری از سنتز کلروفیل و کاهش مقدار پروتئین متصل شونده به کلروفیل در شرایط تنش خشکی، موجب کاهش میزان دریافت نور خورشید از طریق کمپلکس جمع کننده نور و در نهایت کاهش فتوسنتز می‌گردد (Karimi et al., 2015; Hosseinzadeh et al., 2016). در یک مطالعه بر روی آفتابگردان گزارش شد که رژیم‌های آبیاری بیشتر از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌عنوان تنش کم‌آبی محسوب شده و منجر به کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در مقایسه با شرایط بدون تنش شد (Khamari et al., 2007). در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک نتایج (Nagarathna et al., 2012) نشان داد که تنش کم‌آبی منجر به کاهش محتوای آب نسبی برگ، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کارایی مصرف آب، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد محصول و فتوسنتز خالص شد که دلیل اصلی کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام آفتابگردان بود.

یکی از مهمترین تغییرات فیزیولوژیک گیاهان در واکنش به کاهش رطوبت در خاک، تنظیم اسمزی و تجمع برخی مواد محلول در سلول‌های ریشه با هدف

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش بیشتر پتانسیل اسمزی و حفظ شیب پتانسیل آب است (Hu and Schmidhalter, 2005). بسیاری از گیاهان به منظور تنظیم اسمزی از اسمولیت‌های سازگار مثل پرولین، پروتئین‌های محلول و یا تجمع یون‌های معدنی به ویژه کلسیم و پتاسیم استفاده می‌کنند (Cakmak, 2005; Tewfik, 2008). پرولین منبع ذخیره برای کربن، نیتروژن و جاروب کننده گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن در سلول‌ها می‌باشد (Abrishamchi et al., 2012; Sio-Se Mardeh et al., 2014). گیاهان مقاوم به تنش، از توانایی بیشتر سنتز پرولین و متعاقب آن از پایداری بیشتر غشاء برخوردار هستند که نتیجهٔ آن، هدررفت کمتر آب از طریق غشاهای سلولی می‌باشد (Valentovic et al., 2006).

با توجه به شرایط کشت دیم گیاه آفتابگردان و همزمانی حادث شدن تنش خشکی در طی مراحل گلدهی، لزوم شناسایی ارقام متحمل که سازگاری بیشتری با شرایط تنش کمبود آب دارند، بسیار ضروری است. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی ۵ رقم از گیاه آفتابگردان در رژیم‌های مختلف آبیاری بر اساس خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و فتوسنتزی است که از این طریق رقم برتر و متحمل جهت کشت در منطقه اصفهان معرفی شود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات رژیم‌های آبیاری بر ویژگی‌های عملکردی و مورفوفیزیولوژیک ارقام مختلف گیاه آفتابگردان آزمایشی به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۴-۱۳۹۵) در مزرعه تحقیقی-ترویجی شهرستان اردستان از توابع استان اصفهان اجراء گردید. طرح آزمایشی مورد استفاده در هر سال به صورت اسپیلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در نظر گرفته شد. مزرعه آزمایشی مذکور در ۲۲ کیلومتری شمال غربی شهرستان اردستان در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. سطوح رژیم آبیاری مورد بررسی شامل D_1: آبیاری پس از ۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر کلاس A (شرایط نرمال)، D_2: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر (تنش کم‌آبی ملایم) و D_3: آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر (تنش کم‌آبی شدید). فاکتور دیگر مورد بررسی ارقام پرکاربرد گیاه آفتابگردان شامل آذرگل (H_1)، پروگرس (H_2)، گابور (H_3)، هایسان ۲۵ (H_4) وهایسان ۳۶ (H_5) بود. سال‌های زراعی مورد بررسی در این مطالعه به عنوان عامل ثابت در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی مشتمل بر ۴ خط کاشت ۵ متری بود و اعمال تیمار آبیاری بر اساس روش‌هاشمی دزفولی و همکاران (۱۹۹۵) پس از استقرار گیاه و از مرحله شش برگی در کرت‌های آزمایشی انجام شد (Hashemi Dezfoli et al, 1995). فاصله خطوط کاشت ۶۰ سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲۰ سانتی‌متر بود. تیمارهای آبیاری از مرحله شش برگی شروع و تا ۱۰ روز قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی، ادامه یافت. برای اجرای این آزمایش ابتدا زمین آبیاری شد تا خاک نرم و قابل شخم زدن شود. سپس در اوایل اردیبهشت ماه زمین مورد نظر شخم زده شد و در تیرماه اقدام به نمونه گیری از خاک مزرعه در اعماق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری شد. نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج آزمون خاک، حدود ۱۰۰ کیلوگرم ازت خالص از منبع اوره، ۶۰ کیلوگرم پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلو گرم فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل در هکتار به خاک اضافه شد و پس از آن زمین دیسک زده شد و پس از آماده سازی فاروهای کاشت، کشت بصورت دستی در

www.SID.ir

Archive of SID

دو طرف پشته صورت گرفت. انجام آبیاری پس از هیرم‌کاری تا زمان شش برگی هر ۱۰ روز یک بار به وسیله ایجاد نهرهای خاکی داخل خود پلات‌ها انجام شد. جهت تعیین حجم آب آبیاری مورد نیاز برای هر کرت، با استفاده از رابطه زیر (Hashemi Dezfoli et al., 1995) حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه گردید:

$$V = \frac{(FC - \theta m) \times \rho b \times DRoot \times A}{Ei}$$

V: حجم آب آبیاری بر حسب متر مکعب، FC: درصد رطوبت وزنی در حد ظرفیت زراعی، Θm: درصد رطوبت وزنی قبل از آبیاری، Pb: وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب، A: مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع، D_{root}: عمق توسعه ریشه بر حسب متر و Ei: راندمان آبیاری.

رسیدگی گیاه در هر سال با بررسی دانه‌ها صورت گرفت. مرحله رسیدگی کامل هنگامی در نظر گرفته شد که دانه‌ها کامل شده، پشت طبق‌ها قهوه‌ای شده و گلبرگ‌ها و برگ‌ها خشک شده بودند. صفات مورفولوژی مورد بررسی عبارت بودند از: ارتفاع بوته، غنچه‌دهی، گل‌دهی، دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه، قطر ساقه و قطر طبق که بر اساس روش‌های معمول سنجش شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

شاخص سطح برگ: شاخص سطح برگ با استفاده از روش (NeSmith, 1992) و بر اساس معادله زیر انجام شد.

$$LAI = 0.655(L \times W) - 0.00011(L \times W)2$$

LAI: شاخص سطح برگ، L: طول برگ و W: عرض برگ.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در مطالعه

خصوصیات خاک	سال ۱۳۹۴		سال ۱۳۹۵	
	عمق خاک (سانتی‌متر)		عمق خاک (سانتی‌متر)	
	۰-۳۰	۳۰-۶۰	۰-۳۰	۳۰-۶۰
شوری (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	۵/۴۴	۵/۳۲	۵/۳۶	۵/۱
اسیدیته خاک (pH)	۷/۱	۷/۲	۷/۹	۷/۶
نیتروژن (درصد)	۰/۰۹۱	۰/۰۳۲	۰/۰۸۴	۰/۰۳۴
فسفر (ppm)	۱۱/۴	۶/۳	۱۱/۱	۶/۹
پتاسیم (ppm)	۲۱۹	۱۵۴	۱۹۳	۱۲۲
رس (درصد)	۳۱	۳۱	۳۱/۱	۳۰/۰۹
سیلت (درصد)	۴۳	۳۹	۳۸	۳۹
شن (درصد)	۲۶	۳۲	۲۷	۲۹
مواد آلی (درصد)	۱/۱	۰/۸۷	۱/۰۸	۰/۸۹
بافت خاک	لومی-رسی	لومی-رسی	لومی-رسی	لومی-رسی

سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص: به منظور سنجش سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص از روابط زیر استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate):

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate):

$$RGR = \frac{LnW_2 - LnW_1}{t_2 - t_1}$$

W_1: وزن خشک گیاه در ابتدای تیمار، W_2: وزن خشک گیاه در انتهای تیمار، t_2-t_1: مدت زمان بین ابتدا و انتهای تیمار، Ln: بیانگر لگاریتم نپری.

سرعت جذب خالص (Net Assimilation Rate):

$$NAR = CGR/LAI$$

NAR: سرعت جذب خالص، CGR: سرعت رشد محصول، LAI: شاخص سطح برگ.

میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها: برای سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaller and Wellburn (۱۹۸۳) استفاده شد. به این منظور ابتدا ۰/۱ گرم برگ با ٤ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد درهاون چوبی سائیده شد و سپس محلول حاصل به مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ٦٤٧، ٦٦٤ و ٤٧٠ نانومتر قرائت گردید. جهت صفر کردن دستگاه از استن ۸۰ درصد استفاده شد. میزان کل کلروفیل، کلروفیل a، b و کارتنوئیدها از طریق معادله‌های (۱) تا (٤) محاسبه گردید.

معادله (۱) $Chl_a=12/21(A_{664})-2/79(A_{647})$

معادله (۲) $Chl_b=21/21(A_{647})-5/1(A_{664})$

معادله (۳)

$$Carotenoid = (1000\ A_{470}-1/8Chl_a-85/02Chl_b)/198$$

معادله (٤) $Chl_T= Chl_a + Chl_b$

محتوای آب نسبی برگ: برای اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ از روش بیان و جیانگ (Bian and Jiang, 2008) استفاده شد، به‌طوری‌که مقدار مشخصی از برگ‌های جوان در ابتدای ساقه (برگ‌های دوم و سوم) برداشت شد و برای ٤٨ ساعت در آب غوطه‌ور شد. سپس برگ‌ها از آب خارج و سطح آن‌ها به آرامی با دستمال کاغذی خشک شد و توزین گردید. در انتها برگ‌ها در آون به مدت ٤٨ ساعت خشک شدند و سپس مجدداً وزن شدند. با سنجش شاخص‌های وزنی فوق از طریق معادله زیر این صفت برای هر تیمار تعیین شد.

$$RWC = (FW-DW/TW-DW) \times 100$$

در این معادله، RWC محتوای نسبی آب، FW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن برگ در حالت تورژسانس کامل است.

فتوسنتز خالص: میزان فتوسنتز خالص برگ بوسیله دستگاه فتوسنتز متر پرتابل مدل CI-340 ساخت شرکت CID آمریکا اندازه گیری شد. مهمترین مزیت این دستگاه قابل حمل بودن آن بود که می توان از آن به راحتی در شرایط مزرعه استفاده نمود.

پرولین: پرولین با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) انجام شد. ۰/۰۵ گرم از بافت ریشه در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک آبدار ۳ درصد کاملاً ساییده شد تا محلول همگن ایجاد شود. ۲ میلی‌لیتر از محلول حاصل با ۲ میلی‌لیتر معرف ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال در یک لولهٔ آزمایش مخلوط شدند و به مدت ۱ ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. به محتویات لوله، ٤ میلی‌لیتر تولوئن اضافه و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت به هم زده شدند. این عمل موجب دوفازه شدن محتویات لوله شد. پس از مدت ۲۰ دقیقه، جذب نوری محلول در ۵۲۰ نانومتر با استفاده از تولوئن به عنوان شاهد قرائت شد و با استفاده از فرمول زیر غلظت پرولین بر اساس میکرومول در گرم وزن تر نمونه برگ محاسبه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

= میکرومول پرولین در گرم وزن تر

$$\left(\frac{\mu g\ \ prolin}{ml}\times\frac{ml\ toloen}{115.5\left(\frac{\mu g}{\mu mol}\right)}\right)/\frac{gr\ sample}{5}$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD صورت گرفت.

نتایج

خصوصیات مورفولوژیک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمارهای آبیاری و ارقام گیاه آفتابگردان به تنهایی تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، غنچه‌دهی، گلدهی، دوره پر شدن دانه، وزن هزار دانه، قطر ساقه و قطر طبق دارد. اثرات متقابل این تیمارها نیز بر تمامی صفات مورفولوژیک مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل رقم × آبیاری بر ارتفاع بوته نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال، رقم‌هایسان ۲۵ با ۱۸۳/۷ سانتی‌متر بیشترین میزان این صفت را داشت که در مقایسه با سایر سطوح در این شرایط افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش ملایم و شدید نیز رقم‌هایسان ۲۵ به‌ترتیب با ۱۸۱/٦ و ۱۸۰/۸ سانتی‌متر بیشترین میزان ارتفاع بوته را داشتند که در مقایسه با سایر سطوح افزایش معنی‌داری داشتند. در تمامی رژیم‌های آبیاری کمترین میزان ارتفاع بوته به رقم پروگرس اختصاص داشت که در تمامی سطوح رژیم آبیاری در مقایسه با سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌داده‌ها در بررسی اثرات متقابل رقم × آبیاری بر قطر ساقه نشان داد که در شرایط بدون تنش، ارقام آذرگل و پروگرس در مقایسه با سایر سطوح افزایش معنی‌داری از لحاظ قطر ساقه داشتند. کمترین میزان این صفت در شرایط بدون تنش نیز به رقم‌هایسون ۳٦ اختصاص داشت که با رقم گابور اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش ملایم، رقم پروگرس دارای بیشترین میزان قطر ساقه بود که در مقایسه با سایر ارقام در این شرایط افزایش معنی‌داری داشت. کمترین میزان قطر ساقه نیز در شرایط بدون تنش به رقم‌هایسون ۳٦ اختصاص داشت که نسبت به سایر ارقام مورد بررسی کاهش معنی-داری داشت. در شرایط تنش شدید، بیشترین میزان قطر ساقه به رقم گابور تعلق داشت که با رقم پروگرس اختلاف معنی‌داری نداشت. در این شرایط کمترین میزان قطر ساقه در رقم‌هایسون ۳٦ مشاهده شد که در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). در بررسی اثرات متقابل رقم×آبیاری بر قطر طبق، نتایج نشان داد که در شرایط بدون تنش، بیشترین و کمترین میزان قطر طبق به ترتیب به ارقام پروگرس وهایسون ۳٦ اختصاص داشت که در مقایسه با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری داشت. در شرایط تنش ملایم و شدید، بیشترین میزان قطر طبق در رقم آذرگل مشاهده شد که در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت در شرایط تنش ملایم و شدید نیز به رقم‌هایسون ۳٦ اختصاص داشت که در مقایسه با سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها در برهم‌کنش رژیم آبیاری و ارقام آفتابگردان بر میزان غنچه‌دهی نشان داد که در هر ۳ تیمارهای رژیم آبیاری (بدون تنش، ملایم و شدید)، رقم گابور بیشترین میزان غنچه‌دهی را در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی داشت که این افزایش معنی‌دار بود. کمترین میزان این صفت نیز در هر ۳ تیمار آبیاری در رقم‌هایسون ۳٦ مشاهده شد که نسبت به سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات آبیاری×رقم بر گلدهی نشان داد که در شرایط بدون تنش، رقم‌هایسان ۲۵ بیشترین میزان گلدهی را داشت که در مقایسه با سایر سطوح به جز رقم گابور افزایش معنی‌داری

www.SID.ir

Archive of SID

داشت. در شرایط تنش ملایم، رقم‌هایسان ۲۵ بیشترین میزان گلدهی را داشت اما با سایر ارقام به جز رقم‌هایسون ۳۶ اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش شدید، رقم گابور بیشترین میزان این صفت را داشت که نسبت به ارقام آذرگل وهایسان ۲۵ اختلاف معنی‌داری نداشت. در کلیه سطوح آبیاری، رقم‌هایسون ۳۶ کمترین میان گلدهی را داشت که در مقایسه با سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل آبیاری × رقم بر دوره پر شدن دانه نشان داد که در تمامی سطوح آبیاری (بدون تنش، تنش ملایم و شدید) بیشترین دوره پر شدن دانه در رقم پروگرس مشاهده شد که نسبت به سایر ارقام مورد بررسی در هریک از سطوح آبیاری افزایش معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز در رقم‌هایسون ۳۶ در تمامی رژیم‌های آبیاری بود که در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳). نتایج جدول ۳ در ارتباط با وزن هزار دانه نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، رقم آذرگل بیشترین میزان وزن هزار دانه را داشت که در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی در این سطوح آبیاری افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید، ارقام آذرگل و پروگرس در مقایسه با ارقام دیگر افزایش معنی‌داری در وزن هزاردانه داشتند. کمترین میزان وزن هزاردانه در تمامی سطوح آبیاری متعلق به رقم‌هایسون ۳۶ بود که نسبت به سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت (جدول ۳).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس خصوصیات مورفولوژیکی ارقام گیاه آفتابگردان در رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع ساقه	تعداد روز تا غنچه دهی	تعداد روز تا گل‌دهی	دوره پر شدن دانه	وزن هزار دانه	قطر ساقه	قطر طبق
سال	۱	۴۳/۳^{ns}	۱۸۰/۴۴**	۲۶۹/۶۶**	۱۶۲/۸۷^{ns}	۵۰۲۱/۶**	۰/۰۲۱^{ns}	۶/۴^{ns}
خطای سال	۶	۵۴/۲۲	۷/۹	۲/۲۳	۲/۵۶	۴۵/۵۲	۰/۱۱	۳/۰۵
آبیاری (A)	۲	۳۷/۵۹**	۹۰/۲۲**	۸۱/۷۲**	۹۵/۰۹**	۴۳۴/۳۹**	۰/۰۶۸**	۱۱/۰۵**
سال×A	۲	۰/۴۶^{ns}	۲/۲۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۴۳۴/۳۸**	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۷^{ns}
خطای سال×A	۱۲	۴/۵۷	۴/۶۶	۷/۶۴	۸/۹۶	۲/۳۱	۰/۰۱۲	۰/۲۷
رقم	۴	۶۲/۲۷**	۱۱۳/۲۶**	۶۵/۲۸**	۱۱۳۰/۳**	۳/۵۷*	۰/۸۲**	۱۵۷/۹**
سال×رقم	۴	۰/۵۶^{ns}	۰/۴۹^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۲*	۱۷۰۵/۸۶**	۰/۰۱۵^{ns}	۰/۳۴^{ns}
آبیاری×رقم	۸	۲۴/۰۹**	۰/۶۷**	۱/۴۴**	۰/۹۵*	۱۶/۴۸*	۰/۴۸**	۶/۸۳**
سال× آبیاری×رقم	۸	۱/۰۸^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۶/۸۳*	۰/۰۲۹**	۰/۲۲^{ns}
خطای آزمایش	۷۲	۳۶/۱۱	۰/۵۸	۱/۱۴	۰/۴۹	۲/۳۵	۰/۰۰۸	۰/۲۴۵

^{ns} ، * ، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: مقایسه میانگین خصوصیات مورفولوژیکی ارقام گیاه آفتابگردان تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

آبیاری	ارقام آفتابگردان	میانگین صفات					
		ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	غنچه دهی	گل‌دهی	دوره پر شدن دانه	وزن هزار دانه (گرم)	قطر ساقه (سانتی‌متر)	قطر طبق (سانتی‌متر)
D_1	H_1	۱۷۳/۲f	۳۳/۸۶c	٤٦/٦٧bc	۳۷/۱۹g	٦٦/۰۹a	۲/۳۸a	۲۲/٤٦b
	H_2	۱٦٥/۱۱i	۳٤/۰۷bc	٤٦/٦۳bc	٥۲/۷۲a	٦۱/۲۳b	۲/٤۳a	۲۳/۱۸a
	H_3	۱۷٥/٦e	۳۷/۰۳a	٤۷/٤۱ab	٤۲/٥۲d	٤۷/۸c	۱/۷٦fg	۲۱/٤٥de
	H_4	۱۸۳/۷a	۳٤/۲۸bc	٤۸/٤۱a	۳۷/۲۲g	٥۸/٤٥cd	۱/۸۳f	۱۹/۰٤i
	H_5	۱۷۷/۳d	۳۰/۷٥f	٤۳/۹٤gh	۳٥/٥h	٤٦/۰۱h	۱/۷۱gh	۱٥/۷۹l
D_2	H_1	۱٦۹/۷h	۳۲/٥۲d	٤٥/٦٤cde	۳٥/٤٤h	٦۰/۷٤b	۲/۲٦b	۲۲/۱٦bc
	H_2	۱٦٤/٤i	۳۱/۸۲de	٤٥/۸۹cd	٥۰/٦٤b	٥۸/۷۱c	۲/۳۸a	۲۰/۸٤fg
	H_3	۱۷۱/۷g	۳٤/۷٤b	٤٥/۸٤cde	٤۱/۷e	٤٥/۱۳h	۱/۷۷fg	۲۱/۱۳ef
	H_4	۱۸۱/٦b	۳۲/٥d	٤٦/٦٦bc	۳٦/۰٥h	٥٤e	۱/۷۷fg	۱۸/۲۱j
	H_5	۱۷٥/٥c	۲۸/٤۲g	٤۱/۹٥i	۳٤/۲٦i	٤۲/٤۲i	۱/٦٦h	۱٤/٦٤m
D_3	H_1	۱۷۰/٦h	۳۱/۱۱ef	٤٤/۱٥fgh	۳٤/٦۷i	٥۸/۲۸cd	۱/۷٤fgh	۲۱/۷٤cd
	H_2	۱٦۳/۱j	۳۱/٤۳ef	٤۳/٤۹h	٤۹/۱۲c	٥۷/۱۱d	۲/۰۳de	۱۹/۹۷h
	H_3	۱۷۳/٦f	۳۳/٦٦c	٤٥/۰۹def	۳۹/٤۷f	٤۱/۷۸i	۲/۰۸cd	۲۰/٥۲g
	H_4	۱۸۰/۸b	۳۱/۱۳ef	٤٤/۷۸efg	۳٤/۱۲i	٤۹/۹۹f	۱/۷fg	۱۸/٦۲ij
	H_5	۱۷۱/۲f	۲۷/۹٥g	٤۱/۲٦i	۳۲/٤٤j	۳۹/٥۷j	۱/٦۱h	۱٤/۰۸m
LSD%		۱/۰۳	۰/۷٦	۱/۰٦	۰/۷٦	۱/۳۹	۰/۰۹	۰/٤۹

سطوح رژیم آبیاری شامل D_1: آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر کلاس A (شرایط نرمال)، D_2: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر (تنش کم‌آبی ملایم) و D_3: آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر (تنش کم‌آبی شدید). ارقام گیاه آفتابگردان شامل آذرگل (H_1)، پروگرس(H_2)، گابور(H_3)،هایسان ۲۵ (H_4) وهایسان ۳٦ (H_5)

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

شاخص سطح برگ و خصوصیات فیزیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات تیمارهای آبیاری و رقم هر کدام به تنهایی در سطح اطمینان ۹۹ درصد ($P\leq0.01$) معنی‌دار بود. برهم‌کنش تیمارهای آبیاری و رقم نیز بر تمامی صفات معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین داده‌ها اثرات متقابل آبیاری × رقم نشان داد که در شرایط بدون تنش، ارقام آذرگل وهایسون ۳٦ بیشترین میزان شاخص سطح برگ را داشتند که در مقایسه با سایر ارقام در این شرایط افزایش معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز در رقم گابور مشاهده شد که در مقایسه با سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش ملایم، رقم آذرگل بیشترین میزان سطح برگ را داشت که نسبت به سایر ارقام در این شرایط افزایش معنی‌داری داشت. در این شرایط رقم‌هایسان ۲۵ کمترین شاخص سطح برگ را داشت که به جز رقم آذرگل وهایسون ۳٦ با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری نداشت. در شرایط تنش شدید، رقم‌هایسون ۳٦ بیشترین میزان این صفت را داشت که در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی افزایش معنی‌داری داشت. کمترین شاخص سطح برگ در این شرایط به رقم گابور اختصاص داشت که با ارقام پروگرس وهایسان

www.SID.ir

Archive of SID

۲۵ اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از سرعت رشد نسبی اثرات متقابل آبیاری × رقم نشان داد که در شرایط بدون تنش، رقم آذرگل بیشترین میزان سرعت رشد نسبی را داشت که در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی افزایش معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت به ارقام گابور وهایسان ۳٦ اختصاص داشت که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. در شرایط تنش ملایم اختلاف معنی‌داری بین ارقام مورد بررسی وجود نداشت. در شرایط تنش شدید، در رقم آذرگل بیشترین میزان سرعت رشد نسبی مشاهده شد که به جز رقم‌هایسون ۳٦ با دیگر ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز در ارقام پروگرس، گابور وهایسان ۲۵ مشاهده شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × رقم بر میزان سرعت رشد محصول نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، رقم آذرگل در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری در سرعت رشد محصول داشت. کمترین میزان این صفت در شرایط بدون تنش در ارقام پروگرس و گابور مشاهده شد که در مقایسه با سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش ملایم، کمترین سرعت رشد محصول در ارقام پروگرس، گابور وهایسون ۳٦ مشاهده شد که نسبت به سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید، رقم‌هایسون ۳٦ بیشترین میزان سرعت رشد محصول را داشت که به جز رقم آذرگل با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری داشت. در این شرایط ارقام پروگرس، گابور وهایسان ۲۵ به صورت معنی‌داری نسبت به سایر ارقام مورد بررسی سرعت رشد محصول را کاهش داد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از سرعت جذب خالص در اثرات متقابل آبیاری × رقم نشان داد که در شرایط بدون تنش، رقم پروگرس از گیاه آفتابگردان دارای بیشترین میزان سرعت جذب خالص بود که در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز در رقم‌هایسان ۲۵ مشاهده شد که نسبت به رقم گابور تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط تنش شدید، در رقم آذرگل افزایش معنی‌داری از لحاظ این صفت مشاهده شد که به جز رقم‌هایسون ۳٦ با سایر ارقام اختلاف معنی-داری داشت. کمترین سرعت جذب خالص نیز در رقم پروگرس بود که با ارقام گابور،هایسان ۲۵ وهایسان ۳٦ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری × رقم بر میزان محتوای آب نسبی برگ نشان داد که در شرایط بدون تنش، ارقام آذرگل و گابور بیشترین میزان محتوای آب نسبی برگ را داشتند که در مقایسه با سایر ارقام این افزایش معنی‌دار بود. کمترین میزان این صفت نیز در رقم‌هایسان ۲۵ مشاهده شد که به جز رقم‌هایسان ۳٦ با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری داشت. در شرایط تنش ملایم، رقم آذرگل بیشترین محتوای آب نسبی برگ را داشت که در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی افزایش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید بیشترین محتوای آب نسبی برگ در رقم آذرگل بود که با ارقام پروگرس و گابور تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز در رقم‌هایسان ۳٦ مشاهده شد که باهایسان ۲۵ اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤: نتایج تجزیه واریانس خصوصیات فیزیولوژیکی و شاخص سطح برگ ارقام گیاه آفتابگردان تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		شاخص سطح برگ (LAI)	سرعت رشد نسبی (RGR)	سرعت جذب خالص (NAR)	سرعت رشد محصول (CGR)	محتوای نسبی آب
سال	۱	۰/۰۰۸۳^{ns}	۲/۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}
خطای سال	٦	۰/۰۰۸۷	٤/۳٥	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۰٥	٤۱/۰٦
آبیاری (A)	۲	۹/۳٥**	۱/۲۷**	۰/٥۳٦**	۱/۷۷**	٤٦٥٥/۳۲**
سال×A	۲	۰/۰۰٦^{ns}	۱/٥۸^{ns}	۰/۰۰۰۱٤^{ns}	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۱۸^{ns}
خطای سال×A	۱۲	۰/۰۰٥٥	٥/٥٤	۰/۰۰۲٦	۰/۰۰۱۲	٤/۸۹
رقم	٤	۰/۳۸۷**	۳/٥۸**	۰/۱۰۸**	۰/۲۷٥**	۱۸٤/٤۹**
سال×رقم	٤	۰/۰۰۱۲^{ns}	٤/۷۹*	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۸۲٤^{ns}
آبیاری×رقم	۸	۰/۱۱٤**	۱/٦۳**	۰/۰۱٥**	۰/۰٦۳**	۱٦/۷٥*
سال× آبیاری× رقم	۸	۰/۰۰٥٦*	۱/۲۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۱/٦۱^{ns}
خطای آزمایش	۷۲	۲۱/٦۸	۲/۸۸	۰/۰۰۲۷	۰/۰۰۱٦	٦/٥۱

^{ns}، *، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۵: مقایسه میانگین خصوصیات فیزیولوژیکی و شاخص سطح برگ ارقام گیاه آفتابگردان تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

آبیاری	هیبرید	میانگین صفات				
		شاخص سطح برگ	سرعت رشد نسبی (گرم بر مترمربع در روز)	سرعت جذب خالص (گرم بر مترمربع در روز)	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)	محتوای نسبی آب (درصد)
D_1	H_1	۱/٥٦a	۰/۰۰۰۲۷a	۰/٤۸b	۰/۷۲a	٥۸/٦a
	H_2	۱/٤٥b	۰/۰۰۰۲٤b	۰/٥۸a	۰/٤۲c	٥٥/۱۸b
	H_3	۱/۳٥c	۰/۰۰۰۲۱c	۰/۳۲de	۰/٤٤c	٥۸/٤٤a
	H_4	۱/۱۳d	۰/۰۰۰۱۸d	۰/۳۱de	۰/۳٦d	٤۹/۹۷cd
	H_5	۱/٥۳a	۰/۰۰۰۲۲c	۰/۳۹c	۰/٦۱b	٥۱/۱۹c
D_2	H_1	۰/۹۷e	۰/۰۰۰۱۲de	۰/۲۹e	۰/٥٦b	٤۷/۷۳de
	H_2	۰/٥۸gh	۰/۰۰۰۱۲de	۰/۳٦cd	۰/۲۱e	٤٤/۷۷f
	H_3	۰/٥۸gh	۰/۰۰۰۱۲de	۰/۳٦cd	۰/۲۱e	٤٦/۷۹ef
	H_4	۰/٥٥hi	۰/۰۰۰۱۲de	۰/۳٤de	۰/۱۹ef	٤٤/۲۹f
	H_5	۰/٦٥fg	۰/۰۰۰۱۳d	۰/۳٤de	۰/۲۲e	٤٤/۸۱f
D_3	H_1	۰/٤۸ij	۰/۰۰۰۱۳d	۰/۲۳f	۰/۱۱gh	۳٦/۲۸g
	H_2	۰/٤٥jk	۰/۰۰۰۱۱e	۰/۱٥g	۰/۰vh	۳۳/۹٤g
	H_3	۰/۳۹k	۰/۰۰۰۱۱e	۰/۱vg	۰/۰vh	۳٥/٦۳g
	H_4	۰/٤۳jk	۰/۰۰۰۱۱e	۰/۱٦g	۰/۰vh	۳۰/۲٦h
	H_5	۰/۷۲f	۰/۰۰۰۱۲de	۰/۱۹fg	۰/۱٤fg	۲۹/۸٥h
LSD%		۰/۰۷	۱/۷	۰/۰٥	۰/۰۳۹	۲/٥٤

سطوح رژیم آبیاری شامل D_1: آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر کلاس A (شرایط نرمال)، D_2: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی-متر تبخیر (تنش کم‌آبی ملایم) و D_3: آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر (تنش کم‌آبی شدید). ارقام گیاه آفتابگردان شامل آذرگل (H_1)، پروگرس (H_2)، گابور (H_3)،هایسان ۲۵ (H_4) وهایسان ۳٦ (H_5)

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

رنگدانه‌های فتوسنتزی و فتوسنتز خالص: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل رقم و رژیم آبیاری بر محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، فتوسنتز خالص و محتوای پرولین برگی معنی‌دار بود (جدول ٦). مقایسه میانگین داده‌های مرتبط با محتوای کلروفیل a نشان داد که در شرایط بدون تنش، ارقام پروگرس و گابور بیشترین میزان این صفت را داشت که در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی داری داشت. در این شرایط میزان کلروفیل a در رقم آذرگل در مقایسه با ارقام‌هایسان ۲۵ وهایسان ٣٦ افزایش معنی داری داشت. در شرایط تنش ملایم نیز ارقام پروگرس و گابور در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی داری از لحاظ محتوای کلروفیل a نسبت به سایر ارقام داشتند. در شرایط تنش ملایم کمترین میزان این صفت به رقم‌هایسان ٣٦ اختصاص داشت که در مقایسه با سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید، میزان کلروفیل a در رقم گابور به صورت معنی‌داری افزایش داشت اما بین ارقام آذرگل،هایسان ۲۵ وهایسان ٣٦ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل رقم و رژیم آبیاری بر میزان کلروفیل b نشان داد که در شرایط بدون تنش، بیشترین میزان کلروفیل b به ارقام پروگرس و گابور اختصاص داشت که در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشتند. کمترین میزان این صفت در رقم‌هایسان ٣٦ مشاهده شد که نسبت به ارقام دیگر کاهش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش ملایم و شدید نیز نتایج مشابهی مشاهده شد به‌طوری‌که در شرایط تنش ملایم و شدید، ارقام پروگرس و گابور بیشترین میزان کلروفیل b و رقم‌هایسان ٣٦ کمترین مقدار این صفت را داشت که در مقایسه با ارقام دیگر اختلاف‌ها معنی‌دار بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها در اثرات متقابل ارقام آفتابگردان و رژیم‌های آبیاری بر محتوای کاروتنوئید برگی نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، رقم گابور بیشترین میزان این صفت را داشت که نسبت به رقم پروگرس تفاوت معنی‌داری نداشت. بین ارقام آذرگل،هایسان ۲۵ وهایسان ٣٦ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما در مقایسه با ارقام پروگرس و گابور کاهش معنی‌داری داشتند. در شرایط تنش شدید اختلاف معنی‌داری بین ارقام گیاه آفتابگردان وجود نداشت (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌های مرتبط با محتوای کلروفیل کل نشان داد که در شرایط بدون تنش رقم گابور بیشترین میزان کلروفیل کل را داشت که در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشت. ارقام‌هایسان ۲۵ وهایسان ٣٦ کمترین میزان کلروفیل کل را داشتند که نسبت به سایر ارقام کاهش معنی‌داری داشتند. در شرایط تنش ملایم، ارقام پروگرس و گابور بیشترین میزان کلروفیل کل و ارقام‌هایسان ۲۵ وهایسان ٣٦ کمترین مقدار را داشتند که در مقایسه با هم اختلاف معنی داری مشاهده شد. در شرایط تنش شدید، در رقم گابور محتوای کلروفیل کل به صورت معنی‌داری نسبت به ارقام آذرگل،هایسان ۲۵ وهایسان ٣٦ افزایش داشت. بین ارقام گابور و پروگرس تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش و ارقام گیاه آفتابگردان بر میزان فتوسنتز خالص نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش ملایم، رقم گابور بیشترین میزان فتوسنتز خالص را داشت که در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشت. بین دیگر ارقام (آذرگل، پروگرس،هایسان ۲۵ وهایسان ٣٦) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در شرایط تنش شدید، میزان فتوسنتز خالص به صورت معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش و تنش ملایم کاهش داشت اما بین ارقام گیاه آفتابگردان در شرایط تنش شدید اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦: نتایج تجزیه واریانس رنگدانه‌های فتوسنتزی، فتوسنتز و محتوای پرولین ارقام گیاه آفتابگردان تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		میزان کلروفیل a	میزان کلروفیل b	کاروتنوئیدها	غلظت کلروفیل کل	فتوسنتز خالص	محتوای پرولین برگ
سال	۱	۰/۰۲۵^{ns}	۰/۰۲۳^{ns}	۰/۰۰۱۳^{ns}	۰/۰۷۵^{ns}	۰/۰۰٦^{ns}	۱۱٦/٦٤*
خطای سال	٦	٥/٦٦	۰/۱۲	۰/۰۰۹۸	٦/۹۸	٦/۲۳	۹/٥۸
آبیاری (A)	۲	۳۳/۱۹**	۰/۰٦۹**	۳/۸۸**	٥٦/٦۷**	۳۹/۱٥**	۷٥۷/۲۹**
سال×A	۲	۰/۰۲۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۳٥^{ns}	۰/۰۳۲^{ns}	۰/۰۰٦^{ns}	۱/٦٥^{ns}
خطای سال × A	۱۲	۲/۷٥	۰/۰۱٤	۰/۰۰٦۱	۳/۸۳	۳/۲۸	۱/۱۷
رقم	٤	۳٥/۹**	۰/۸۳**	۰/۰٥٥*	٤۲/۷**	۳۷/۷**	٤۱/۰٦**
سال×رقم	٤	۰/۰۲۳^{ns}	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۰۰۳٥^{ns}	۰/۰٤۸^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۲/٤۳^{ns}
آبیاری×رقم	۸	۰/٦۱**	۰/٤۹**	۰/۰٥۱**	۱/۰۱٥**	۰/٦۳**	٤٦/۱۸*
سال×آبیاری×رقم	۸	۰/۰۲٤^{ns}	۰/۰۲۹^{ns}	۰/۰۰۷٤^{ns}	۰/۰۹٤^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	٥۱٥۷/۷^{ns}
خطای آزمایش	۷۲	۰/٤۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰٤٦	۰/٥۳	۰/٤۳	۰/۳٤

^{ns}، *، ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۷: مقایسه میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی، فتوسنتز و محتوای پرولین ارقام گیاه آفتابگردان تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری

آبیاری	هیبرید	میانگین صفات					
		میزان کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	میزان کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	کاروتنوئیدها (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ)	فتوسنتز خالص ($\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$)	محتوای پرولین برگ ($\mu mol\ g^{-1}FW$)
D_1	H_1	٤/۷۳ b	۱/۷۷ d	۱/٦۹ b	٦/٥۳ d	٥/۲۸ b	٥٥/۰۷ c
	H_2	٥/۸٤ a	۲/٤٤ a	۱/۸۲ ab	۸/۲۸ b	٥/٦۷ b	٥۹/۹٥ c
	H_3	٦/٥٦ a	۲/٤۸ a	۱/۹۷ a	۹/۲٤ a	۸/٤۱ a	٥۸/۲٤ c
	H_4	۳/٤٤ c	۱/۸۸ cd	۱/۷۳ b	٥/۳۸ e	٥/۳۱ b	٤۷/٦۲ d
	H_5	۳/۳۸ c	۱/٦۰ e	۱/۷۱ b	٤/۹٦ e	٤/٥۲ bc	٤۳/۳٦ d
D_2	H_1	۳/۳٦ c	۱/۷۸ d	۱/۱۷ d	٥/۲۷ de	۳/۸۳ c	٦۸/۸۲ b
	H_2	٤/۷٦ b	۲/۲۹ b	۱/۳۸ c	۷/۱۲ c	۳/۸٦ c	۸٦/۸٥ a
	H_3	٤/۸۱ b	۲/۲٦ b	۱/٤۲ c	۷/۰۸ c	٥/٥٦ b	۷۹/۲۸ b
	H_4	۲/۲۱ d	۱/۷۲ d	۱/۱۲ d	۳/۹۳ f	۳/۳۹ c	۷٤/۸٥ b
	H_5	۱/٤۲ e	۱/٥۸ e	۱/۱٥ d	۳/۰٤ f	۳/۱۸ c	٥٦/۹۷ c
D_3	H_1	۱/۳۸ e	۱/۷۳ d	۱/۱۰ d	۳/۱٦ f	۲/۳۸ d	٦۹/۷۸ b
	H_2	۲/۱۸ d	۲/۰۳ c	۱/۱۲ d	٤/۲۳ ef	۲/٥٥ d	۸۸/۲٤ a
	H_3	۳/٤٥ c	۲/۰٥ c	۱/۱۸ d	٥/٥۸ de	۲/٥۸ d	۸۷/٦٥ a
	H_4	۱/٤۸ e	۱/۷۱ d	۱/۱٥ d	۳/۲٦ f	۲/٤٦ d	۷٤/٤۲ b
	H_5	۱/٤٤ e	۱/٥۷ e	۱/۱۲ d	۳/۱۲ f	۱/۹۳ d	٦۸/۹٦ b
LSD%		۰/٦۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۷۳	۰/٦٥	۷/٦٦

سطوح رژیم آبیاری شامل D_1: آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشت تبخیر کلاس A (شرایط نرمال)، D_2: آبیاری پس از ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر (تنش کم‌آبی ملایم) و D_3: آبیاری پس از ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر (تنش کم‌آبی شدید). ارقام گیاه آفتابگردان شامل آذرگل (H_1)، پروگرس(H_2)، گابور(H_3)،هایسان ۲۵ (H_4) وهایسان ۳٦ (H_5)

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID

محتوای پرولین برگی: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در اثرات متقابل رقم و رژیم آبیاری نشان داد که در شرایط تنش ملایم و شدید محتوای پرولین برگی به صورت معنی‌داری در مقایسه با شرایط بدون تنش افزایش داشت. در شرایط بدون تنش، محتوای پرولین برگی در ارقام آذرگل، پروگرس و گابور افزایش معنی‌داری نسبت به ارقام‌هایسان ۲۵ وهایسان ۳۶ داشت اما نسبت به یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. در شرایط تنش ملایم افزایش معنی‌دار محتوای پرولین برگی در رقم پروگرس مشاهده شد. کمترین میزان این صفت در این شرایط به رقم‌هایسان ۳۶ اختصاص داشت که نسبت به دیگر ارقام کاهش معنی‌داری داشت. در شرایط تنش شدید، ارقام پروگرس و گابور بیشترین میزان پرولین برگی را داشتند که در مقایسه با سایر ارقام افزایش معنی‌داری داشتند. بین ارقام آذرگل،هایسان ۲۵ وهایسان ۳۶ از لحاظ محتوای پرولین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

بحث

از مهمترین اثرات تنش کم‌آبی در گیاهان کاهش رشد اندام هوایی نظیر ارتفاع گیاه، وزن خشک بوته، تعداد برگ و قطر ساقه است که دلایل اصلی آن کاهش ترشح هورمون‌های رشد، افزایش مواد بازدارنده رشد، کاهش تقسیم سلولی، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، کوتاه شدن دورهٔ رشد گیاه و مکانیسم‌های گریز از تنش گزارش شده است (Bayoumi et al., 2008; Hosseinzadeh et al., 2016). مطالعات نشان داده است که بیشتر بودن ارتفاع گیاه در شرایط تنش خشکی نشان دهنده رشد بهتر ارقام متحمل و تحمل بهتر شرایط کم‌آبی است (Rahbarian et al., 2011; Ahmadpour et al., 2016). کاهش ارتفاع گیاه در شرایط کمبود آب در خاک در سایر گیاهان از جمله نخودفرنگی (Games et al., 2005)، ذرت (Barens and Wooley, 2009) بادام زمینی (Vorasoot et al., 2003) و عدس (Ahmadpour et al., 2016) نیز گزارش شده است. تحت تنش خشکی، عدم حفظ فشار تورگر (آماس سلول)، تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت مقابله با تنش، کوتاه شدن دورهٔ رشدگیاه همگی می‌توانند مانع از توسعهٔ عادی سلول‌ها و در نتیجه، کاهش ارتفاع و قطر ساقه شوند (Cox and Jolliff, 2000; Sikder et al., 2015). کاهش قطر طبق در اثر کمبود آب را می‌توان به این صورت توجیه کرد که گل‌های سطح طبق در طی گل‌دهی به تدریج رشد می‌کنند و هر روز چند لایه از این گل‌ها از سمت محیط بیرون به طرف داخل طبق شروع به باز شدن می‌کنند و قسمت اعظم قطر طبق در مرحله گرده‌افشانی تشکیل می‌شود و چون در این مرحله ارقام مورد بررسی با کمبود آب و عدم حفظ فشار تورگر مواجه می‌شوند در نتیجه رشد و توسعه عادی سلول‌های طبق از حالت طبیعی خارج شده و گسترش کمتری دارد (Goksoy et al., 2004).

در مراحل غنچه‌دهی، گلدهی و پرشدن دانه آفتابگردان کمبود آب باعث کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل در کاهش معنی‌دار تعداد غنچه، گل و دانه موثر است. از طرف دیگر در چنین شرایطی گیاه سعی می‌نماید دوره زندگی خود را در مدت زمان کوتاه‌تری سپری نماید (مکانیسم‌های گریز از تنش) که استفاده از این مکانیسم‌ها نیز منجر به کاهش تعداد غنچه، گل و دانه در گیاه آفتابگردان می‌شود (Khamari et al., 2007). گزارش‌های متعدد دیگر در این زمینه بیان کردند که تنش خشکی با تأثیر بر اندام‌های رویشی و زایشی سبب کاهش عملکرد نهایی گیاه می‌شود و گیاه برای جلوگیری از کاهش عملکرد سعی دارد در یک دوره کوتاه رشد خود را تکمیل نموده تا بتواند از شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

بحرانی گذر نماید (Razi and Asaad, 1998; Goksoy et al., 2004). در مطالعه بر روی گیاه افتابگردان مشاهده شد که تنش خشکی باعث تسریع در رسیدگی فیزیولوژیک و کاهش طول دوره پر شدن دانه شد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (Roshdi et al., 2006). همزمانی دوره پرشدن دانه با تنش رطوبتی در تیمارهای تنش و کوتاه شدن این دوره به دلیل کاهش سطح برگ و برخی خصوصیات مورفولوژیک نظیر تعداد برگ، تعداد دانه در طبق، کاهش مساحت طبق عامل اصلی کاهش وزن هزار دانه می‌باشد (Karimzaded-Asl et al., 2003).

شاخص سطح برگ یک کمیت اساسی برای نشان دادن وضعیت رشدی گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی می‌باشد (Naderi Darbaaghshahi et al., 2005). سطح برگ بیشتر در یک گیاه نمایانگر ظرفیت فتوسنتزی بیشتر و گنجایش بیشتر به‌عنوان منبع ثانویه جهت ذخیره مواد فتوسنتزی است (Amiri et al., 2017). ثابت شده است که کاهش آب در بستر کشت گیاهان، تأثیر مستقیمی بر کاهش سطح و تعداد برگ‌ها دارد (Gunes et al., 2006). در این مطالعه نیز سطوح تنش آبی در مقایسه با شرایط بدون تنش شاخص سطح برگ را در تمامی ارقام مورد بررسی کاهش داد. افزایش خصوصیات مورفولوژیک برگ در ارقام متحمل به تنش آبی دلیلی بر مقاومت و برتری آن‌ها نسبت به ارقام حساس است به طوری که اثرات منفی تنش کمبود آب بر آن‌ها بی‌تأثیر بوده است (Guerfel et al., 2008). کاهش سطح و تعداد برگ در زمان تنش آبی با پیری زودرس ارتباط مستقیم دارد که خود عاملی برای کاهش تعرق و رسیدگی زودتر گیاه در شرایط تنش کمبود آب می‌باشد (Gunes et al., 2006). وجود رطوبت کافی و مناسب، خصوصیات رشدی اندام هوایی و ریشه‌ها را افزایش می‌دهد، به‌طوری‌که با کاهش رطوبت خاک، توسعه و گسترش سیستم ریشه‌ای به لایه‌های بالایی خاک محدود شده و منجر به پیری زودرس در برگ‌ها و ریشه‌ها شده که این شرایط سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد و سطح برگ می‌گردد (Wang et al., 2003; Amiri et al., 2017).

سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول از شاخص‌های فیزیولوژیکی مهم در ارزیابی مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر خشکی، شوری، گرما و غیره به‌شمار می‌رود (Xu et al., 2009). سرعت رشد محصول در حقیقت مشخص کننده توسعه بافت گیاه و ثبات آن تعیین‌کننده مقدار ماده خشک تولیدی است و سرعت رشد نسبی نیز بیان کننده تجمع ماده خشک در واحد زمان است (Karimi and Siddique, 1991).این شاخص‌ها نسبت مستقیم با ماده خشک گیاه دارند بنابراین کاهش ماده خشک در شرایط تنش خشکی تأثیر مستقیم بر سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول دارد (Karimi and Siddique, 1991). مطالعات متعدد در این زمینه نشان داده است که در شرایط تنش خشکی با بسته شدن روزنه‌ها، میزان فتوسنتز خالص و تولید مواد غذایی به طور معنی‌داری کاهش یافته و در چنین شرایطی گیاهان به جای صرف انرژی برای تولید ماده غذایی و افزایش ماده خشک گیاه، به انتقال و توزیع مواد غذایی موجود می‌پردازد (Xu et al., 2009; Soleymanifard et al., 2011). نتایج این پژوهش نشان داد که در تمامی ارقام مورد بررسی تنش کمبود آب موجب کاهش معنی‌دار شاخص‌های مورد بررسی شد.

محتوای آب نسبی برگ به عنوان یک شاخص مهم در سنجش میزان تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی معرفی شده و مطالعات متعدد نشان داده است که محتوای آب نسبی بالا در یک گیاه در شرایط تنش کم‌آبی نشان‌دهندهٔ متحمل بودن آن گیاه نسبت به

www.SID.ir

Archive of SID

شرایط تنش است (Rahbarian et al., 2011; Yordanov et al., 2003). حفظ آب برگ در اثر کاهش تبخیر و تعرق یک مکانیسم مهم اجتناب از تنش خشکی است. مطالعات متعدد نشان داده است که قدرت حفظ آب موجود در برگ در شرایط تنش کمبود آب، در ارقام حساس کاهش می‌یابد (Beck et al., 2007; Amiri et al., 2017). ارقام مقاوم به تنش کمبود آب مکانیسم‌هایی برای حفظ آب برگ و جلوگیری از هدررفتن آن دارند، یکی از این مکانیسم‌ها کاهش سطح برگ در جهت کاهش میزان تبخیر سطحی و تعرق و همچنین تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها در این شرایط است (Hosseinzadeh et al., 2016). تفاوت ارقام مختلف از نظر میزان نسبی آب برگ به تفاوت آنها در میزان جذب آب از خاک، کارایی سیستم ریشه‌ای و قدرت کنترل هدرروی آب از طریق روزنه‌ها مربوط می‌شود (Galle et al., 2002). در گیاهان ذرت، لوبیا، نخود و گندم، میزان نسبی آب برگ به عنوان نشانگر جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی معرفی شده است (Galle et al., 2002; Helal and Samir, 2008; Hosseinzadeh et al., 2017; Rasti Sani et al., 2014).

تغییرات در رنگدانه‌های فتوسنتزی نظیر کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها علاوه بر تنش‌های محیطی، تحت تأثیر نوع ژنوتیپ و مرحله فنولوژیکی گیاه نیز قرار دارد (Amiri et al., 2018). گیاهان در مقابله با تنش آبی به منظور حفظ آب برگ، با بستن روزنه‌ها تعرق را کاهش می‌دهند اما از سوی دیگر به انتقال غیرفعال در آوند چوب آسیب وارد می‌کند (Ahmadpour et al., 2017). از طرف دیگر کمبود آب منجر به اختلال در واکنش‌های نوری فتوسنتز و تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) شده که در نهایت منجر به تخریب فتوسیستم‌های نوری و کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌شود (Ahmadpour et al., 2017). گزارش‌های متعددی بیان می‌کند، ارقامی که از مکانیسم‌های کارآمدتری برای جلوگیری از کاهش شدید تعرق و حذف گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن برخوردار باشند، قادر به تحمل بهتر شرایط تنش آبی هستند (Khavari-Nejad, 1988; Cox and Jolliff, 2000; Hassanpour et al., 2012). ارقام متحمل با حفظ انتقال غیرفعال در آوند چوب در جهت صعود آب و عناصر مغذی، امکان رشد و انجام فرایندهای سلولی را بهتر فراهم نمایند و نیز با فعالیت بیشتر سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی قادرند از تجزیه فتوسیستم‌ها و رنگدانه‌ها جلوگیری کنند (Barens and Wooley, 2009; Helal and Samir, 2008). بنابراین، کاهش شدید رنگدانه‌ها در سطوح بالای تنش آبی، می‌تواند به دلیل کاهش انتقال مواد معدنی و آب مورد نیاز برگ‌ها در اثر کاهش مکش ناشی از تعرق در آوند چوب و افزایش تنش اکسیداتیو ناشی از ROS در سلول‌های برگی و تجزیه این رنگدانه‌ها باشد (Hosseinzadeh et al., 2016). در این مطالعه تنش شدید منجر به کاهش معنی دار رنگدانه‌های فتوسنتزی در مقایسه با شرایط بدون تنش شد و در بین ارقام مورد بررسی نیز مشاهده شد که ارقام پروگرس و گابور نسبت به ارقام آذرگل،هایسان ۲۵ وهایسان ۳۶ تحمل بیشتری نسبت به شرایط تنش ملایم و شدید داشت.

تنش کم‌آبی عموماً با کاهش آب قابل دسترس در خاک رخ می‌دهد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان نسبت به شرایط کمبود آب می‌گردد (Johnson et al., 2002; Ganjeali et al., 2011). در این میان تغییرات فیزیولوژیک در برگ‌ها و سیستم فتوسنتزی گیاهان در شرایط تنش کمبود آب نقش مهمی در تحمل به تنش ایفا می‌کند (Singh et al., 2005; Piper et al., 2007). مهم‌ترین عوامل

www.SID.ir

Archive of SID

محدود کننده فتوسنتز در شرایط تنش رطوبتی عبارتند از: ۱- عوامل محدود کننده روزنه‌ای، که با بسته شدن روزنه‌ها همراه بوده و ورود CO_2 به عنوان گهرمایه آنزیم روبیسکو را محدود می‌کند، در نتیجه با کاهش CO_2 در اطراف آنزیم روبیسکو، فرآیند اکسیژناسیون (تنفس نوری) به جای کربوکسیلاسیون (فتوسنتز) انجام خواهد شد. ۲- عوامل محدود کننده غیر روزنه‌ای که شامل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی در اثر تولید گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن در زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی، کاهش مقدار و فعالیت آنزیم روبیسکو، مهار سنتز ریبولوز بیس فسفات، کاهش فسفریلاسیون نوری و کاهش تولید عوامل احیایی در اثر اختلال در زنجیره انتقال الکترون می‌باشد (Pagter et al., 2005; Hosseinzadeh et al., 2016). نتایج این مطالعه نشان داد که تنش شدید منجر به کاهش معنی‌دار فتوسنتز خالص در تمامی ارقام مورد بررسی نسبت به شرایط بدون تنش و تنش ملایم شد. در بین ارقام مورد بررسی در شرایط تنش ملایم رقم گابور تحمل بیشتری نسبت به دیگر ارقام داشت اما در شرایط تنش شدید مشاهده شد که تمامی ارقام از لحاظ فتوسنتز خالص با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند.

تجمع پرولین و برخی پروتئین‌ها در برگ و ریشه به‌منظور حفظ فشار تورژسانس سلول‌های گیاهی قسمتی از مکانیسم‌های مقاومت در برابر تنش رطوبتی است (Nadeem et al., 2002). از مهمترین دلایل تجمع پرولین در شرایط تنش آبی می‌توان به‌فعال‌سازی آنزیم‌های بیوسنتزی پرولین، کاهش تخریب آن در اثر اکسیداسیون و کاهش استفاده از پرولین در سنتز پروتئین‌ها اشاره کرد (Roche et al., 2009; Hosseinzadeh et al., 2017). پرولین در سلول‌های تحت تنش به دلیل خاصیت هیدروفیلی قادر است جایگزین مولکول‌های آب در اطراف نوکلئیک اسیدها، پروتئین‌ها و مولکول‌های غشایی گردد و بدین وسیله از ساختار غشاء سلول محافظت می‌کند (Bayoumi et al., 2008). نقش اصلی دیگر انباشت پرولین و برخی دیگر از پروتئین‌های محلول برگی تنظیم اسمزی در سلول‌های برگی است، بدین صورت که با کاهش پتانسیل اسمزی و در نتیجه کاهش پتانسیل آب منجر به از یک سو منجر به جذب بیشتر آب به درون سلول و از سوی دیگر باعث حفظ آب در داخل سلول می‌شوند (Ahmadpour et al., 2016; Amiri et al., 2018).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج خصوصیات فیزیولوژیک پژوهش حاضر نشان داد که صفات فتوسنتزی نظیر رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کاروتنوئیدها، کلروفیل کل)، فتوسنتز خالص و میزان پرولین برگی در شرایط بدون تنش، تنش ملایم و تنش شدید در تمامی صفات ذکر شده ارقام پروگرس و گابور در مقایسه با سایر ارقام برتری معنی‌داری داشت.

References

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R. and Chashiani, S. (2016). Study of root morpho-physiological and biochemical characteristics of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in response to moisture stress. Journal of Iranian Plant Echophysiological Resarch. 2(2): 123-135.

Ahmadpour, R., Hosseinzadeh, S.R., Armand, N., Chashiani, S. (2017). Evaluation of growth features, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes activity of lentils cultivars in response to water stress. Nova Biologica Reperta. 4(3): 226-235.

Amiri, H., Dousty, B. and Hosseinzadeh, S.R. (2018). Water Stress-induced Changes of

www.SID.ir

Archive of SID

Morphological, Physiological and Essential Oil Compounds in *Thymus eriocalyx* from Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 21(5): 1210-1223.

Amiri, H., Ismaili, A. and Hosseinzadeh, S.R. (2017). Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. karaj). Compost Science and Utilization. 25(3): 152–165.

Baloglu, M.C., Kavas, M., Aydin, G., Öktem, H.A. and Yücel, A.M. (2012). Antioxidative and Physiological Responses of Two Sunflower (Helianthus annuus) Cultivars under PEG-Mediated Drought Stress, Turkish Journal of Botany. 36(6): 707-714.

Barens, D.L. and Wooley, D.G. (2009). Effects of moisture stress at different stages of growth, Camparison of a single – eared and two – eared corn hybrid. Agronomy Journal. 61: 788–790.

Bayoumi, T.Y., Eid, M. and Metwali, E.M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology. 7: 2341-2352.

Beck, E., Fettig, S., Knake, C., Hartig, K. and Bhattarai, T. (2007). Specific and unspecific responses of plants to cold and drought stress. Journal of Bioscience. 32: 501-510.

Bian, Sh. and Jiang Y. (2008). Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae. 120: 264-270.

Chimenti, C.A., Pearson, J. and Hall, A.J. (2002). Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crop Research. 75: 235-246.

Cox, W.J. and Jolliff, G.D. (2000). Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal. 78:226-230.

Galle, A., Csiszar, J., Tari, I. and Erdei, L. (2002). Changes in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars. Acta Biologica Szegedieniensis. 46: 85-86.

Gamze, O., Mehmet Demir, K.A. and Mehmet A.T. (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Foresty. 29: 237-242.

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.

Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Dagusta, N. (2004). Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. Field Crops Research. 87: 167-178.

Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Cha, W. and Zarrouk, M. (2008). Impacts of water stress on gas exchange, water elations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. Scientia Horticulturae. 1: 1-7.

Gunes, A., Cicek, N., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Guneri, E. and Guzelordu, T. (2006). Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and post an thesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environment. 52: 868-876.

Hashemi Dezfoli, A., Kocheki, A. and Banayan Aval, M. (1995). Increasing the yield of crops. Publications by University of Mashhad. 183pp.

Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R.A., Niknam, V., Najafi, F. and Razavi, K. (2012). Effects of penconazole and water deficit stress on physiological and antioxidative responses in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). Acta Physiolgia Plantarum. 34(4): 1537-1549.

Helal, R.M. and Samir, M.A. (2008). Comprative response of drought tolorant and drought sensitive maize genotypes to water stress. Austeralian Journal of crop science. 1: 31-36.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. (2016). Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Photosynthetica. 54(1): 87-92.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. (2017). Nutrition and biochemical responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to vermicompost fertilizer and water deficit stress. Journal of Plant Nutrition 40(16): 2259–2268.

Javaid, T., Bibi, A., Sadaqat, H.A. and Javed, S. (2015). Screening of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Hybrids for Drought Tolerance at Seedling Stage. International Journal of Plant Science and Ecology. 1(1): 6-16.

www.SID.ir

Archive of SID

Karimi, M.M. and Siddique, K.H.M. (1991). Crop growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research. 42:13-20.

Karimzaded-Asl, KH., Mazaheri, D., Peghambari. S.A. (2003). Efect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivar. Iranian Journal Agriculture Science. 34 (2). 293-301.

Khamari, S., Ghasemi, K., Alyari, H. and Zehtab Salmasi, S. (2007). The effect of irrigation on phenology and yield of three sunflower cultivars in Tabriz. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 14(6): 72-80.

Khavari-Nejad, R.A. (1988). Effects of Ca/Na interaction on carbon dioxide exchange and growth of NaCl-stressed sunflower plants. Photosynthetica. 22(4): 562- 566.

Nadeem, T.M.H., Imran, M. and Kamil Husain, M. (2002). Evaluation of sunflowers in bred lines for drought tolerance. International Journal of Agriculture and Biology. 10: 398-400.

Naderi Darbaaghshahi, M., Normohammadi, Gh., Majidi, A., Darwish, F., Rad, A. and Madani, H. (2005). Investigating the response of summer safflower to different drought stress in Isfahan region. Journal of Agricultural Sciences. 7(3): 225-212.

Nagarathna, T.K., Shadakshari, Y.G., Ramakrishna, P.V.R., Jagadish, K.S. and Puttarangaswamy, K.T. (2012). Examination of root characters, isotope discrimination, physiological and morphological traits and their relationship used to identify the drought tolerant sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. Helia. 35(56): 1-8.

NeSmith, D.S. (1992). Estimating summer squash leaf area nondestructively. Horticulture Science. 27(1): 77-86.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. (2005). Tolerance and physiological responses of Phragmites australis to water deficit. Aquatic Botany. 81: 285-299.

Rahbarian, R., Khavari-nejad, R., Ganjeali, A., Bagheri, A.R. and Najafi, F. (2011). Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water. Acta Biologica Cracoviensia-Series Botanica. 53: 47-56.

Rasti Sani, M., Lahouti, M. and Ganjeali, A. (2014). Effect of drought stress on some morphophysiological traits and chlorophyll fluorescence of red bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Resarch. 5(1):103-116.

Razi, H. and Asaad. T. (1998). Evaluation the change of important agronomic traits and drought stress tolerance related criteria in sunflower cultivars. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 2(1): 31-43.

Roche, J., Hewezi, T., Bouniols, A. and Gentzbittel, L. (2009). Real-time PCR monitoring of signal transduction related genes involved in water stress tolerance mechanism of sunflower. Plant Physiology and Biochemistry. 47: 139-145.

Roshdi, M., Heydari Sharifabad, H., Karimi, M., Nourmohammadi, GH. and Darvish, F. (2006). A Syrvey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar and its components. Journal Agriculture Science. 12(1): 109-121.

Sikder, S., Foulkes, J. and West, H. (2015). Evaluation of photosynthetic potential of wheat genotypes under drought condition. Photosynthetica. 53: 47-54.

Soleymanifard, A., Pourdad, S.S., Naseri, R. and Mirzaei, A. (2011). Effect of planting pattern on phonological characteristics and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in rainfed conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 13(2): 282-298.

Vorasoot, N., Songsri, P., Akkasaeng, C., Jogloy, S. and Patanothi, A. (2003). Effect of water strees on yield and agronomic characters of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Songklanakarin Journal of Science and Technology. 25: 283-288.

Wang, W., Vinocur, B. and Altman, M.A. (2003). Plant responses to drought towards genetic engineering for stress tolerance. Planta 218: 1-14.

Xu, Z., Zhou, G. and Shimizu, H. (2009). Are plant growth and photosynthesis limited by predrought following rewatering in grass? Journal of Experimental Botany. 60: 3737–3749.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. (2003). Plant responses to drought and stress tolerance. Bulgharestan Journal of Plant Physiology. 2: 187-206.

www.SID.ir