مجله علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد ششم، شماره ۴(۲۴)، ۱۳۹۱، صفحه ۳۶۴-۳۵۳

اثر تنش کمبود آب بر خصوصیات ریخت‌شناسی و عملکرد دانه آفتابگردان رقم آرماویریسکی

ابراهیم عباسی سیه‌جانی[۱]، فرهاد فرح‌وش[۲]، حمداله کاظمی اربط[۲] و محمدباقر خورشیدی‌بنام[۳]

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب بر خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد دانه رقم آرماویرسکی آفتابگردان، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تنش کمبود آب در پنج سطح (D_1=۵۰، D_2=۱۰۰، D_3=۱۵۰، D_4=۲۰۰ و D_5=۲۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) بودند. نتایج تجزیه‌های آماری نشان داد که عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری به ترتیب از D_1 تا D_5 معادل ۵۴۸۶، ۴۴۸۰، ۳۰۸۰، ۲۴۶۰ و ۲۲۶۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شدند. افزایش شدت تنش کمبود آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه، درصد روغن، وزن صد دانه، تعداد دانه در طبق، وزن خشک بوته، قطر ساقه و طبق، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل برگ و افزایش تعداد روزنه در واحد سطح اپیدرم پشتی برگ و مقاومت روزنه‌ای شد. در عین حال، اختلاف بین D_1 و D_2 فقط در وزن ۱۰۰ دانه، درصد پوکی و تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود. با توجه به ماهیت این صفات که پس از گلدهی و تلقیح افزایش یابند می‌توان پیشنهاد کرد که آبیاری‌های اولیه در رقم آرماویرسکی تا مرحله گلدهی بر اساس تبخیر ۱۰۰ میلی‌متری و آبیاری‌های بعدی بر اساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر انجام گیرند تا از کاهش معنی‌دار صفات فوق‌الذکر جلوگیری و عملکرد دانه نیز افزایش یابد.

واژگان کلیدی: آفتابگردان، تنش آب، درصد روغن، عملکرد دانه.

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز (نگارنده‌ی مسئول) ibm_abbasi@yahoo.com
۲- به ترتیب استادیار و استاد گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز
تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۲۱
۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی
تاریخ پذیرش: ۹۲/۲/۳۱

مقدمه

کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید در کشاورزی به‌ویژه در دوره گرم و خشک می‌باشد (Dagdelen *et al.*, 2006). کمبود آب و کاهش سریع منابع آن به طور فزاینده‌ای مهم‌ترین موضوع در بسیاری از نقاط جهان به‌ویژه نواحی خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود (Sepaskhah and Akbari, 2005; Zwart and Bastiaanssen 2004). تا وقتی که کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف کننده آب در جهان است، کارآیی استفاده از آب در کشاورزی نیازمند حفاظت منابع محدود آن می‌باشد. افزایش کارآیی استفـــاده از آب می‌تواند با راهبردهای بسیاری حاصل گردد که یکی از این راه‌کارها تغییر توان گیاه زراعی برای تولید عملکرد قابل قبول تحت شـــرایط کم آبیـــاری و آبیـــاری محدود است (Zwart and Bastiaanssen, 2004).

آفتابگردان (*Helianthus annuus*. L) یک محصول زراعی متحمل به خشکی با سیستم ریشه‌ای عمیق و جستجوگر می‌باشد (Angadi and Entz, 2002; Goksoy *et al.*, 2004). به این دلیل همواره کشت آن به اراضی دیم و نیمه خشک اختصاص یافته است. سادراس و همکاران (Sadras *et al.*,1998) ضمن مطالعه‌ی تأثیر چهار رژیم آبیاری روی عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، با اعمال تنش آبی از مرحله‌ی ظهور طبق تا آغاز گلدهی دریافتند که قطر ساقه در اثر تنش در این مرحله به میزان ۲۱ تا ۴۸ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. نتایج آزمایش کریم‌زاده اصل و همکاران (Karimzaded-Asl *et al.*, 2003) نشان دادند که با افزایش دور آبیاری صفات تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه در هکتار، درصد روغن، قطر طبق و وزن هزار دانه کاهش یافتند و درصد پوکی دانه‌ها افزایش یافت. غفاری پور (Ghaffaripor, 2004) در آزمایش خود گزارش کرد که تیمارهایی که در آنها تنش خشکی اعمال گردید، درصد دانه پوک ۲۱/۵ درصد بود در حالی این صفت در تیمارهای آبیاری کامل ۹/۹ درصد بود. جباری و همکاران (Jabbari *et al.*, 2008) در آزمایش خود بر روی آفتابگردان گزارش نمودند آبیاری محدود (آبیاری بر اساس ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در مقایسه با آبیـــاری مناسب (آبیاری بر اساس ۶۰ میلی‌متر تبخیر) باعث کاهش معنی‌دار قطر طبق و عملکرد دانه گردید. در بررسی گوکسوی و همکاران (Goksoy *et al.*, 2004) اثرآبیاری در سه مرحله رشدی تشکیل طبق، گلدهی و دانه‌دهی آفتابگردان ارزیابی گردید و بیشترین عملکرد دانه در بین تیمارها به میزان ۴۰۵۶ کیلوگرم در هکتار از آبیاری در هر سه مرحله رشدی به دست آمد و این سه مرحله به عنوان ضروری‌ترین مراحل آبیاری برای آفتابگردان شناخته شدند. اردم و همکاران (Erdam *et al.*, 2006) نیز کاهش معنی‌دار قطر طبق و عملکرد آفتابگردان را در شرایط تنش کم آبی گزارش کردند. رشدی و همکاران (Roshdi *et al.*, 2006) در آزمایش‌هایی اثر تنش کم آبی را بر صفاتی نظیر قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن صد دانه عملکرد دانه و عملکرد روغن آفتابگردان را در شرایط تنش کم آبی ارزیابی و اظهار داشتند که تنش اثر معنی‌داری بر صفات مذکور داشته و باعث کاهش آنها شده است. استرن به نقل از سرمدنیا و کوچکی (Sarmadnia and Koocheki, 1989) بیان نمود تلفات آب به ازای هر واحد افزایش شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد و وقتی شاخص سطح برگ به بیش از میزان لازم برای جذب ۸۰ درصد تشعشع خورشید می‌رسد تبخیر و تعرق دیگر افزایش نمی‌یابد. نیستانی و عظیم‌زاده (Nistani and Azimzadeh, 2003) گزارش کردند که محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌های عدس تحت شـــرایط تنش کمبود آب کمتـــر از برگ‌های

ژنوتیپ‌هایی بودند که در شرایط بدون تنش قرار داشتند. عزیزی (Azizi, 2006) اظهار داشت که محتوای نسبی ژنوتیپ‌های عدس تحت تنش کمبود آب کمتر از شرایط آبیاری کامل بودند. لاهوتی و رحیم‌زاده (Lahoti and Rahimzadeh, 1991) اظهار داشتند که تنش خشکی موجب بسته شدن نسبی روزنه‌ها شـــده و مـوجب افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌گردد در نتیجه مقاومت کل در برابر حرکت بخار آب را بیشتر از مقاومت کل در برابر حرکت CO_2 افزایش می‌دهد (Khalilvand, 2006). ناخدا (Nakhoda, 1996) مشاهده کرد که در اثر تنش کم آبی میزان کلروفیل a و b در ارزن علوفه‌ای نوتریفید کاهش پیدا کرد. خلیل‌وند (Khalilvand, 2006) گزارش نمود که در هیبرید آذرگل و رقم رکورد آفتابگردان با افزایش میزان تنش کم آبی تعداد روزنه در سطح پشتی برگ افزایش یافت ولی در تعداد روزنه در سطح شکمی برگ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

شناخت رقم یا ارقامی با عملکرد بالا و با حـداقل آب مصرفی ضروری به نظر می‌رسـد و تحقیـق حاضـر در راستای ارزیابی اثرات آبیاری محدود بر خصوصیات مختلف گیاه آفتابگردان انجام گردیده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در اراضی کرکج، در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز طی فصل زراعی سال ۱۳۸۶ اجرا گردید. ارتفاع محل آزمایش ۱۳۶۰ متر از سطح دریای آزاد در طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی می‌باشد. بافت خاک لومی شنی و pH خاک در محدوده‌ی قلیایی ضعیف تا متوسط قرار دارد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. پنج زمان آبیاری شامل: D_1=۵۰، D_2=۱۰۰، D_3=۱۵۰، D_4=۲۰۰ و D_5=۲۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A به عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. هر کرت آزمایشی از چهار ردیف به طول ۴ متر تشکیل گردید. همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات دی‌آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم به زمین داده شد. همچنین، به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه مرحله هنگام کاشت، در مرحله ۵ برگی و آغاز گلدهی در واحدهای آزمایشی به طور یکنواخت پخش شد. کاشت به صورت هیرم‌کاری با قرار دادن ۴ بذر در داخل هر کپه و در داغ آب پشته‌ها به فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متر و با فاصله‌ی پشته‌ها از هم ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. بعد از سبز شدن وجین علف‌های هرز در سه مرحله‌ی ۳، ۵ و ۱۰ برگی انجام شد. تنک واحدهای آزمایشی در مرحله ۵ برگی با اعمال تراکم ۸ بوته در متر مربع (۸۰ هزار بوته در هکتار) انجام شد. آبیاری در جوی و پشته‌ها به صورت نشتی انجام شد. آبیاری مزرعه تا مرحله R_3 (طویل شدن میانگره زیرین گل آذین به بیش از ۲ سانتی‌متر بالای برگ‌ها) برحسب نیاز کانوپی و بسته به شرایط آب و هوای منطقه بدون اعمال تنش آبی اجرا گردید. سپس تنش رطوبتی اعمال گردید. از ۴ ردیف کاشته شده در هر کرت ردیف‌های اول و چهارم جهت اثر حاشیه حذف و نمونه‌برداری انتخاب و ردیف‌های دوم و سوم جهت محاسبه عملکرد و اجزای عملکرد انتخاب شدند. صفات شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ، تعداد روزنه در واحد سطح اپیدرم پشتی برگ، محتوای کلروفیل و مقاومت روزنه‌ای اندازه‌گیری و محاسبه شدند. همچنین در مرحله رسیدگی جهت تعیین صفات قطر ساقه، قطر طبق، وزن خشک کل، درصد روغن، درصد پوکی، وزن صد دانه، تعداد دانه در طبق به تصادف از ردیف‌های کناری انتخاب و

مقدار صفات اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ از هر پلات بوته‌هایی برداشت شده و تمام برگ‌های آن جدا و توزین شدند. سپس با استفاده از یک لوله مسی از مناطق مختلف برگ دیسک‌هایی تهیه و توزین شد و با تعیین مساحت دیسک‌ها و برقراری یک تناسب به صورت زیر شاخص سطح برگ مشخص شد (Sobhani *et al.*, 1998).

$$\text{سطح برگ بوته} = \frac{\text{وزن برگ های بوته} * \text{مساحت دیسک ها}}{\text{وزن دیسک های تعبیه شده}}$$

با استفاده از کلروفیل متر (مدلSPAD-502)، مقدار کلروفیل ۵ نقطه از برگ میانی بوته در هر بوته اندازه‌گیری و میانگین آن برای هر کرت ثبت گردید. برای اندازه‌گیری تعداد روزنه‌ها، همزمان با مرحله‌ی گرده افشانی، برگ پنجم از بالا در هر بوته و در تمامی تیمارها (از هر تیمار ۵ برگ) انتخاب و پس از جدا نمودن از بوته‌ی مادری به آزمایشگاه منتقل گردیدند. برگ‌ها ابتدا با آب تمیز شسته شده و بعد از آب‌گیری، به وسیله‌ی چسب مایع و الکل سفید محلولی را تهیه و توسط قلم مو، لایه نازکی از محلول را به قسمت پشتی برگ مالیده و بعد از خشک شدن با استفاده از چسب نواری، نمونه‌ی مورد مطالعه را تهیه نموده و بر روی لام منتقل کرده و در هر لام ۵ حوزه‌ی دید میکروسکوپی با عدسی نمره ۴۰ مورد شمارش قرار گرفت و از داده‌های حاصل میانگین گرفته شد. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ از هر بوته در هر تیمار برگ سوم از انتهای بوته برداشت و بلافاصله وزن تر بوته توزین شد. سپس با استفاده از آب مقطر برگ‌های مورد نظر داخل لوله‌های آزمایشی به مدت ۵ ساعت به حالت اشباع در آورده شده و مجدداً توزین شدند. در ادامه برگ‌ها را در داخل آون ۷۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار داده و پس از خشک شدن، وزن خشک برگ‌ها تعیین و با فرمول زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه گردید (Irrigoyen *et al.*, 1992).

$$RWC\% = (Wf-Wd/Wt-Wd)\times 100$$

که در آن: Wf: وزن تر برگ، Wd: وزن خشک برگ و Wt: وزن اشباع برگ می‌باشد.

با استفاده از دستگاه پرومتر و در اوایل صبح مقاومت روزنه‌ای اندازه‌گیری شد. وزن خشک کل گیاه، وزن ۱۰۰ دانه، قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، تعداد کل دانه‌های موجود در هر طبق و درصد پوکی اندازه‌گیری و محاسبه شدند. برای اندازه‌گیری درصد روغن دانه آفتابگردان یک نمونه‌ی تصادفی ۱۰ گرمی آسیاب شده و به روش سوکسله درصد روغن تمامی تیمارها در آزمایشگاه تعیین شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که تاثیر سطوح مختلف تنش کمبود آب روی صفات قطر ساقه، قطر طبق، وزن صد دانه، تعداد دانه در طبق، وزن خشک کل، عملکرد هکتاری دانه، درصد روغن، درصد پوکی دانه، مقدار کلروفیل، تعداد روزنه در سطح پشتی برگ، مقاومت روزنه‌ایی و محتوای رطوبت نسبی معنی‌دار بود (جدول ۱).

قطر ساقه

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر ساقه در شاهد با ۵۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۲۱/۷۶ میلی‌متر و کمترین آن بعد از آبیاری پس از ۲۰۰ میلی متر تبخیر معادل ۱۸/۲۶ میلی‌متر به دست آمد (جدول ۲). با افزایش شدت تنش کمبود آب و کاهش

رشد رویشی در اثر کاهش تقسیم سلولی رشد قطری نیز به صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد. خماری (Khomari *et al.*, 2008) بیان نمود که محدودیت آب روی قطر قسمت‌های تحتانی و میانی ساقه آفتابگردان تأثیر معنی‌داری داشته و موجب کاهش قطر ساقه شده است. بررسی سادراس و همکاران (Sadras *et al.*, 1998) نیز نتایج فوق را تأیید می‌کند.

قطر طبق

حداکثر قطر طبق از آبیاری بعد از ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به ترتیب با میانگین ۲۱۴ و ۱۸۹ میلی‌متر حاصل شد. افزایش تنش کم آبیاری باعث کاهش ۲۴ تا ۳۵ درصدی قطر طبق گردید (جدول ۲). گوگسوی و همکاران (Goksoy *et al.*, 2004) نیز نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار قطر طبق می‌شود. کاهش قطر طبق در شرایط تنش کم آبیاری می‌تواند به دلیل شدت یافتن تخلیه رطوبتی خاک و عدم تخصیص آسیمیلات‌های کافی به بخش زایشی گیاه از جمله طبق رخ داده باشد. این استدلال با نتایج جباری و همکاران (Jabbari *et al.*, 2008)، اردم و همکاران (Erdem *et al.*, 2006) و کریم زاده اصل و همکاران (Karimzadeh-Asl *et al.*, 2003) مطابقت دارد.

تعداد دانه در طبق

کم شدن تعداد دانه در طبق از کاهش مساحت طبق در اثر تنش و یا افزایش درصد پوکی دانه‌ها و یا اثر توأم هر دو حاصل می‌شود. جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار شاهد معادل ۹۸۶۳ عدد و کمترین آن در تیمارهای آبیاری پس از ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۷۷۵۰ و ۷۷۲۳ عدد می‌باشد. کاهش تعداد دانه تحت تاثیر تنش رطوبتی در نتایج رشدی و همکاران (Roshdi *et al.*, 2006) و کریم زاده اصل و همکاران (Karimzadeh-Asl *et al.*, 2003) نیز آمده است.

وزن صد دانه

بیشترین وزن صد دانه در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۷/۴۳ گرم و کمترین وزن صد دانه بعد از آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر به‌دست آمد. حداقل کاهش معادل ۴۰ تا ۴۴ درصد بود (جدول ۲). خماری و همکاران (Khomari *et al.*, 2008) در مطالعات خود روی آفتابگردان، کاهش وزن هزار دانه را بر اثر بروز محدودیت آب مورد تایید قرار داد. نتیجه حاصل یعنی کاهش وزن صد دانه با اعمال تنش رطوبتی با نتایج رشدی و همکاران (Roshdi *et al.*, 2006) و کریم‌زاده اصل و همکاران (Karimzadeh-Asl *et al.*, 2003) مطابقت دارد که علت این امر تولید کمتر مواد فتوسنتزی تحت تاثیر تنش رطوبتی و نیمه پر ماندن دانه‌ها می‌باشد.

وزن خشک کل

تیمار آبیاری پس از ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر با متوسط ۱۷۵۲۰ و ۱۴۵۶۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تولید را به علت افزایش توسعه رویشی و اجزای عملکرد دانه داشت. کمترین وزن خشک در تیمارهای آبیاری پس از ۲۵۰، ۲۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد لذا محدودیت آب منجر به کاهش بیوماس شده است (جدول ۲). کاکس و جولیف (Cox and Jolliff, 1986) نیز کاهش ۲۲ الی ۵۰ درصد وزن اندام هوایی را از ۱۴۰۰ گرم در مترمربع در نتیجه کمبود رطوبت خاک گزارش کردند.

درصد پوکی دانه

مقایسه میانگین تیمارها بیانگر آن است که بیشترین درصد پوکی در تیمار آبیاری پس از ۲۵۰ میلی‌متر تبخیر با متوسط ۳۲/۹۶ و کمترین درصد پوکی دانه در تیمار شاهد با متوسط ۱۱/۳۶ بود (جدول ۲). کمبود آب در طی دوره گلدهی و گرده افشانی، به علت اثرات آن روی اعضای زایشی و افزایش تعداد دانه‌های پوک در طبق، عملکرد دانه در

آفتابگردان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Khomari, 2004). غفاری‌پور (Ghaffaripor, 2004) و کریم زاده اصل (Karimzadeh-Asl *et al.*, 2003) چنین نتایجی را گزارش کردند.

درصد روغن

بر اساس جدول ۲ بیشترین درصد روغن در تیمارهای آبیاری پس از ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۴۶/۸۳ و ۴۴/۸۳ درصد و کمترین بعد از آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد.

گلوگز اولین ماده آلی است که بلافاصله بعد از تلقیح در دانه‌ها تشکیل شده و به مرور پروتئین و لیپید نیز از مواد قندی سنتز می‌گردند. در حدود سه روز پس از تلقیح، سنتز روغن آغاز شده و تا زمانی که برگ‌ها فعال هستند، تولید ادامه خواهد یافت. در شرایط تنش رطوبی سنتز روغن به شدت افت می‌یابد (Alyari *et al.*, 2000). از سوی دیگر هر چه طول دوره‌ی تلقیح تا رسیدگی زیادتر باشد، زمان کافی بیشتری برای سنتز روغن از هیدرات‌های کربن و پروتئین‌های دانه فراهم گشته و در نتیجه درصد روغن افزایش خواهد یافت (Alyari *et al.*, 2000). بنابراین، شاید بتوان گفت چون در شرایط بدون تنش زمان بیشتری جهت پر شدن دانه وجود دارد لذا درصد روغن نیز در این تیمار بیشتر است. در مورد تیمارهای تنش نیز احتمالاً می‌توان چنین نتیجه گرفت چون تنش آبی در مرحله R_3 اعمال گردید، لذا گیاهان با نوعی شوک آبی برخورد کردند و فرصتی برای سازگاری با محیط را نداشتند و در نتیجه درصد روغن در آنها کاهش یافت. نتایج آزمایش کریم‌زاده اصل و همکاران (Karimzadeh-Asl *et al.*, 2003) نتایج فوق را تایید کرد.

شاخص محتوای کلروفیل

داده‌های مندرج در جدول ۲ بیانگر آن است که بیشترین کلروفیل در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۴۹/۵۶ و کمترین آن بعد از آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد. علت این امر تجزیه و تخریب کلروفیل در اثر تنش کمبود آب می‌باشد. هم چنین گلوتامات که پیش ماده‌ی کلروفیل و پرولین است در اثر تنش کمبود آب به پرولین تبدیل و در نتیجه از محتوای کلروفیل کاسته می‌شود. خلیل‌وند (Khalilvand, 2006) گزارش کرد که در هیبرید آذرگل و رقم رکورد آفتابگردان با افزایش میزان تنش کم آبی محتوای کلروفیل در برگ کاهش یافت. ناخدا (Nakhoda, 1996) نیز چنین نتایجی را گزارش نموده است.

تعداد روزنه در واحد سطح اپیدرم پشتی برگ

جدول ۲ نشان داد که بیشترین تعداد روزنه‌ی سطح پشتی برگ در تیمار آبیاری پس از ۲۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر معادل ۷۱/۳۳ و ۶۵/۶۷ عدد و کمترین آن در تیمار شاهد (آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر) معادل ۳۴/۰۰ عدد می‌باشد. خلیل‌وند (Khalilvand, 2006) هم در آزمایش بر روی آفتابگردان چنین نتایجی را گزارش نمود.

مقاومت روزنه‌ای

میانگین‌های مندرج در جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت روزنه‌ای در تیمار حداکثر تنش (آبیاری پس از ۲۵۰ میلی‌متر تبخیر) معادل ۵/۰۳۳ ثانیه بر سانتی‌متر و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۰/۵۳۳۳ ثانیه بر سانتی‌متر حاصل شد. دلیل این امر را چنین می‌توان بیان کرد که در زمان حادث شدن تنش آبی به دلیل کاهش میزان آب در داخل سلول برگ و کاهش فشار تورگور، تولید ABA افزایش یافته که منجر به بسته شدن روزنه‌ها می‌گردد، لذا موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌شود. همچنین، در شرایط کمبود آب، خـروج آب از داخل واکوئل سلول‌های محافظ روزنه‌ها سبب کاهش فشار تورگر سلول‌های مذکور شده و

سبب تغییر حجم و شکل آنها می‌گردد. لذا اندازه منفذ روزنه‌ها به تدریج کاهش یافته و موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای می‌گردد. اگر یک برگ دچار کمبود آب باشد سلول‌های محافظ روزنه‌ای آن آب کمتری خواهند داشت و فشـار تـورگر آنها کاهش می‌یابد، در نتیجه اندازه‌ی قطر روزنه‌ها کاهش یافته و موجب افزایش مقاومت روزنه‌ای، کاهش سطح برگ، کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ‌ها و در نهایت سبب کاهش عملکرد دانه در هکتار می‌گردد. خلیل‌وند (Khalilvand, 2006) در مطالعه بر روی آفتابگردان بیان نمود که سطوح مختلف تنش آبی بر روی صفت مقاومت روزنه‌ای تأثیر معنی‌داری گذاشت بدین ترتیب که با افزایش سطوح تنش آبی میزان مقاومت روزنه‌ایی افزایش پیدا کرد. نتایج فوق توسط هاپکینز به نقل از احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2006) و لاهوتی و رحیم‌زاده (Lahoti and Rahimzadeh, 1991) تأیید شده است.

محتوای آب نسبی برگ (RWC)

مقایسه میانگین‌های این صفت نشان داد (جدول ۲) که بیشترین محتوای آب نسبی برگ در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۷۸/۸۶ درصد و کمترین آن در تیمار آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر حاصل شد. همچنین، احتمالاً با کاهش فشار تورگر سلول‌های برگ، پتانسیل آب سلول‌های برگ نیز به مقدار زیادی کاهش می‌یابد. با افزایش غلظت مواد محلول در بافت‌ها، پتانسیل آب بافت‌ها نیز کاهش یافته و با ادامه‌ی کاهش، مقدار آب نسبی، آب باقی مانده در بافت‌ها به طور شدیدتری توسط مواد و اجزای تشکیل دهنده بافت نگه‌داری می‌شود، لذا پتانسیل آب برگ با سرعت بیشتری کاهش می‌یابد. لذا کاهش محتوای آب نسبی برگ‌ها موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد. خماری (Khomari, 2004) در آزمایش خود بر روی آفتابگردان مشاهده کرد که تنش کمبود آب باعث کاهش محتوای آب نسبی برگ‌های میانی و فوقانی بوته گردید. این موضوع توسط عزیزی (Azizi, 2006) و نیستانی و عظیم‌زاده (Nistani and Azimzadeh, 2003) تأیید شده است.

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین‌های صفت شاخص سطح برگ مشخص کرد که بیشترین شاخص سطح برگ در تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۲/۹۶۶ و کمترین شاخص سطح برگ در تیمارهای آبیاری پس از ۲۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر معادل ۰/۹۰۰۰و ۱/۱۰۰ حاصل شد (جدول ۲). علت این امر را می توان کاهش رشـد رویشی و متعاقب آن کاهش سطح برگ‌ها در شرایط تنش آبی بیان داشت. در شرایط کمبود آب کاهش فشار تورژسانس سبب کاهش رشد و محتوای آب نسبی برگ‌ها در گیاه در حال رشد می‌شود. همچنین، افزایش محسوس غلظت مواد محلول در بافت‌هایی که تحت تنش آب هستند موجب کاهش پتانسیل آب برگ‌ها شده و این امر ممکن است به خصوصیات دیواره سلولی تأثیر گذاشته و سبب کاهش رشد برگ‌ها، کاهش محتوای آب نسبی برگ، کاهش مقاومت روزنه‌ای، کاهش شاخص سطح برگ و در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه در هکتار گردد. نتایج فوق با نتایج استرن به نقل از سرمدنیا و کوچکی (Sarmadnia and Koocheki, 1989) و هاپکینز به نقل از احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2006) مطابقت دارد.

عملکرد دانه

مقایسه میانگین در مراحل مختلف تنش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری پس از ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر معادل ۵۴۸۶ و ۴۴۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در تیمارهای آبیاری پس از ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی‌متر

به‌وجود آمده است. بین مراحل ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر و همچنین بین مراحل ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۵۰ میلی متر تبخیر از نظر عملکرد دانه اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت (جدول ۲). به عبارت دیگر می‌توان گفت با آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به‌جای آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر می‌توان همان عملکرد دانه را به‌دست آورد. پس منطقی به نظر می‌رسد با آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر به‌جای آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر در مصرف آب صرف جویی کرد و آب مربوط به ۵۰ میلی‌متر تبخیر را به زراعت دیگر اختصاص داد. این موضوع با قبول کاهش عملکرد معنی‌دار در آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر می‌توان به آبیاری پس از ۲۵۰ میلی‌متر نیز تعمیم داد و آب اضافی را به مصرف زراعت‌های دیگر رسانید. در مطالعه حاضر با افزایش سطوح تنش کم آبیاری از ۱۰۰ میلی‌متر به بعد عملکرد دانه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد که می‌تواند ناشی از کاهش قطر طبق و در نتیجه کاهش تعداد دانه و همچنین وزن صد دانه و شاخص سطح برگ باشد (جدول ۲).

خماری (Khomari *et al*., 2008) در آزمایش خود بر روی آفتابگردان اعلام نمود بروز تنش خشکی در مرحله‌ی گلدهی و گرده افشانی به لحاظ تأثیر آن بر اندام‌های زایشی و کاهش سطح برگ موثر در طی دوران زایشی گیاه، منجر به بیشترین کاهش عملکرد دانه آفتابگردان شده است. اکثر محققان افزایش محدودیت آب در طی دوران زایشی گیاه را در کاهش عملکرد دانه موثر دانسته‌اند (Karimzadeh- Asl *et al*., 2003; Goksoy *et al*., 2004; Jabbari *et al*., 2008; Erdem *et al*., 2006).

نتیجه‌گیری کلی

با وجودی‌که آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر در مزرعه بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود، اما ملاحظه گردید که اختلاف آن با آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر معنی‌دار نمی‌باشد. در جدول ۲ ملاحظه می‌شود که اختلاف ۲ سطح آبیاری فقط در وزن ۱۰۰ دانه، درصد پوکی و تعداد دانه در طبق معنی‌دار است. به نظر می‌رسد با توجه به ماهیت این صفات که پس از گلدهی و تلقیح شروع به افزایش می‌نماید، می‌توان پیشنهاد کرد که در رقم آرماویرسکی آبیاری‌های اولیه تا گلدهی بر اساس تبخیر ۱۰۰ میلی‌متری انجام و آبیاری‌های بعد از گلدهی براساس ۵۰ میلی‌متر تبخیر انجام گیرد تا از کاهش معنی‌دار صفات فوق الذکر جلوگیری و عملکرد دانه نیز افزایش یابد. اگر مقدار آب موجود در اواخر فصل کم باشد آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر برای رقم آرماویریسکی در منطقه تبریز قابل استفاده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس برای خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد دانه رقم آرماویریسکی آفتابگردان در سطوح مختلف تنش کمبود آب

Table 1- Analysis of variance for morphological characteristics and seed yield in Armavirsky cultivar under limited water deficiency

منبع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares						
			قطر ساقه Stem diameter	قطرطبق Head diameter	وزن۱۰۰ دانه 100 grain yield	وزن خشک کل dry weight	درصد روغن Oil content	درصد پوکی Percentage of unfilled	تعداد دانه در طبق No. of grain in head
Replication	تکرار	2	4	900	۰.968	204911*	13	2	3244002
Stress	تنش	4	14*	3245**	5**	800513**	38**	223**	2324723**
Error	خطا	8	2	233	0.377	41150	3	6	128013

Table 1 continued **ادامه جدول ۱**

منبع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
			شاخص سطح برگ LAI	شاخص میزان کلروفیل chlorophyll content	مقاومت روزنه‌ای stomata resistance	تعداد روزنه سطح پشتی برگ No, of adaxial stomata	محتوای رطوبت نسبی RWC	عملکرد دانه Grain yield
Replication	تکرار	2	0.104	170**	.098 0	9	1	1282921^{ns}
Stress	تنش	4	2**	186**	8**	697**	303**	575134**
Error	خطا	8	0.056	12	.2940	17	19	392927

ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% of probability levels, respectively

ns,* و **٪به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد دانه رقم آرماویریسکی آفتابگردان در سطوح مختلف تنش کمبود آب

Table 2- Mean comparisons for morphological characteristics and seed yield in a sunflower cultivar under limited irrigation stress

سطح تنش Stress level	قطر ساقه Stem diameter(mm)	قطرطبق Head diameter (mm)	وزن۱۰۰ دانه 100 grain yield (g)	وزن خشک کل dry weight (kg/ha)	درصد روغن Oil content (%)	درصد پوکی Percentage of unfilled (%)	تعداد دانه در طبق No. of grain in head
D1=50 millimeter evaporation	21.76 a	214 a	7.43 a	17536 a	46.83 a	11.36 e	9863 a
D2=100 millimeter evaporation	21.16 ab	189 a	5.43 b	14560 a	44.83 ab	16.53 d	8765 b
D3=150 millimeter evaporation	19.46 ab	154 b	4.43 bc	9840 b	43.00 bc	21.63 c	8433 b
D4=200 millimeter evaporation	18.26 bc	142 b	4.23 bc	8960 b	39.83 cd	27.83 b	7750 c
D5=250 millimeter evaporation	16.36 c	139 b	4.16 c	7824 b	38.00 d	32.96 a	7723 c

Table 2 Continued.

ادامه جدول ۲

سطح تنش Stress level	عملکرد دانه Grain yield (kg/ha)	محتوای آب نسبی RWC (%)	تعداد روزنه سطح پشتی No, of adaixial برگ stomata	مقاومت روزنه‌ای stomata resistance (sec/cm)	میزان کلروفیل chlorophyll content	شاخص سطح برگ LAI
D1=50 millimeter evaporation	5486 a	78.86 a	34.00 d	0.53 d	49.56 a	2.96 a
D2=100 millimeter evaporation	4480 a	65.36 b	44.33 c	2.16 c	40.53 b	2.16 b
D3=150 millimeter evaporation	3080 b	61.70 b	54.33 b	2.90 bc	37.56 b	1.76 b
D4=200 millimeter evaporation	2460 b	57.06 bc	65.67 a	3.56 b	33.76 bc	1.10 c
D5=250 millimeter evaporation	2260 b	52.46 c	71.38 a	5.03 a	28.50 c	0.90 c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

References منابع مورد استفاده

- Ahmadi, A., P. Ehsanzadeh and F. Jabbari. 2006. Introduction to plant physiology. Vol. 2. Tehran University Press.pp.79-95. (In Persian).
- Alyari, H., F. Shekari and F. Shekari. 2000. Oil seeds. Amidi Press, Tabriz. 162p. (In Persian).
- Angadi, S.V. and M.H. Entz. 2002. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars. *Agronomy Journal*. 94:136-145.
- Azizi, S.H. 2006. Drought effect on some cultivars and improved lines of lentil in Ardabil. M.Sc. Thesis. IAU. Tabriz branch pp.131. (In Persian).
- Cox, W.J. and G.D. Jolliff. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. *Agronomy Journal*. 78: 226-230
- Dagdelen, N., E. Yilmaz, F. Sezgin, and T. Gurbuz. 2006. Water-yield relations and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. *Agricultural Water Management*. 82:63-85.
- Erdem, T., Y. Erdem, A. H. Orta, and H. Okursoy. 2006. Use of a crop water stress index for scheduling the irrigation of sunflower (*Helianthus annuss* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 30: 11-20.
- Ghaffaripor, A. 2004. Drought effect on yield and quantitative and qualititative attributes in new sunflower hybrids. M.Sc. IAU. Karaj Branch. (In Persian).
- Goksoy, A.T., A.O. Demir, Z.M. Turan, and N. Dagustu. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research*. 87:167-178.
- Irrigoyen, J.J., D.W. Einerich and M. Sanchez–Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentration of prolin and total soluble sugar in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Phsiol Plant*. 84: 55-60.
- Jabbari, H., G. Akbari, and J. Daneshiyan. 2008. Effect of limited irrigation on phenological, morphological and agronomic characteristics of sunflower hybrids. *Journal of Research in Agricultural Science*. 3(2): 162-171. (In Persian).
- karimzadeh-Asl, K.H. D. Mazaheri, and S.A. Peyghambari. 2003. Effect of four irrigation intervals on the seed yield and quantitative characteristics of three sunflower cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 34(2): 293-301. (In Persian).
- Khalilvand, E. 2006. Effect of drought on two sunflower *(Helianthus annuss* L.) hybrids yield and yield components in different density. M.Sc. Thesis. IAU. Tabriz Branch. (In Persian).
- Khomari, S. 2004. Investigating the effect of water deficit on grain filling, yield components and yield of three sunflower cultivars. M.Sc. Thesis. In Agronomy.Faculty of Agriculture, University of Tabriz. 94p. (In Persian).
- Khomari, S., K. GhasemiGolezani, H. Alyari, S. ZehtabSalmasi and A. Dabagh Mohamadinasab. 2008. Effect of irrigation disruption on phenology and grain yield of

three sunflower *(Helianthus annuss* L.) cultivar in Tabriz. *J. Agric. Sci. Natur. Resour*. 14 (6): 72-80. (In Persian).

- Lahoti, M., and F. Rahimzadeh. 1991. Plant physiology Principles. Astan Qods Razavi Press. (In Persian).
- Nakhoda. B. 1996. Effects of water deficit and cutting the growth indicators and the performance quality and quantity of forage millet Nutrifid. M.Sc. Thesis. In Agronomy. Faculty of Agriculture, University of Tarbiyat Modarres. (In Persian).
- Nistani, A. and M. Azimzadeh. 2003. Evaluation of drought tolerance in different lens cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 5(1): 61-69.
- Roshdi, M. H. Heidari Sharif Abad, M. Karimi, G. Normohammadi and F. Darvish. 2006. Effects of water deficit on yield and yield components of sunflower cultivars. *Journal of Agricultural Sciences*. 12(1): 109-122. (In Persian).
- Sadras, V.O., D.J. Cannor and D.M. Whitifield. 1998. Yield, yield components and source-sink relationships in water- stressed sunflower. *Field Crops Research*. 31: 27-39.
- Sarmadnia, G.H. and A. Koocheki. 1989. Dry-farming physiological aspects. Jahad-e-Daneshgahi Mashhad. pp. 65-108. (In Persian).
- Sepaskhah A.R. and D. Akbari. 2005. Deficit irrigation planning under variable seasonal rainfall. *Bio-systems Engineering*. 92(1): 97-106.
- Sobhani, A., A. H. Shirani, and B. Nakhoda. 1998. Guide book for determining crops Leaf Area Index. Extension booklet. SPII. Bio-technology Research department.P.13.
- Zwart, S.J. and W.G.M. Bastiaanssen. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*. 69: 115- 133.

The Effects of Water Deficit Stress on Some Morphological Characteristics and Grain Yield of Armavirsky Cultivar Sunflower (*Helianthus annuus* L.)

Abbasi Seyahjani, E.[1]*, F. Farhvash[2], H. Kazemi Arbat[2], and M.B. Khorshidi Benam[3]

Received: December 2011, Accepted: 21 May 2013

Abstract

To investigate the effects of water deficit on some morphological characteristics and grain yield of Armavirsky sunflower cultivar, an experiment in a randomized complete block design was conducted in Research Station of Islamic Azad University, Tabriz branch with three replications. Five levels of drought stress consisted: (D_1=50, D_2=100, D_3=150, D_4=200 and D_5=250 mm evaporation from class A evaporation pan). Results showed that grain yields were 5486, 4480, 3080, 2460 and 2260 kg per hectare for D_1 to D_5 respectively. Increasing water deficit levels decreased grain yield, oil percentage, no. of grain per head, 100 seed weight, dry weight, stem diameter, head diameter, leaf area index, relative water content, chlorophyll content. While increased adaixial stomata number, percentage of empty seed and stomatal resistance. However, the differences between D_1 and D_2 were only significant for 100 grain weight, empty seed percentage, and no. of grain per head; It seems that these traits begin to increase after flowering; thus, if can be suggested that early irrigations of Armavirsky up to flowering may be carried out by D_2 and then after by D_1 levels to optimize seed yield and prevent significant decrease in other attributes.

Key Words: Cultivar, Grain yield, Oil Percentage, Sunflower, Water Deficit.

1- Former PhD. Student of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2- Assistant Prof. and Prof., Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3- Assistant Prof., Agricultural and Natural Resources Research center, East Azarbaijan, Iran
**** Corresponding Author:*** *IBM_Abbasi@yahoo.com*