تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶
۵۰۵-۵۱۹
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.108.1028

بررسی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مؤثر بر رشد ارقام آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی

علی سلیمانی

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۱۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر برخی از شاخص‌های فیزیولوژیک رشد ارقام آفتابگردان مطالعه‌ای به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه مهیار شهرضای استان اصفهان اجرا شد. تنش خشکی در سه سطح آبیاری پس از تبخیر ۸۰، ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌متر از تشت تبخیر کلاس A به ترتیب به‌عنوان عدم تنش، تنش ملایم و شدید، در کرت‌های اصلی و چهار رقم آفتابگردان آذرگل، یوروفلور، قاسم و فرخ در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در این بررسی وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت اسیمیلاسیون خالص و سرعت رشد گیاه مورد ارزیابی قرار گرفتند و نتایج نشان داد ماده خشک کل و شاخص سطح برگ با افزایش شدت تنش خشکی از ۸۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. بیشترین ماده خشک کل توسط تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر حاصل شد که اختلاف آن با تیمار ۱۵۰ میلی‌متر معنی دار نبود. در طی فصل رشد بیشترین میزان ماده خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول توسط تیمار ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر حاصل شد. رقم آذرگل وزن خشک کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی بیشتری نسبت به سایر ارقام تولید نمود و به دلیل سطح برگ مناسب‌تر، سرعت اسیمیلاسیون خالص بالایی داشت. لذا تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر در شرایط عدم تنش خشکی تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر و در صورت بروز تنش خشکی ملایم تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و رقم آذرگل مناسب به نظر می‌رسد.

***واژه‌های کلیدی*: سرعت اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، وزن خشک کل.**

مقدمه

ایران جزو مناطق نیمه‌خشک به شمار می‌رود. پراکنش نزولات در این مناطق غالباً منطبق با نیازهای زراعی نبوده و محصولات دچار تنش‌های خشکی ممتد و یا موقت می‌شوند. به‌کارگیری روش‌های به زراعی و نیز استفاده از ارقام مقاوم به خشکی، امکان استفاده بهینه از مناطق نیمه‌خشک را میسر نموده و به سطح زیر کشت و بازدهی این مناطق می‌افزاید (Bamgboye et al., 2007; Mozafari et al., 1996). آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) چهارمین گیاه دانه روغنی جهان ازلحاظ تولید محسوب می‌شود (Abdi et al., 2007; Koocheki and Sarmadniya, 1993)، که به دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگار بوده و می‌تواند در مناطق خشک و نیمه‌خشک عملکرد قابل قبولی داشته باشد. شناخت ویژگی‌های مربوط به رشد، عملکرد و همچنین سازگاری این گیاه زراعی به‌خصوص در رابطه با تنش خشکی می‌تواند در گسترش سطح کشت و افزایش عملکرد آن تأثیر مهمی داشته باشد. در این رابطه شناخت مراحل حساس به خشکی این گیاه نسبت به تنش خشکی، ممکن است از طریق اجتناب از آبیاری‌های بی‌مورد، سبب بالا بردن راندمان استفاده از منابع آب‌وخاک گردد (Nadeem et al., 2002).

در منابع به اثرات تنش کم‌آبی و آبیاری محدود بر بسیاری از صفات فنولوژیک، مورفولوژیک، زراعی و فیزیولوژیک آفتابگردان اشاره شده است (Bamgboye and Adejumo,

* نگارنده پاسخگو: علی سلیمانی. پست الکترونیک: a_soleymani@Khuisf.ac.ir

2007). کاهش شدید در وزن خشک آفتابگردان به دلیل محدودیت آب است (Chimenti et al., 2007; Goksoy et al., 2004; Hashemi Dezfuli et al., 1995). با تأمین نیاز آبی گیاه آفتابگردان، تجمع ماده خشک تا زمان زرد شدن برگ‌ها افزایش پیدا می‌کند و پس‌ازآن به دلیل ریزش و حذف برگ‌ها کمی کاهش پیدا می‌کند و با اعمال تنش تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (Karam et al., 2007).

اعمال تنش خشکی در مرحله رشد رویشی (به‌جز آبیاری در ابتدای کاشت) تا مرحله گل‌دهی، سبب کاهش ارتفاع بوته و همچنین کاهش وزن خشک کل گیاه آفتابگردان می گردد (Cox and Jolliff, 1986). عمدتاً عکس‌العمل ارقام مختلف گیاه آفتابگردان نسبت به رطوبت موجود در خاک متفاوت است (De Rodriguez et al, 2002).

شاخص سطح برگ از مهم‌ترین شاخص‌های رشد در آفتابگردان است که حداکثر حساسیت را به کمبود آب نشان می‌دهد. نشانه اصلی تنش خشکی در فاز رویشی آفتابگردان کاهش تعداد و اندازه برگ‌ها است (Shiranirad, 2000). در طی این دوره حتی تنش خشکی بسیار جزئی می‌تواند سرعت رشد برگ و تعداد آن و در مراحل بعدی، شاخص سطح برگ را کاهش دهد که علاوه بر تقلیل فتو سنتز، دفع آب از سطح برگ نیز کاهش می‌یابد، زیرا سطح تعرق کننده گیاه به میزان زیادی کم می‌شود (Schneiter et al., 1987). تنش شدید خشکی می‌تواند منجر به بسته شدن روزنه‌ها گردد این امر جذب CO_2 و تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد، تداوم تنش می‌تواند کاهش شدید فتو سنتز را به دنبال داشته باشد (Koocheki et al., 1993) که به‌موازات افزایش تنش خشکی، شاخص سطح برگ نیز کاهش می‌یابد (Khalivand et al, 2009).

در مطالعه‌ای (Goksoy et al., 2004) نشان داده شد که تنش خشکی موجب زردی و ریزش زودهنگام برگ‌ها می گردد. کاهش سطح برگ با کمبود رطوبت در اثر تنش خشکی رابطه مستقیمی دارد (Karimzadeh-Asl et al., 2004). سرعت اسیمیلاسیون خالص در گیاه آفتابگردان عموماً ۱۰ تا ۲۰ روز پس از جوانه‌زنی افزایش‌یافته و یا ثابت می‌ماند. سپس باگذشت زمان و سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی هم کاهش می‌یابد (Sanjose and Cabrera, 1989). کاهش میزان فتوسنتز خالص، با افزایش سن گیاه در ارتباط است که درنتیجه آن راندمان فتوسنتز در برگ‌ها کاهش می یابد (Daber and Bang, 1986). کمبود آب میزان سرعت اسیمیلاسیون خالص، وزن خشک برگ، ساقه و طبق را در آفتابگردان کاهش می‌دهد و باعث کاهش تجمع ماده خشک کل و کند شدن روند رشد می‌گردد. در این خصوص کاهش سرعت اسیمیلاسیون خالص قابل‌توجه است (Turner and Sobrado, 1987). در مطالعه‌ای (Santamaria, 1991) نشان داده شد که ویژگی‌های ارقام آفتابگردان ازنظر تولید شاخص سطح برگ بر میزان سرعت اسیمیلاسیون خالص و درنهایت بر سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک کل اثر دارد. افزایش سریع سطح برگ و رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی که باعث می شود هر چه زودتر میزان فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به حداکثر برسد، دارای اهمیت است. برای به حداکثر رسیدن سرعت رشد محصول بایستی به میزان کافی برگ در جامعه گیاهی وجود داشته باشد تا بیشترین مقدار نور خورشید را دریافت کند. سرعت رشد محصول در اثر زیاد شدن شاخص سطح برگ تا حدی افزایش می یابد که میزان نوری که برای فتوسنتز به برگ‌های پایینی می‌رسد برای جبران تنفس کافی باشد که این عکس‌العمل در تجمع ماده خشک کل نمایان می‌گردد (Chimenti et al., 2002).

هدف از این مطالعه بررسی تغییرات برخی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی ارقام آفتابگردان در طول دوره رشد شامل شاخص سطح برگ و سرعت اسیمیلاسیون خالص که اجزای تشکیل‌دهنده رشد محصول است و نیز ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر این شاخص‌ها و روند تجمع ماده خشک کل بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی واقع در منطقه مهیار شهرستان شهرضای استان اصفهان با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۱ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی به‌صورت طرح کرت‌های یک‌بار خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. تنش خشکی در سه سطح، فواصل آبیاری بر اساس ۸۰ (شاهد)، ۱۵۰ (تنش خشکی ملایم) و ۱۸۰ (تنش شدید) میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A در کرت‌های اصلی و ارقام (آذرگل، یوروفلور، قاسم و فرخ) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

عملیات تهیه زمین در تیرماه سال ۹۲ انجام گردید. بر اساس تجزیه خاک، بافت خاک محل مورد آزمایش سیلتی

لومی بود (جدول ۱). با توجه به بالا بودن فسفر و پتاسیم خاک مزرعه کود فسفاته و پتاسه در خاک مصرف نگردید. در زمان کاشت ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره به‌صورت قبل از کاشت مصرف شد. کاشت در ۱۲ تیرماه با تراکم ۱۲۰۰۰۰ بوته در هکتار در فواصل بین ردیف ۶۰ سانتی متری با استفاده از کارگر ماهر صورت گرفت و بلافاصله اقدام به آبیاری شد. هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۵ متر در نظر گرفته شد. جهت جلوگیری از اختلاط تیمارهای آبیاری ۱/۵ متر فاصله در حدفاصل تیمارهای آبیاری لحاظ شد. در مرحله ۴ برگی نسبت به تنک جهت دستیابی به تراکم گیاهی موردنظر اقدام شد و میزان ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن از منبع اوره به‌صورت سرک مصرف شد. آبیاری تا این زمان بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A صورت گرفت و پس‌ازآن تیمارهای آبیاری اعمال شدند.

جدول ۱. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰ -۳۰ سانتی‌متر

Table 1. Physical and chemical properties of site soil at the depth of 0-30 cm

عمق Depth	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	ماده آلی Organic matter	نیتروژن قابل‌جذب N	فسفر قابل‌جذب P	پتاسیم قابل‌جذب K	سیلت Silt	شن Sand	رس Clay	بافت خاک Soil Texture
(cm)	(dsm^{-1})		(%)	---------- ($mg.\ kg^{-1}$) ----------			----------(%) ----------			
0-30	3.14	8.2	1.01	0.11	46	433	51	21	28	Silty- loam
0-60	3.28	8.13	1.03	0.10	38	403	50	25	25	Silty- loam

جهت تعیین شاخص‌های رشد گیاه، نمونه‌برداری از مرحله ۴ برگی تقریباً ۲۰ روز پس از سبز شدن آغاز و به فاصله ۱۵ روز یک‌بار تا برداشت نهایی ادامه یافت. در هر بار نمونه‌گیری شش بوته با حذف دو خط کناری از خطوط کاشت ۲ و ۳ با رعایت حاشیه برداشت شد و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. سطح برگ توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل دلتا تی[1] تعیین شد. نمونه‌ها پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه دار در ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. برای تعیین تغییرات میزان شاخص سطح برگ، روند تجمع ماده خشک کل، سرعت اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی از بهترین روابط رگرسیونی طبق معادلات (۱)، (۲)، (۳)، (۴) و (۵) استفاده شد (Soleymani et al., 2003).

$$LAI = e^{a_1+b_1t+c_1t^2} \quad [۱]$$

$$TDM = e^{a_2+b_2t+c_2t^2} \quad [۲]$$

$$NAR= (b_2+2c_2t)e^{(a_2-a_1)+(b_2-b_1)t+(c_2-c_1)t^2} \quad [۳]$$

$$CGR = NAR\times LAI = (b_2+2c_2t)e^{a_2+b_2t+c_2t^2} \quad [۴]$$

$$RGR = (b_2+2c_2t) \quad [۵]$$

در روابط فوق، TDM ماده خشک کل برحسب گرم بر مترمربع، t زمان برحسب تعداد روز پس از سبز شدن، LAI شاخص سطح برگ،NAR سرعت اسیمیلاسیون خالص، CGR سرعت رشد محصول، RGR سرعت رشد نسبی و a_1، b_1،c_1، a_2، b_2 و c2 ضرایب رگرسیونی می‌باشند.

حداکثر میزان شاخص سطح برگ (۷۰ روز پس از سبز شدن)، ماده خشک کل (۸۰ روز پس از سبز شدن)، سرعت اسیمیلاسیون خالص (۵۵ روز پس از سبز شدن)، سرعت رشد محصول (۷۵ روز پس از سبز شدن) و سرعت رشد نسبی در ۵۵ روز پس از سبز شدن آنالیز واریانس شدند و همبستگی بین آن‌ها محاسبه شد.

محاسبات آماری موردنیاز با استفاده از نرم‌افزارهای آماری Mstat-c و Statgarph، رسم گراف‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

[1]. Delta T

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

اثر تیمارهای آبیاری بر حداکثر میزان شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۳/۰۴ توسط تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر (شاهد) حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود. کمترین شاخص سطح برگ به میزان ۲/۰ نیز توسط تیمار آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که با افزایش شدت تنش خشکی از تیمار آبیاری ۸۰ (تنش ملایم) به ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌متر (به ترتیب تنش ملایم و تنش شدید) شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. کاهش سطح برگ کانوپی گیاهی به‌واسطه تنش خشکی به دلیل کاهش میزان سرعت و گسترش سطح برگ‌ها به‌واسطه اختلال در فتوسنتز و کاهش آماس سلولی درنتیجه اعمال تنش خشکی است. احتمالاً افت سطح برگ در تیمارهای تنش به‌واسطه حساسیت بالای تقسیم سلولی و سرعت رشد سلول‌ها به کم‌آبی است (Nadim et al., 2002).

روند تغییرات شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف آبیاری در طی فصل رشد نیز حاکی از آن است که تا ۴۵ روز پس از سبز شدن اختلاف بارزی بین تیمارهای مختلف آبیاری وجود نداشت ولی پس‌ازآن تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر (شاهد) در مقایسه با سایر تیمارهای آبیاری با سرعت بیشتری شاخص سطح برگ را افزایش داد و در ۷۵ روز پس از سبز شدن به حداکثر مقدار خود رسید و پس‌ازآن به نزدیک شدن به آخر فصل و ریزش برگ‌های مسن شاخص سطح برگ کاهش یافت (شکل ۱). عکس‌العمل شاخص سطح برگ تیمارهای مختلف آبیاری در طی فصل رشد حاکی از آن است که با شدت یافتن تنش خشکی از ۱۵۰ به ۱۸۰ میلی‌متر شاخص سطح برگ با سرعت بیشتری افت نمود.

اثر رقم بر حداکثر میزان شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ توسط رقم یورفلور به میزان ۲/۹۳ حاصل شد که با سایر ارقام تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین میزان شاخص سطح برگ توسط رقم قاسم به مقدار ۲/۱۸ حاصل شد که اختلاف آن با رقم فرخ معنی‌دار نبود ولی با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری داشت. نتایج حاکی از آن است که رقم یوروفلور از پتانسیل ژنتیکی ویژه‌ای در مقایسه با سایر ارقام در تولید شاخص سطح برگ برخوردار است. اختلافات ژنتیکی ارقام مختلف آفتابگردان موجب اختلاف توانایی آنان در تولید سطح برگ است (Daber and Bang, 1986).

روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام مختلف آفتابگردان حاکی از آن است که تا ۵۵ روز پس از سبز شدن اختلاف بارزی بین ارقام وجود نداشت ولی در ۷۵ روز پس از سبز شدن بیشترین میزان شاخص سطح برگ حاصل شد و با نزدیک شدن به آخر فصل رشد و ریزش برگ‌های مسن، شاخص سطح برگ کاهش یافت. رقم یوروفلور در مقایسه با سایر ارقام از شاخص سطح برگ بیشتری در طی فصل رشد برخوردار بود (شکل ۲).

ماده خشک کل

اثر تیمارهای آبیاری بر حداکثر ماده خشک کل گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ماده خشک کل به میزان ۱۳۷۹/۱ گرم در مترمربع توسط تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر حاصل شد که اختلاف آن صرفاً با تیمار ۱۵۰ میلی‌متر معنی‌دار نبود. کمترین ماده خشک کل توسط تیمار آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر به میزان ۱۰۷۹/۸۵ گرم بر مترمربع حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که هرچند تنش خشکی ملایم (تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر) ماده خشک کمتری را نسبت به تیمار ۸۰ میلی‌متر (شاهد) حاصل نمود ولی این اختلاف معنی‌دار نبود که نشان‌دهنده آن است که سطح فتوسنتزی حاصل‌شده در این تیمار توانسته است در شرایط تنش خشکی ملایم ماده خشک مناسبی را تولید نماید ولی با افزایش شدت تنش خشکی از ۱۵۰ به ۱۸۰ میلی‌متر ماده خشک کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین حداکثر ماده خشک کل با شاخص سطح برگ (r= ۰/۸۵) مشاهده شد (جدول ۴) که نشانگر آن است که با افزایش شاخص سطح برگ، ماده خشک کل نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از مطالعات متعددی (Pereira et al., 2016; Ren et al., 2016; Turner and Sobrado, 1987) حاکی از آن است که با افزایش تنش خشکی از توان فتوسنتزی گیاه کاسته می‌گردد و این امر موجب کاهش تولیدات فتوسنتزی و درنهایت کاهش ماده خشک کل می‌گردد. روند تجمع ماده خشک کل در تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A نشان می‌دهد که تا ۴۵ روز پس از سبز شدن تجمع ماده

خشک با سرعت بطئی صورت گرفته و پس‌ازآن تا ۷۵ روز پس از سبز شدن تجمع ماده خشک کل با سرعت زیادی افزایش یافت و از ۸۰ روز پس از سبز شدن تا برداشت نهایی به دلیل ریزش برگ‌های مسن وزن خشک اندکی کاهش یافت در تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به دلیل تنش صورت گرفته از ۴۵ روز پس از سبز شدن تا ۷۰ روز پس از سبز شدن به‌سرعت افزایش یافت و پس‌ازآن تا برداشت نهایی با سرعت کمتری کاهش یافت.

در تیمار آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A روند تجمع ماده خشک به دلیل تنش شدید از ۴۵ روز پس از سبز شدن تا ۶۵ پس از سبز شدن با سرعت کمتری نسبت به دو تیمار قبلی افزایش یافت و در طی فصل رشد ماده خشک کمتری را نیز حاصل نمود (شکل ۳). اثر رقم بر ماده خشک کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ماده خشک کل توسط رقم آذرگل به میزان ۱۳۳۷/۸ گرم بر مترمربع حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی‌دار بود. کمترین ماده خشک کل توسط رقم قاسم حاصل شد که اختلاف آن با ارقام یوروفلور و فرخ معنی دار نبود (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که رقم آذرگل در مقایسه با سایر ارقام از توان فتوسنتزی مناسب‌تری در تولید ماده خشک برخوردار بوده است. هرچند بیشترین شاخص سطح برگ توسط رقم یوروفلور حاصل شد ولی بااین‌وجود به نظر می‌رسد که کارایی تولید در رقم آذرگل بالاتر بوده که منجر به تولید بیشترین ماده خشک کل در مقایسه با سایر ارقام شد.

جدول ۲. تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، حداکثر ماده خشک کل، سرعت رشد اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری.

Table 2. Analysis of variance for leaf area index, maximum total dry matter, net assimilation rate, crop growth rate and relative growth rate in irrigation regimes.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)				
		حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	حداکثر ماده خشک کل Maximum total dry matter	حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص Maximum net assimilation rate	حداکثر سرعت رشد محصول Crop growth rate	حداکثر سرعت رشد نسبی در ۵۵ امین روز پس از سبز شدن Relative growth rate at 55th day after emergence
Replication (R) تکرار	2	0.004^{ns}	75884.1^{ns}	0.861	0.991^{ns}	0.00283
Irrigation (I) آبیاری	2	3.21**	4256996.0**	40.331*	59.531**	12.396**
Error a خطای اصلی (a)	4	0.02	163867.8	2.735	1.450	0.00459
Cultivars (C) رقم	3	0.92**	222783.9*	2.43*	2.646*	3.426**
I × C تیمار آبیاری × رقم	6	0.062^{ns}	3785.6^{ns}	0.384^{ns}	0.395^{ns}	0.00068^{ns}
Error b خطای فرعی (b)	18	0.042	69551.0	0.756	0.762	0.00095
CV(%) ضریب تغییرات (٪)	-	*8.2*	*20.1*	*9.8*	*4.3*	*2.9*

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

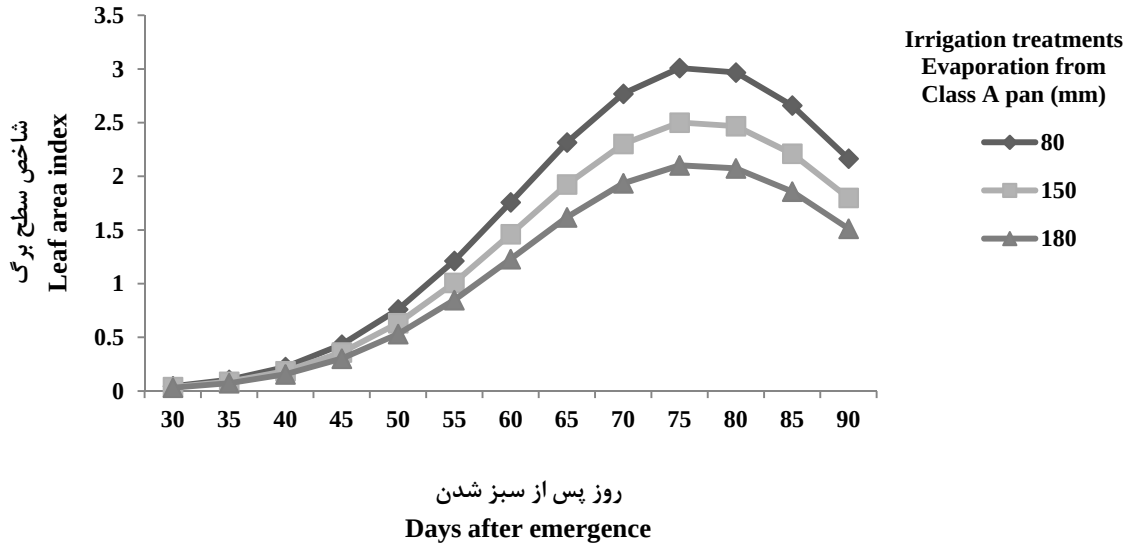
جدول ۳. اثر ساده تیمارهای آبیاری و رقم بر شاخص سطح برگ، حداکثر ماده خشک کل، سرعت رشد اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری

Table 3. The effect of irrigation treatments and cultivars on leaf area index, maximum total dry matter, net assimilation rate, crop growth rate and relative growth rate in irrigation regimes

Treatments	تیمارهای آزمایشی	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	حداکثر ماده خشک کل Maximum total dry matter ($g\ m^{-2}$)	حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص Maximum net assimilation rate ($g\ m^{-2}\ day^{-1}$)	حداکثر سرعت رشد محصول Crop growth Rate ($g\ m^{-2}\ day^{-1}$)	حداکثر سرعت رشد نسبی در ۵۵ امین روز پس از سبز شدن Relative growth rate 55th day after at emergence ($g\ g^{-1}\ day^{-1}$)
رژیم آبیاری (تبخیر از تشت تبخیر کلاس A، میلی‌متر) Irrigation treatments (Evaporation from Class A pan, mm)						
80		3.04 a	1379.1 a	9.40 b	21.51 a	0.1319 a
150		2.50 b	1241.2 a	11.01 ab	19.36 b	0.1174 b
180		2.00 c	1079.9 b	12.51 a	16.84 c	0.1118 c
Cultivars	ارقام					
Azargol	آذرگل	2.57 b	1337.8 a	10.64 b	21.01 a	0.1118 a
Euroflor	یوروفلور	2.93 a	1310.2 b	9.20 c	20.80 a	0.1070 b
Ghasem	قاسم	2.18 c	1254.9 b	12.41 a	19.57 b	0.0971 d
Farrokh	فرخ	2.37 bc	1323.9 b	12.40 a	20.65 a	0.1031 c

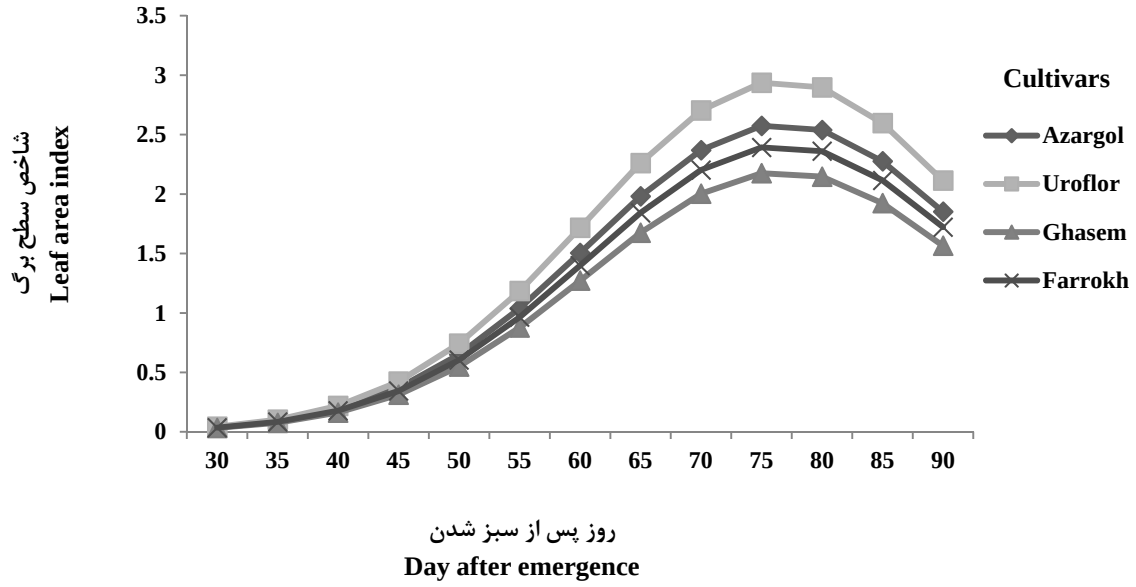
میانگین‌های با حرف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level, according to Duncan's Multiple Range Test.



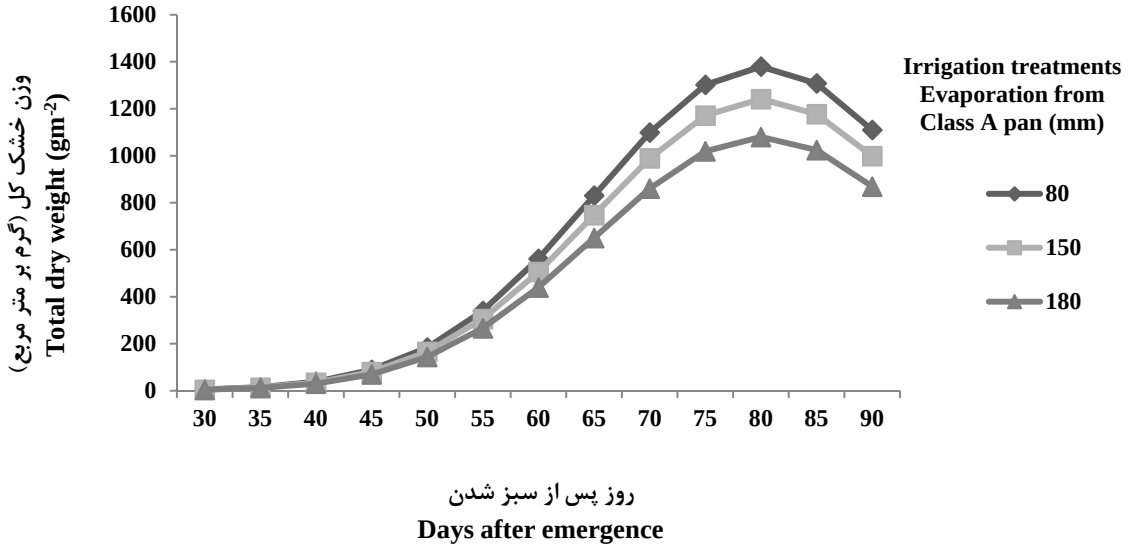
شکل ۱. روند تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف آبیاری

Fig. 1. The trend of leaf area index (LAI) changes under different irrigation treatments



شکل ۲. روند تغییرات شاخص سطح برگ در ارقام مختلف گیاه آفتابگردان

Fig. 2. The trend of changes in the leaf area index (LAI) in different sunflower cultivars



شکل ۳. روند تجمع ماده خشک کل در تیمارهای مختلف آبیاری

Fig. 3. The trend of total dry matter (TDM) changes under different irrigation treatments

در آزمایشی نشان داده شد که بالا بودن شاخص سطح برگ موجب تولید ماده خشک کل بالا نمی‌شود و میزان تولید مواد فتوسنتزی نقش ویژه‌ای دارد زیرا برگ‌های پایینی حالت مصرف‌کننده پیدا می‌کنند که درنتیجه آن ماده خشک کل افزایش نمی‌یابد (Jole et al., 1997). روند تغییرات ماده خشک کل ارقام مختلف آفتابگردان در طی فصل رشد نیز حاکی از آن است که تا ۶۵ روز پس از سبز شدن اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای بین ارقام در تجمع ماده خشک مشاهده نشد

ولی پس‌ازآن رقم آذرگل از سرعت بیشتری در تجمع ماده خشک نسبت به سایر ارقام برخوردار بود و این امر موجب شد که تا آخر فصل رشد ماده خشک کل بیشتری را نسبت به سایر ارقام تولید نماید (شکل ۴).

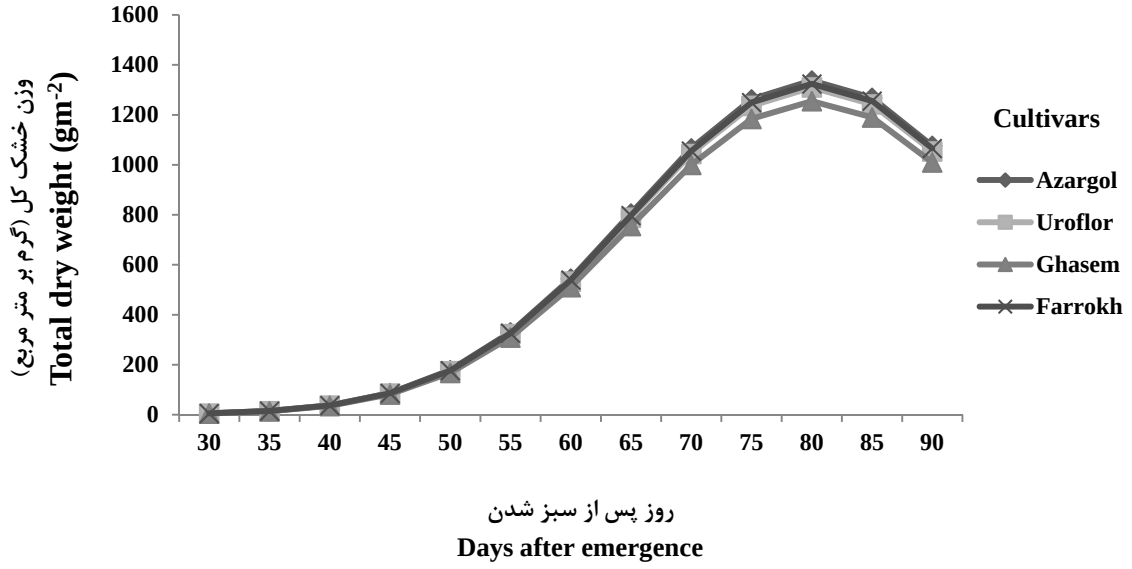
جدول ٤. همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده

Table 4. Correlation between measured traits

		DM	LAI	NAR	CGR	RGR
DM	**حداکثر ماده خشک کل**	1				
LAI	**حداکثر شاخص سطح برگ**	0.85**	1			
NAR	**حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص**	-0.63**	-0.79**	1		
CGR	**حداکثر سرعت رشد محصول**	0.89**	0.96**	0.29	1	
RGR	**سرعت رشد نسبی ۵۵ امین روز از سبز شدن**	-0.78**	-0.45*	0.33	-0.81**	1

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

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



شکل ۴. روند تغییرات ماده خشک کل در ارقام مختلف گیاه آفتابگردان

Fig. 4. The trend of changes in the total dry matter (TDM) in different sunflower cultivars

سرعت اسیمیلاسیون خالص

اثر تیمار آبیاری بر حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سرعت اسیمیلاسیون خالص در تیمار آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر حاصل شد که اختلاف آن صرفاً با تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر معنی‌دار نبود. کمترین سرعت اسیمیلاسیون خالص در تیمار آبیاری معمول حاصل شد که اختلاف آن صرفاً با تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر معنی‌دار نبود (جدول ۳). روند سرعت اسیمیلاسیون خالص در تیمارهای آبیاری نشان می‌دهد که تیمار ۱۸۰ میلی‌متر بیشترین میزان سرعت اسیمیلاسیون

خالص را در مقایسه با سایر تیمارها در طی فصل رشد دارد. تیمارهای ۸۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر نیز تقریباً از روند مشابهی ازنظر سرعت اسیمیلاسیون خالص در طی فصل رشد برخوردار بودند (شکل ۵). علت این عکس‌العمل آن است که تیمار ۱۸۰ میلی‌متر (تنش شدید) در مقایسه با تیمارهای ۸۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از میزان شاخص سطح برگ کمتری در طی فصل رشد برخوردار بود (شکل ۱). سرعت اسیمیلاسیون خالص تا هنگام به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ یعنی ۷۰ روز پس از سبز شدن به حداکثر مقدار خود رسید ولی پس‌ازآن به دلیل ریزش زودتر برگ‌ها در تیمار تنش شدید (۱۸۰ میلی‌متر) کاهش سرعت اسیمیلاسیون خالص در مقایسه با سایر تیمارهای آبیاری بیشتر است. همبستگی منفی و معنی‌داری بین سرعت اسیمیلاسیون خالص با شاخص سطح برگ به میزان (r=۰/۷۹-) مشاهده شد که نشان‌دهنده آن است که با افزایش شاخص سطح برگ، سرعت اسیمیلاسیون خالص کاهش می‌یابد. کاهش سرعت اسیملاسیون خالص از ۵۵ روز پس از سبز شدن و افزایش شاخص سطح برگ در این دوره موجب بروز همبستگی منفی گردید. با مسن شدن برگ‌ها، راندمان تولید هر برگ کاهش یافته و درنتیجه سرعت اسیمیلاسیون خالص شروع به کاهش می‌کند که موجب بروز همبستگی منفی می‌گردد (Cox and Jolliff, 1986).

اثر رقم بر حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سرعت اسیمیلاسیون خالص توسط رقم قاسم حاصل شد که اختلاف آن با صرفاً با رقم فرخ معنی‌دار نبود. کمترین سرعت اسیمیلاسیون خالص توسط رقم یوروفلور حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی‌دار بود (جدول ۳). روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص ارقام آفتابگردان در طی فصل رشد نشان داد که سرعت اسیمیلاسیون ارقام در ابتدای فصل رشد روند افزایشی و از ۷۵ روز پس از سبز شدن سیر نزولی داشت و کاهش پیدا کرد به‌طوری رقم یوروفلور به دلیل شاخص سطح برگ بیشتر (شکل ۱) و سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر روی برگ‌های پایینی دارای سرعت اسیمیلاسیون خالص کمتری نسبت به سایر ارقام بود. میزان سرعت اسیمیلاسیون خالص با توجه به آرایش برگ‌های گیاه و شرایط محیطی برای گیاهان مختلف یکسان نیست اما عمدتاً پیشروی رشد گیاه به علت سایه‌اندازی متقابل برگ‌ها و کاهش راندمان فتوسنتزی برگ‌های پیرتر، تنفس در برگ‌های پایینی یا فتوسنتز در برگ‌های فوقانی به حال تعادل درمی آیند و به همین علت سرعت اسیمیلاسیون به صفر سقوط می کند (Abdi et al., 2007). در گیاه آفتابگردان در هنگام به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ بیشترین سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر صورت می‌گیرد که درنتیجه آن سرعت اسیمیلاسیون خالص کاهش می‌یابد و با افزایش سن برگ‌های در حال پیر شدن، انتقال مواد از برگ‌ها به‌طرف دانه‌ها افزایش‌یافته که موجب منفی شدن سرعت اسیمیلاسیون خالص می‌گردد (Daber and Bang, 1986).

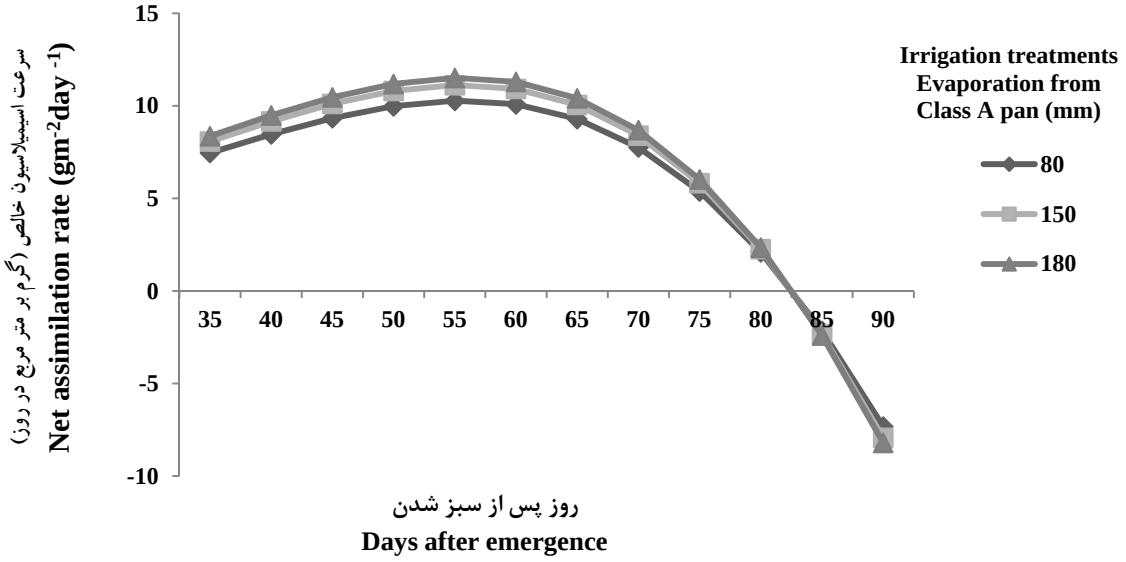
سرعت رشد محصول

اثر تیمارهای آبیاری بر حداکثر سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سرعت رشد محصول به میزان ۲۱/۵۱ گرم بر مترمربع در روز توسط تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود. کمترین ماده خشک کل توسط تیمار آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر به میزان ۱۶/۸۴ گرم بر مترمربع در روز حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که با افزایش شدت تنش خشکی حداکثر سرعت رشد محصول به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همبستگی مثبت و معنی داری بین حداکثر سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ (r= ۰/۹۶) و ماده خشک کل (r= ۰/۸۹) مشاهده شد (جدول ۴) که نشانگر هم‌روندی این صفات در تولید ماده خشک کل است.

روند تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف آبیاری حاکی از آن است که تا ۵۰ روز پس از سبز شدن اختلاف قابل‌ملاحظه‌ای بین تیمارهای آبیاری مشاهده نمی شود ولی پس‌ازآن تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر در مقایسه با سایر تیمارهای آبیاری بیشترین میزان سرعت رشد محصول را در طی فصل رشد حاصل نمود. تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از روند مشابهی با تیمار ۸۰ برخوردار بود درصورتی‌که تیمار ۱۸۰ میلی‌متر (تنش خشکی شدید) در طی فصل رشد از کمترین میزان سرعت رشد محصول برخوردار بود (شکل ۷). علت این عکس‌العمل کاهش شاخص سطح برگ با افزایش شدت تنش خشکی است که سبب می‌شود تولیدات فتوسنتزی کاهش‌یافته که درنتیجه آن سرعت رشد محصول نیز کاهش می‌یابد (Soleymani et al., 2003). هماهنگی کاملی بین روند تغییرات سرعت رشد محصول تیمارهای

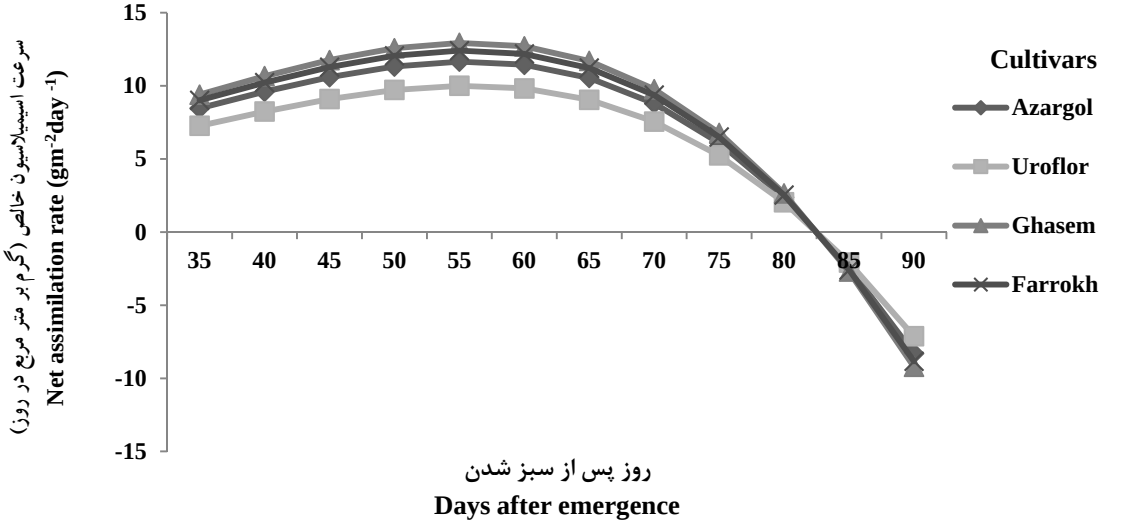
مختلف آبیاری با روند شاخص سطح برگ نیز مشاهده می شود که تائید کننده این عکس‌العمل است (شکل‌های ۵ و ۷).

اثر رقم بر حداکثر سرعت رشد محصول در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سرعت رشد محصول توسط رقم آذرگل به میزان ۲۱/۰۱ گرم بر مترمربع در روز حاصل شد که اختلاف آن صرفاً با رقم قاسم معنی‌دار بود و با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).



شکل ۵. روند سرعت اسیمیلاسیون خالص در تیمارهای مختلف آبیاری

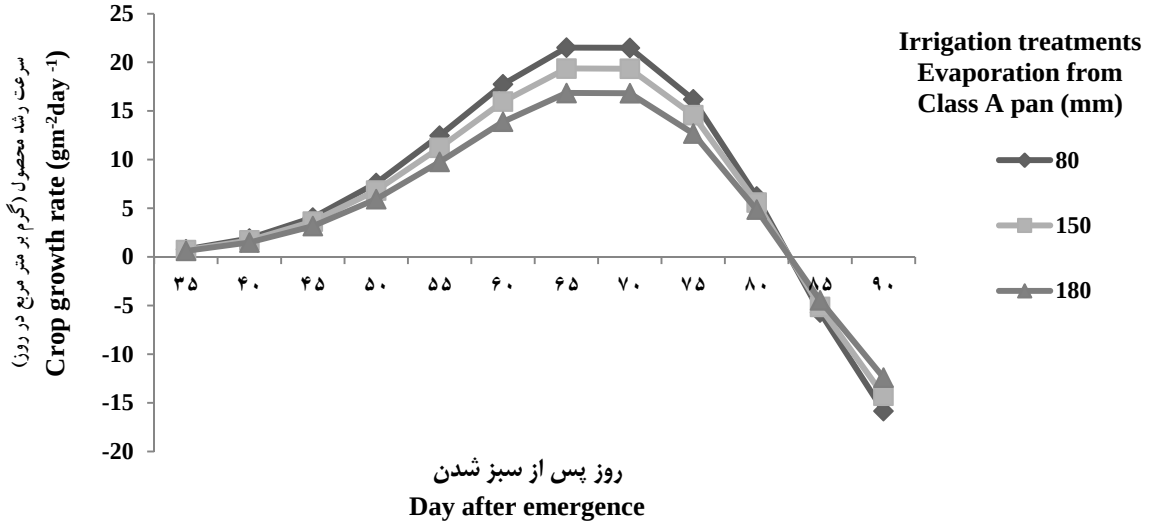
Fig. 5. The trend of net assimilation rate(NAR) changes under different irrigation treatments



شکل ۶. روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص در ارقام مختلف گیاه آفتابگردان

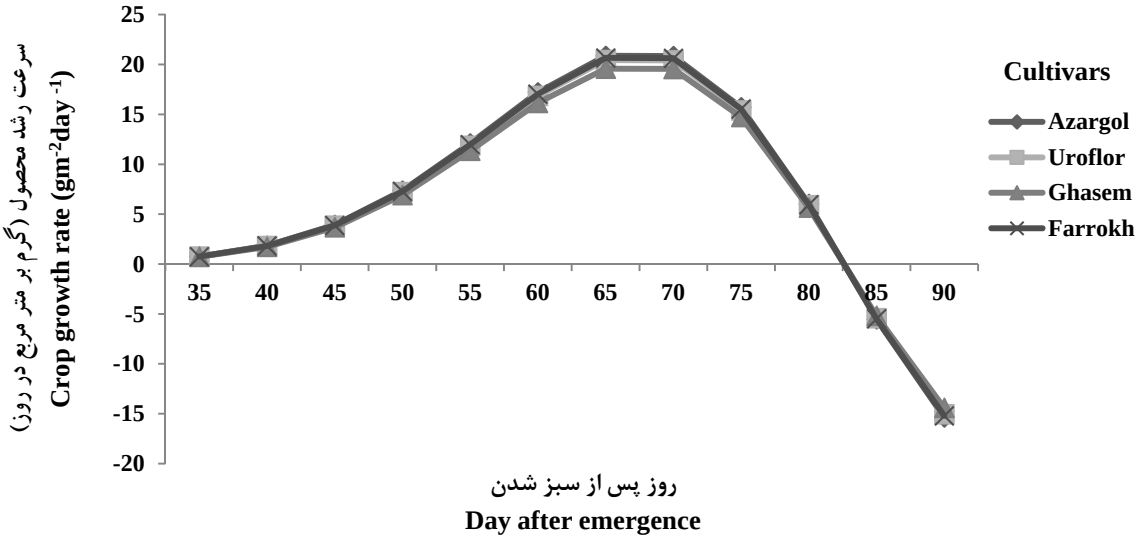
Fig. 6. The trend of changes in the net assimilation rate (NAR) in different sunflower cultivars.

روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام آفتابگردان در طی فصل رشد حاکی از آن است که اختلاف بارزی بین ارقام در سرعت رشد محصول مشاهده نمی‌شود ولی بااین‌وجود رقم آذرگل به میزان اندکی از سرعت رشد محصول بالاتری برخوردار بود (شکل ۸). این عکس‌العمل باعث شد که رقم آذرگل ماده خشک کل بیشتری را تولید نماید (شکل ۲). نتایج حاصل از مطالعه‌ای (Karimzadeh et al., 2004) حاکی از آن است که عکس‌العمل ارقام مختلف آفتابگردان در تولید سرعت رشد محصول به دلیل طول دوره رشد یکسان و پتانسیل ژنتیکی مشابه ممکن است خیلی نزدیک به هم باشد که اختلافات ناچیز در میزان ماده خشک تولیدی نمایان می‌گردد. سرعت رشد محصول در انتهای فصل رشد به دلیل انتقال مواد از اندام‌های رویشی به دانه‌ها به‌سرعت کاهش‌یافته و منفی نیز می‌گردد (Khalilvand et al., 2009).



شکل ۷. روند سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف آبیاری

Fig. 7. The trend of crop growth rate (CGR) changes under different irrigation treatments



شکل ۸. روند تغییرات سرعت رشد محصول در ارقام مختلف گیاه آفتابگردان

Fig. 8. The trend of changes in the crop growth rate (CGR) in different sunflower cultivars.

سرعت رشد نسبی

اثر تیمارهای آبیاری بر سرعت رشد نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سرعت رشد نسبی به میزان ۰/۱۳۱۹ گرم بر گرم در روز توسط تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود. کمترین سرعت رشد نسبی توسط تیمار آبیاری ۱۸۰ میلی‌متر به میزان ۰/۱۱۱۸ گرم بر گرم در روز حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای آبیاری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج حاکی از آن است که با افزایش شدت تنش خشکی سرعت رشد نسبی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین حداکثر سرعت رشد نسبی با شاخص سطح برگ (r= -۰/۴۵)، ماده خشک کل (r= ۰/-۷۸) و سرعت رشد محصول (r= -۰/۸۱) مشاهده شد (جدول ۴) که نشان‌دهنده آن است که با افزایش شاخص سطح برگ، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد. روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تیمارهای مختلف آبیاری حاکی از آن است که در طی فصل رشد تیمار آبیاری ۸۰ نسبت به سایر تیمارهای آبیاری از سرعت رشد نسبی بیشتری برخوردار بود که پس‌ازآن به ترتیب تیمارهای آبیاری ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌متر قرار داشتند. از ۸۰ روز پس از سبز شدن تا انتهای فصل رشد در تمامی تیمارهای آبیاری سرعت رشد نسبی منفی شد (شکل ۹). سرعت رشد نسبی با تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل باگذشت زمان، رشد گیاه با افزایش مقدار تنفس در اواخر دوره رشد منفی می‌گردد (Karimi and Siddique, 1991).

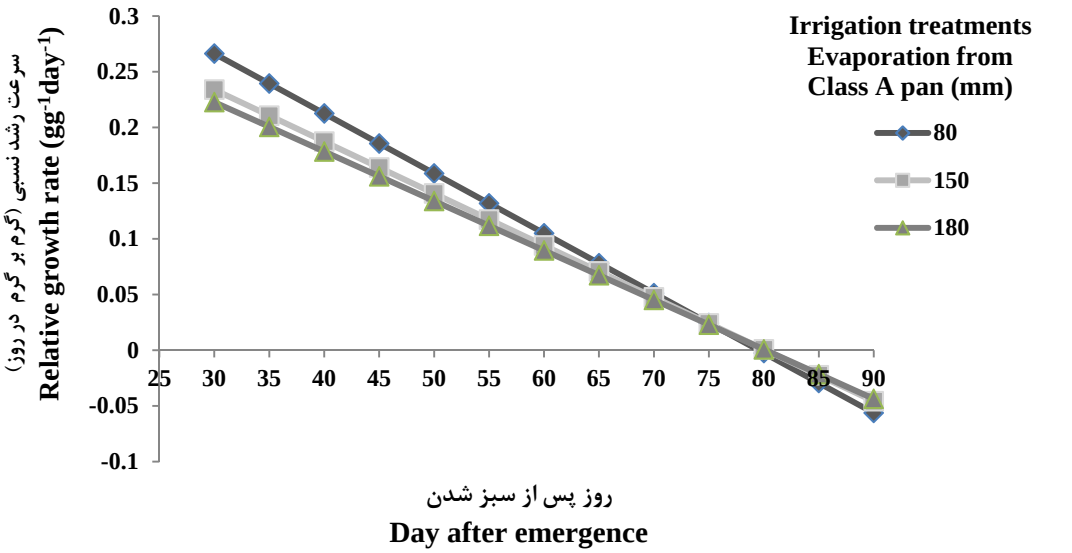
نتایج حاصل از مطالعات متعددی حاکی از آن است که پیری زودرس برگ‌های گیاه موجب کاهش هر چه بیشتر در سرعت رشد نسبی می‌شود (Abdi et al., 2007; Chimenti et al., 2007; Goksoy et al., 2004). لذا در مطالعه حاضر با افزایش شدت تنش خشکی، شاخص سطح برگ در تیمارهای تنش خشکی با سرعت بیشتری کاهش یافت که این امر موجب کاهش شدید سرعت رشد نسبی در تیمارهای تنش خشکی شد.

اثر رقم بر سرعت رشد نسبی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین سرعت رشد نسبی توسط رقم آذرگل حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی‌دار بود. کمترین سرعت رشد نسبی نیز توسط رقم فرخ حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشتر بودن سرعت رشد نسبی رقم آذرگل موجب شد که این رقم نسبت به سایر ارقام به‌طور معنی‌داری وزن خشک بیشتری را تولید نماید (جدول ۳). روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف نشان داد که رقم آذرگل در طی فصل رشد نسبت به سایر ارقام از سرعت رشد نسبی بالاتری برخوردار بود و رقم قاسم نیز کمترین سرعت رشد نسبی را در طی فصل رشد داشت (شکل ۱۰). هرچند رقم یوروفلور ازنظر سرعت رشد محصول با رقم آذرگل اختلاف معنی‌داری نداشت ولی سرعت رشد نسبی رقم آذرگل به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم یوروفلور بود (جدول ۳). این عکس‌العمل نشان‌دهنده توانایی بالای رقم آذرگل در تولید ماده خشک بود لذا بیشتر بودن سرعت رشد نسبی در رقم آذرگل سبب شد که بیشترین ماده خشک کل را نسبت به سایر ارقام تولید نماید (جدول ۳). در مطالعات مختلف نیز نشان داده‌شده است که ارقامی از سرعت رشد نسبی بالاتری برخوردار باشند ماده خشک بیشتری نیز تولید می‌نمایند (Chimenti et al., 2002; Santamaria, 1991).

نتیجه‌گیری

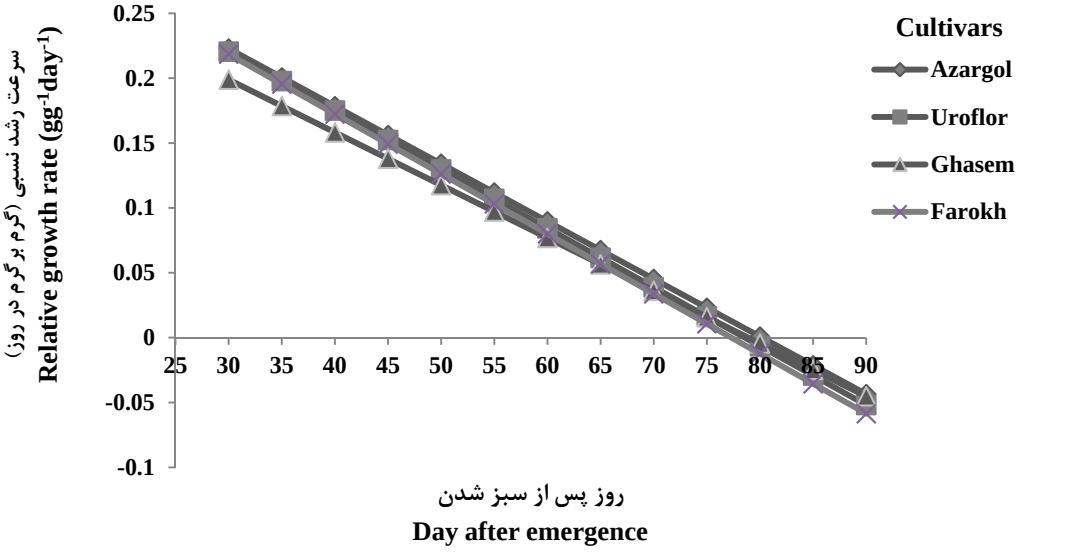
نتایج نشان داد با افزایش شدت تنش خشکی از تیمار آبیاری ۸۰ (شاهد) به ۱۵۰ و ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و تجمع ماده خشک کل کاهش یافت. عدم وجود اختلاف معنی‌دار در میزان ماده خشک کل در شرایط تنش ملایم (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) نسبت به تیمار آبیاری معمول حاکی از آن است که تحت شرایط کمبود آب امکان دستیابی به وزن خشک کل مناسب صرفاً تا این سطح تنش خشکی امکان‌پذیر است به‌طوری‌که توان فتوسنتزی گیاه ازنظر تولید شاخص سطح برگ با سرعت اسیمیلاسیون خالص مناسب، منجر به ایجاد سرعت رشد محصول مطلوب جهت دستیابی به تولید ماده خشک کل مناسب گردید و با افزایش شدت تنش به بیش از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A موجب کاهش معنی‌داری در وزن خشک کل خواهد شد به‌طوری‌که میزان سرعت رشد محصول با افزایش شدت تنش از ۱۵۰ به ۱۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاش یافت. رقم آذرگل دارای وزن خشک کل، سرعت رشد محصول بیشتری نسبت به سایر ارقام بود و در مقایسه با رقم یوروفلور به دلیل سطح برگ محدودتر سرعت اسیمیلاسیون خالص

بالایی داشت و با برخورداری از سرعت رشد نسبی بالاتر نسبت به سایر ارقام ماده خشک بیشتری را تولید نمود. لذا تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر در شرایط عدم تنش خشکی تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و در صورت بروز تنش خشکی ملایم تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و رقم آذرگل مناسب به نظر می‌رسد.



شکل ۹. روند سرعت رشد نسبی در تیمارهای مختلف آبیاری

Fig. 9. The trend of relative growth rate (RGR) changes under different irrigation treatments.



شکل ۱۰. روند تغییرات سرعت رشد نسبی در ارقام مختلف گیاه آفتابگردان

Fig. 10. The trend of changes in the relative growth rate (RGR) in different sunflower cultivars.

منابع

Abdi, S., Moghadam, A. G., Ghadimzadeh, M., 2007. Effects of different levels defoliation in reproductive stages on grain yield and oil content in tow sunflower cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 40, 245-255. [In Persian with English Abstract].

Bamgboye, A., Adejumo A., 2007. Development of a Sunflower Oil Expeller. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript EE 06 015. Vol IX.

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

Cox, W.J., Jolliff, G.P., 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal. 18, 226-230.

Daber, W.M., Bang, S.R., 1986. Physiological analysis of yield variation in sunflower genotype. Field Crop Abstract. 39, 11-14.

De Rodriguez, J., Philips, D.B.S., Rodriguez-Garcia, R., Angulo-sanchez, J.L., 2002. Grain yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars developed under dry land condition. In: Janick, J., Wipkey, A. (Eds). Trends in New Crops and New Uses. 2 nd edn, Ashs Press, Ajexandria VA, pp: 139-142.

Goksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., Dagustu, N., 2004. Responses of sunflower to limited irrigation at different growth stages. Filed Crops Research, 87, 167-178.

Hahsemi Dezfuli, H., Koocheki, A.R., Banayan, M., 1995. Increasing crop yield. Jahade Daneshgahi, Mashha. 287p. [In Persian].

Joel, G., Gamon, J.A., Field, C.B., 1997. Production efficiency in sunflower: The role of water and nitrogen stress. Remote Sensing of Environment. 62(2), 176-188.

Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi J., Chalita C., Rouphael, Y., 2007. Evapotranspiration seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management. 90, 213-223.

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

Karimzadeh-Asl, K.H., Mazaheri, D., Peyghambari, S.A., 2004. Effect of four irrigation intervals on seed yield and physiological indices of three sunflower cultivars. Desert. 9(2), 255-266. [In Persian with English Abstract].

Khalilvand, E., Yarnia, M., Deltalab, B., Aghami, A., 2009. Effects of drought stress and plant density on yield and some morphological traits and Sunflower physiological. Journal Agricultural. Science (Islamic Azad University Tabriz Branch). 11, 27-37. [In Persian with English Abstract].

Koocheki A.R,. Sarmadniya, G.H., 1993. Crop Physiology. Jahade Daneshgahi, Mashhad. [In Persian].

Mozafari, K., Arshi Y., Zeynali, Khaneghah, H., 1996. Effect of drought stress on some morphological traits and yield components of sunflower. Seed and Plant Production Journal. 12(3), 24-34. [In Persian with English Abstract].

Nadeem, T.M.H., Imran, M., Kamil Husain, M., 2002. Evaluation of sunflower *Helianthus annuusL*. inbred lines for drought tolerance. International Journal of Agriculture and Biology. 25, 398-400.

Pereira, S.I.A., Moreira, H., Argyars, K., Castro, P.M.L., Marques A.P.G.C., 2016. Promotion of sunflower growth under saline water irrigation by the inoculation of beneficial microorganisms. Applied Soil Ecology. 105, 36-47.

Ren, D., Xu, X., Hao, Y., huang, G. 2016. Modeling and assessing field irrigation water use in a canal system of Hetao, upper Yellow River basin: Application to maize, sunflower and Watermelon. Journal of Hydrology, 532, 122-139.

Sanjose, J.J., Cabrera, M., 1989. Biproduction and leaf area development Sunflower II. Quantitative relationship in Savana dry season. Field Crop Abstract. 42, 803-809.

Santamaria, P. 1991. Effect of sowing date on growth, development and yield of catch crop sunflower. Field crop Abstract. 44, 876-877.

Schneiter, J.M., Jonse, J.M., Hammond, J.J. 1987. Simulated hail research in sunflower: defoliation. Agronomy Journal. 79, 431-434

Shiranirad, A.H., 2000. Crop physiology. Dibagaran Tehran Press. [In Persian].

Soleymani, A., Khajepour, M.R., Noormohamadi, G.H., Sadeghyian, Y., 2003.

Effect of planting date and pattern on some physiological growth indices of sugar beet. Journal of Agricultural Science. 9(1), 105-123. [In Persian with English Abstract].

Turrner, N.C., Sobrado, M.A., 1987. Photosynthesis dry matter accumulation and distribution in the wild sunflower and cultivated sunflower as influenced by water deficits. Field Crop Abstract. 44,435-436.