اثر تراکم گیاهی بر جذب نور در کانوپی و شاخص‌های رشد ارقام آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)

علی سلیمانی*

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

* نویسنده مسئول: A_soleymani@khuisf.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۲/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۴/۱۶

چکیده

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقات کشاورزی اصفهان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار سطح تراکم ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بوته در مترمربع و سه هیبرید Sup.A، Sup.P و Sir آفتابگردان با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر تراکم گیاهی بر شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، درصد جذب نور در کانوپی، ضریب استهلاک نور و سرعت رشد محصول معنی‌دار شد. اثر رقم نیز بر ماده خشک کل، درصد جذب نور در کانوپی و سرعت رشد محصول معنی‌دار بود. برهمکنش تراکم و رقم بر صفات آزمایشی معنی‌داری نبود. افزایش تراکم گیاهی باعث افزایش شاخص سطح برگ، وزن خشک کل و سرعت رشد محصول گردید. با افزایش تراکم گیاهی از ۸ به ۱۴ بوته در مترمربع، ۹۵ درصد جذب نور حاصل شد که منجر به افزایش معنی‌دار ضریب استهلاک نوری از ۰/۶۵۸ به ۰/۷۵۶ گردید که در نتیجه آن ماده خشک به میزان ۲۳/۴ درصد افزایش یافت. رقم Sup.A در مقایسه با سایر ارقام به‌طور معنی‌داری بیش‌ترین درصد جذب نور (۹۳/۸ درصد) را به خود اختصاص داد و با بالاترین سرعت رشد محصول (۲۴/۹ گرم در مترمربع در روز) به‌طور معنی‌داری بیش‌ترین ماده خشک کل (۱۶۷۲/۳ گرم) را تولید نمود. لذا تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و رقم Sup.A از فضای رشدی در جذب نور و تولید ماده خشک کل استفاده کاملی نموده و تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ، ضریب استهلاک نور و ماده خشک کل.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

مقدمه

آفتابگردان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی بوده، که سطح زیر کشت آن در جهان در سال ۲۰۱۴ معادل ۷۷۲۷۰۵ هکتار و میانگین عملکرد دانه ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (Koutroubas *et al*., 2008). سطح زیر کشت آن در ایران معادل ۶۰۰۰ هکتار با متوسط عملکرد ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار است که بیش‌ترین سطح زیر کشت این گیاه مربوط به استان اصفهان می‌باشد (FAO, 2014). میزان دی‌اکسیدکربنی که تثبیت می‌شود با مقدار نوری که جذب می‌شود ارتباط دارد. این ارتباط به اندازه کنوپی و میزان تابش خورشیدی دریافتی بستگی دارد (Garofalo and Rinaldi, 2015). با توجه به این که رشد و نمو گیاه وابستگی زیادی به نور داشته و برگ تنها اندام گیاه برای جذب نور است، افزایش تراکم گیاهی باعث افزایش سطح برگ شده و از طرفی باعث تشکیل به موقع کانوپی و کاهش تلفات نوری و عملکرد بالاتری می‌شود، ولی از طرف دیگر تراکم بیش از حد باعث سایه‌اندازی و تنفس زیاد و در نتیجه کاهش عملکرد می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). رشد و نمو گیاه فرآیندی تدریجی و تابع ژنوتیپ و محیط بوده که از زمان جوانه زدن آغاز و تا هنگام رسیدن به بلوغ ادامه می‌یابد (Villalobas *et al*., 1996). نور یکی از پارامترهای محیطی مهم و اثرگذار بر این فرآیند در گیاه می‌باشد و هر چه جذب نور بیش‌تر باشد، عملکرد نیز بیش‌تر خواهد بود، که در این راستا سهم عملکرد اقتصادی بیش‌تر از عملکرد بیولوژیکی می‌باشد (مجدنصیری و احمدی، ۱۳۸۴؛ Yunusa *et al*., 1993). کاهش فواصل ردیف حتی در صورت ثبات فاصله بوته روی ردیف کاشت، مزایایی مانند استفاده بهتر از نور، رقابت بهتر گیاه زراعی با علف‌های هرز، کاهش تبخیر از سطح خاک و نیز افزایش برخی اجزای عملکرد از طریق افزایش تراکم و توزیع یکنواخت‌تر بوته شده، که این عوامل نیز منجر به افزایش عملکرد محصول می‌گردند (کوچکی، ۱۳۷۵). باید در نظر داشت که افزایش تراکم تا یک محدوده مشخص سبب افزایش عملکرد شده و پس از آن به دلیل زیاد شدن رقابت‌های درون و برون گونه‌ای کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت (جنتی، ۱۳۸۱؛ خواجه‌پور، ۱۳۸۳). Choukan (۱۹۹۲) گزارش داد که بالاترین عملکرد دانه و بیولوژیک در فواصل ۳۰×۷۵ سانتی‌متر و تراکم ۴۷۰۰۰ بوته در هکتار به‌دست می‌آید. تجزیه و تحلیل رشد یک روش ارزیابی کمی رشد و نمو گیاهان با استفاده از یک سری معادلات ریاضی خاص بوده که در واقع واکنش گونه‌های گیاهی را نسبت به شرایط محیطی تشریح و توصیف می‌نماید. در یک جامعه گیاهی بسته به آرایش کاشت و ژنوتیپ گیاه، میزان ضریب استهلاک نور می‌تواند متغیر باشد (مجدنصیری و احمدی، ۱۳۸۴). در شدت نور یکسان رابطه فتوسنتز با شاخص سطح برگ تحت اثر ضریب استهلاک نور تغییر می‌کند (Koutroubas *et al*., 2008). شاخص سطح برگ بالاتر در زمان گل‌دهی را می‌توان از طریق تراکم گیاهی مناسب تولید کرد. فتوسنتز و تولید ماده خشک متناسب با اندازه سطح برگ است (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). از آن‌جایی که اصفهان در منطقه خشک قرار دارد سیستم‌های مدیریتی مناطق

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

خشک فعالیت عمده خود را در رابطه با آب متمرکز کرده، اما وجود امکانات و مطالعاتی در زمینه تغییر تعادل تابش در مزرعه و کاهش تبخیر ضرورت دارد. Ion و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که واکنش تولید ماده خشک کل ارقام گیاه آفتابگردان در محیط‌های مختلف کاشت از نظر میزان نور، به ساختار جذب نور و میزان تراکم گیاهی مطلوب رقم آن بستگی دارد به‌طوری‌که تراکم گیاهی و رقمی که بتواند بیش از ۹۵ درصد نور را جذب نماید سرعت رشد محصول بالاتری را نیز تولید خواهد کرد. لذا دستیابی به تراکم گیاهی مناسب برای جذب به موقع تابش خورشیدی توسط برگ‌ها حائز اهمیت می‌باشد. نظر به این که تاکنون میزان ضریب استهلاک نور در شرایط اصفهان برای گیاه آفتابگردان محاسبه نشده است و محاسبه آن در ساخت مدل رشد گیاه آفتابگردان نقش اساسی دارد. لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر تراکم گیاهی بر میزان جذب و ضریب استهلاک نور در ارقام مختلف آفتابگردان و تعیین بهترین تراکم گیاهی و رقم از نظر میزان شاخص‌های رشدی مطلوب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقات کشاورزی اصفهان واقع در جنوب شرقی اصفهان و در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۵۴۱ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی سیلتی که شامل ۱۲ درصد شن، ۴۰ درصد سیلت و ۴۸ درصد رس می‌باشد (جدول ۱). تغییرات جوی سال زراعی نیز در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر)	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر)	ظرفیت اشباع (درصد)	اسیدیته کل	ماده آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب)
صفر تا ۳۰	۲/۵	۴۱	۷/۶	۰/۷۸	۰/۰۷۸	۱۱	۳۲۵	۱/۴۸

جدول ۲: تغییرات جوی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در ایستگاه هواشناسی اصفهان

ماه	میانگین حداکثر (درجه سانتی‌گراد)	میانگین حداقل (درجه سانتی‌گراد)	متوسط ماهیانه (درجه سانتی‌گراد)	حداکثرمطلق (درجه سانتی‌گراد)	حداقل‌مطلق (درجه سانتی‌گراد)	مجموع بارندگی ماهیانه (میلی‌متر)
تیر	۳۸/۰	۱۹/۹	۲۸/۹	۴۰/۸	۱۶/۲	۰
مرداد	۳۵/۳	۱۷/۶	۲۶/۴	۳۸/۰	۱۱/۸	۰
شهریور	۳۳/۵	۱۴/۰	۲۳/۸	۳۵/۶	۱۰/۸	۰
مهر	۲۹/۳	۱۰/۰	۱۹/۶	۳۲/۶	۴/۶	۰

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تراکم بوته در چهار سطح شامل ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بوته در مترمربع و هیبریدهای جدید شامل Sup.A، Sup.P و Sir بودند. فاصله بوته بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خطوط کاشت برای تراکم‌های ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بوته در مترمربع به ترتیب معادل ۲۱، ۱۷، ۱۴ و ۱۱ سانتی‌متر بود. هیبریدهای آزمایشی (Sup. Armky-19، Si Re85، Sup. Prrog. Sh-85) مبدأ مجارستانی داشته

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

و از ارقام آزاد گرده‌افشان بوده که از هیبریدهای بسیار جدید در ایران می‌باشند که از مؤسسه اصلاح و نهال بذر ایران بخش دانه‌های روغنی تهیه گردید. خاک محل آزمایش در سال قبل به‌صورت آیش بوده که عملیات آماده‌سازی به‌صورت شخم، دو دیسک عمود بر هم و ایجاد جوی و پشته انجام گرفت و کشت به‌صورت نم کاری در زمان کاشت پس از برداشت گندم در ۱۸ تیر ماه انجام گرفت که هر کرت آزمایشی دارای سه خط کاشت به طول هشت متر با فاصله خطوط ۶۰ سانتی‌متر بودند. با توجه به تراکم بوته، فاصله بوته روی خطوط کاشت تنظیم شد. جهت تأمین نیاز کودی زمین با توجه به تجزیه خاک، به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اکسیدفسفر از منبع سوپرفسفات‌تریپل و مقدار ۱۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در زمان کاشت و برای تأمین نیتروژن خاک مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) در زمان کاشت و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره در زمان عملیات تنک در مرحله ۴ برگی و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در زمان غنچه‌دهی به خاک اضافه شد. برای مبارزه با علف‌های هرز قبل از کاشت از علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. میزان دور آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تنظیم گردید. اندازه‌گیری میزان تابش به وسیله دستگاه نورسنج (لوترون مدل LX 101 ساخت کشور تایوان) انجام شد که یک روز قبل از هر بار نمونه‌برداری جهت برآورد شاخص‌های رشد در زمان ظهر خورشیدی صورت پذیرفت در مجموع پنج نمونه‌برداری در طول فصل رشد صورت گرفت. برای به‌دست آوردن میزان شدت تابش در بالای کانوپی، ۱۰ نقطه در بالای پوشش گیاهی در هر کرت آزمایشی اندازه‌گیری شد. هم‌چنین برای به‌دست آوردن میزان تابش در پایین پوشش گیاهی، ۱۵ نقطه در هر کرت اندازه‌گیری گردید، به این صورت که برای اندازه‌گیری میزان تابش از کرت‌های آزمایشی، دو خط کاشت وسط با رعایت ۵۰ سانتی‌متر حاشیه در نظر گرفته شد، به‌طوری‌که پنج بوته پی در پی به‌صورت تصادفی انتخاب شد و پنج نقطه مابین آن‌ها اندازه‌گیری گردید، سپس ۱۰ نقطه دیگر دو طرف جانبی بوته‌ها واقع در حد وسط دو خط کاشت نیز اندازه‌گیری گردید. سپس با استفاده از رابطه ۱، نور عبوری (T) و توسط رابطه ۲، نور جذبی (A) در پوشش گیاهی تعیین گردید (Flent *et al.*, 1996):

رابطه ۱: $$T = \frac{۱}{I_o} \times ۱۰۰$$

رابطه ۲: $$\text{میزان جذب نور} = \frac{\text{میزان تابش پایین کانوپی} - \text{میزان تابش بالای کانوپی}}{\text{میزان تابش بالای پوشش گیاهی}} \times ۱۰۰$$

میزان ضریب استهلاک نور (K) در طی فصل رشد با استفاده از قانون بیر طبق رابطه ۳ محاسبه گردید (Flent *et al.*, 1996):

رابطه ۳: $$\ln \frac{۱}{I_o} = - k \times LAI$$

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

که در رابطه ۳، I میزان تابش در زیر پوشش گیاهی، I_0 میزان تابش در بالای پوشش و K ضریب استهلاک نور است که شیب خط می‌باشد، که این ضریب عبارت است از نوری که در واحد LAI دریافت می‌گردد. هم‌چنین تعیین روند تغییرات شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول به ترتیب از رابطه‌های ۴ و ۵ استفاده شد (Soleymani *et al.*, 2003).

رابطه ۴: $$LAI = \frac{۱}{A} \times LA$$

رابطه ۵: $$CGR = \frac{۱}{A} \times \left(\frac{\Delta DM}{\Delta T}\right)$$

در رابطه‌های ۴ و ۵ LAI شاخص سطح برگ، A سطح نمونه‌برداری، LA سطح برگ، CGR سرعت رشد محصول، ΔDM تغییرات تجمع ماده خشک و ΔT تغییرات زمان بر حسب روز پس سبز شدن است. اندازه‌گیری ماده خشک گیاه از ۳۰ روز پس از سبز شدن آغاز و به فاصله ۱۵ روز یک‌بار تا پایان دوره رشد ادامه یافت. نمونه‌برداری از خط سه با رعایت حاشیه بر چهار بوته متوالی انجام شد و نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند و پس از جداسازی برگ‌ها و اندازه‌گیری سطح برگ با قرارگیری در پاکت کاغذی به مدت ۷۲ ساعت در آون تهویه‌دار در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس به وسیله ترازوی دقیق توزین شدند. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C تجزیه واریانس و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح خطای پنج درصد مقایسه شدند، برای تعیین ضرایب رگرسیونی از نرم‌افزار Stat Graf و جهت رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

اثر تراکم گیاهی بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین شاخص سطح برگ مربوط به تراکم گیاهی۱۴ بوته در مترمربع بود که با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. کم‌ترین شاخص سطح برگ نیز در تراکم گیاهی ۸ بوته در مترمربع حاصل شد که اختلاف آن با تراکم گیاهی ۱۰ بوته در مترمربع معنی‌دار نبود، ولی با تراکم‌های گیاهی ۱۲ و ۱۴ بوته در مترمربع اختلاف معنی‌داری داشت. افزایش تراکم گیاهی از ۸ به ۱۴ بوته در مترمربع منجر به افزایش ۲۶/۵ درصد شاخص سطح برگ شد (جدول ۴). روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد در تراکم‌های گیاهی مختلف حاکی از آن است که تا ۳۰ روز پس از سبز شدن اختلاف قابل توجهی بین تراکم‌های مختلف وجود نداشته و پس از آن اختلاف بین تراکم‌های گیاهی به‌صورت بارزی نمایان شد و در ۵۵ روز پس از سبز شدن که هم‌زمان با مرحله ۷۵ درصد گل‌دهی است، به بیش‌ترین میزان خود رسید و پس از آن تا پایان دوره رشد به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

دلیل ریزش برگ‌ها، شاخص سطح برگ کاهش یافت (شکل ۱). با افزایش تراکم گیاهی، گیاه بهتر از شرایط محیطی استفاده کرده و فضای خالی را پوشش می‌دهد (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷). افزایش تراکم گیاهی از حد مطلوب باعث کاهش فضای رشدی موجود برای هر بوته می‌شود این واکنش سبب می‌شود که با افزایش بیش‌تر تراکم گیاهی تغییر قابل توجهی در میزان شاخص سطح برگ صورت نگیرد (Soleymani, *et al*., 2003). اثر رقم بر میزان شاخص سطح برگ معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیش‌ترین شاخص سطح برگ توسط رقم Sup.A حاصل شد و کم‌ترین میزان نیز مربوط به رقم Sir بود که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد در ارقام مختلف حاکی از آن است که تا ۴۰ روز پس از سبز شدن، اختلاف قابل توجهی بین ارقام مختلف وجود نداشت، و پس از آن اختلاف بین ارقام به‌صورت آشکار به چشم خورد، و در ۵۵ روز پس از سبز شدن که هم‌زمان با مرحله ۷۵ درصد گل‌دهی بود، به بیش‌ترین میزان خود رسید، در این زمان رقم Sup.A، شاخص سطح برگ بیش‌تری را نسبت به سایر ارقام از خود نشان داد (شکل ۲).

جدول ۳: تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، درصد جذب نور در کانوپی، ضریب استهلاک نور، سرعت رشد محصول در ارقام مختلف آفتابگردان تحت اثر تراکم گیاهی

منابع تغییرات	درجه‌آزادی	میانگین‌مربعات				
		شاخص سطح برگ	ماده خشک کل	درصد جذب نور در کانوپی	ضریب استهلاک نور	سرعت رشد محصول
تکرار	۲	۳/۰۲۴**	۱۰۰۱/۱	۱/۴۸۲**	۰/۰۰۵**	۰/۳۷۹
تراکم گیاهی	۳	۲/۲۵۶**	۳۳۷۳۵۹/۳**	۷۱/۹۲۶**	۰/۰۱۶**	۷۸/۳۰۶**
رقم	۲	۰/۶۸۲^{ns}	۴۰۴۹۷/۱**	۲۲/۵۰۸**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۹/۰۲۶**
تراکم×رقم	۶	۰/۱۹۸^{ns}	۲۷۱۶/۵^{ns}	۴/۶۰۲^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۷۳۲^{ns}
خطای‌آزمایشی	۲۲	۰/۲۴۳	۳۴۳۶/۷	۳/۴۵۲	۰/۰۰۱	۰/۸۹۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۶	۳/۷۳	۲/۱	۴/۱	۳/۹

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

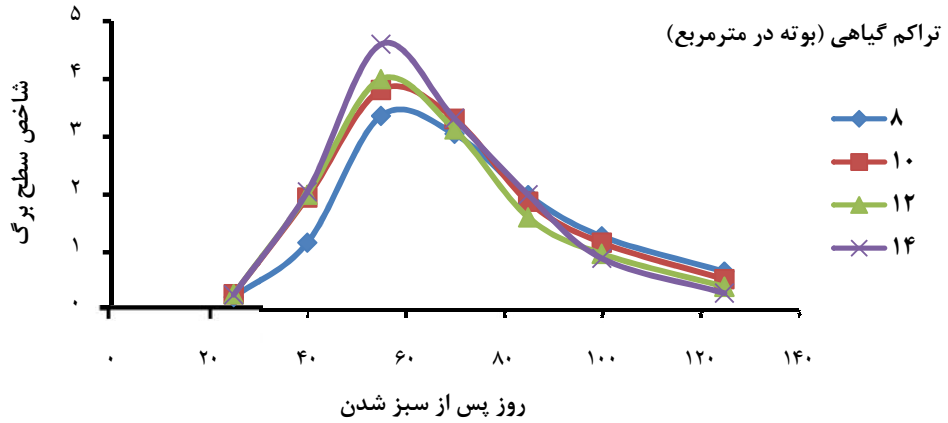
جدول ۴: مقایسه میانگین شاخص سطح برگ، ماده خشک کل، درصد جذب نور در کانوپی، ضریب استهلاک نور، سرعت رشد محصول در ارقام مختلف آفتابگردان تحت اثر تراکم گیاهی

منابع تغییرات	شاخص سطح برگ	حداکثر ماده خشک کل (گرم بر مترمربع)	درصد جذب نور	ضریب استهلاک نور	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع بر روز)
تراکم گیاهی (بوته‌درمترمربع)					
۸	۳/۳۴۸c	۱۳۶۷/۹۲۴d	۸۸/۵۵۸c	۰/۶۵۸b	۲۰/۹۹۳d
۱۰	۳/۷۹۸c	۱۴۵۳/۴۰۶c	۹۲/۱۰۵b	۰/۶۸۲b	۲۲/۳۵۴c
۱۲	۳/۹۶۵b	۱۶۷۵/۰۶۳b	۹۳/۰۳۲b	۰/۶۸۶b	۲۵/۷۶۵b
۱۴	۴/۵۵۸a	۱۷۸۶/۷۶۸a	۹۵/۳۶a	۰/۷۵۶a	۲۷/۳۶۱a
رقم					
Sup.A	۴/۱۹۱a	۱۶۲۷/۳۲۸a	۹۳/۸۲۳a	۰/۶۹۱a	۲۴/۹۳۸a
Sup.P	۳/۸۰۴a	۱۵۷۳/۷۸۵b	۹۱/۷۲۱b	۰/۶۹۲a	۲۴/۲۰۸a
Sir	۳/۷۵۷a	۱۵۱۱/۲۵۸c	۹۱/۲۵۱b	۰/۷۰۲a	۲۳/۲۱۰b

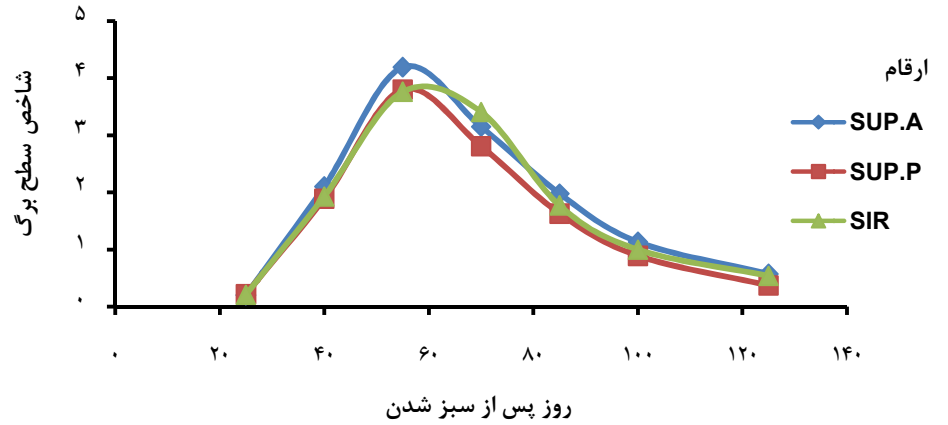
میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.28.7.8]



شکل ۱: روند تغییرات شاخص برگ (LAI) تحت اثر تراکم گیاهی



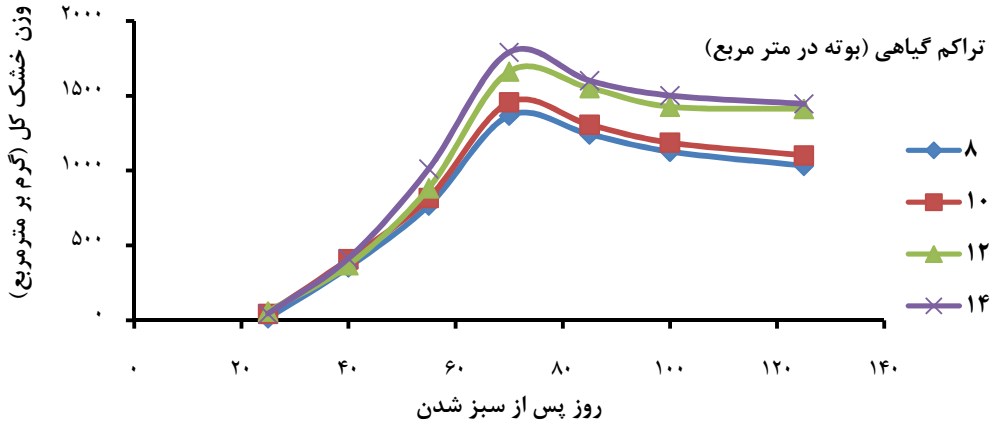
شکل ۲: روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در ارقام آفتابگردان

ماده خشک کل

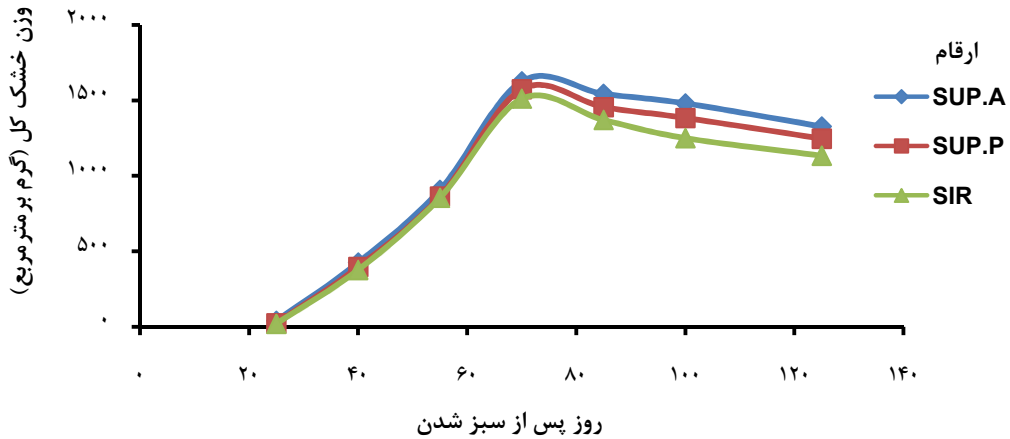
اثر تراکم گیاهی بر حداکثر ماده خشک کل که در مرحله پایان گل‌دهی اندازه‌گیری شد، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیش‌ترین ماده خشک کل در تراکم گیاهی ۱۴ بوته در مترمربع حاصل شد که با سایر تراکم‌های گیاهی اختلاف معنی‌داری داشت. بنابراین افزایش تراکم گیاهی از ۸ به ۱۴ بوته در مترمربع منجر به افزایش ماده خشک کل به میزان ۲۳/۴ درصد شد (جدول ۴). روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در آفتابگردان در تراکم‌های گیاهی مختلف در طی فصل رشد حاکی از آن است که تا ۴۰ روز پس از سبز شدن اختلاف قابل توجهی بین تراکم‌های مختلف وجود نداشته و پس از آن اختلاف بین تراکم‌های گیاهی به‌صورت بارزی نمایان گردید. با افزایش رشد رویشی تجمع ماده خشک افزایش یافته و در ۷۰ روز پس از سبز شدن که هم‌زمان با مرحله پایان گل‌دهی است به بیش‌ترین میزان رسیده و پس از آن تا پایان دوره رشد به دلیل ریزش برگ‌ها، وزن خشک کاهش می‌یابد (شکل ۳). این واکنش احتمالاً مربوط به سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی به ویژه در تراکم‌های گیاهی ۱۲ و ۱۴ بوته در مترمربع

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.28.7.8]

می‌باشد که با نتایج جنتی (۱۳۸۱) و Mendham و همکاران (۱۹۸۱) مطابقت دارد. اثر رقم بر میزان ماده خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین وزن خشک کل در رقم Sup.A حاصل شد که با سایر ارقام اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۴). روند تغییرات ماده خشک کل در طول فصل رشد آفتابگردان در ارقام مختلف حاکی از آن است که با افزایش رشد رویشی میزان ماده خشک کل افزایش می‌یابد، در ۶۰ روز پس از سبز شدن اختلاف قابل توجهی بین ارقام مختلف وجود نداشت و پس از آن اختلاف بین ارقام به‌صورت بارزی آشکار شد. در ۷۰ روز پس از سبز شدن که هم‌زمان با مرحله پایان گل‌دهی بود، به بیش‌ترین میزان خود رسید و پس از آن تا پایان دوره رشد به دلیل ریزش برگ‌ها، حداکثر وزن خشک گیاه کاهی یافت. این کاهش در رقم Sir نسبت به سایر ارقام بیش‌تر مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۳: روند تغییرات وزن خشک کل گیاه (TDM) تحت اثر تراکم گیاهی



شکل ۴: روند تغییرات وزن خشک گیاه (TDM) در ارقام مختلف آفتابگردان

پتانسیل ژنتیکی ارقام از نظر تولید تعداد برگ بیش‌تر و شاخص سطح برگ بالاتر در ابتدای رشد نقش مهمی در تولید ماده خشک دارد (Major and Otegu, 1996; Maio *et al.*, 2016). همبستگی مثبت و معنی‌داری میان وزن خشک کل و شاخص سطح برگ ($r=۰/۶۰۸^{**}$) مشاهده شد که نشان‌دهنده این مورد است که هر چه شاخص سطح برگ در زمان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

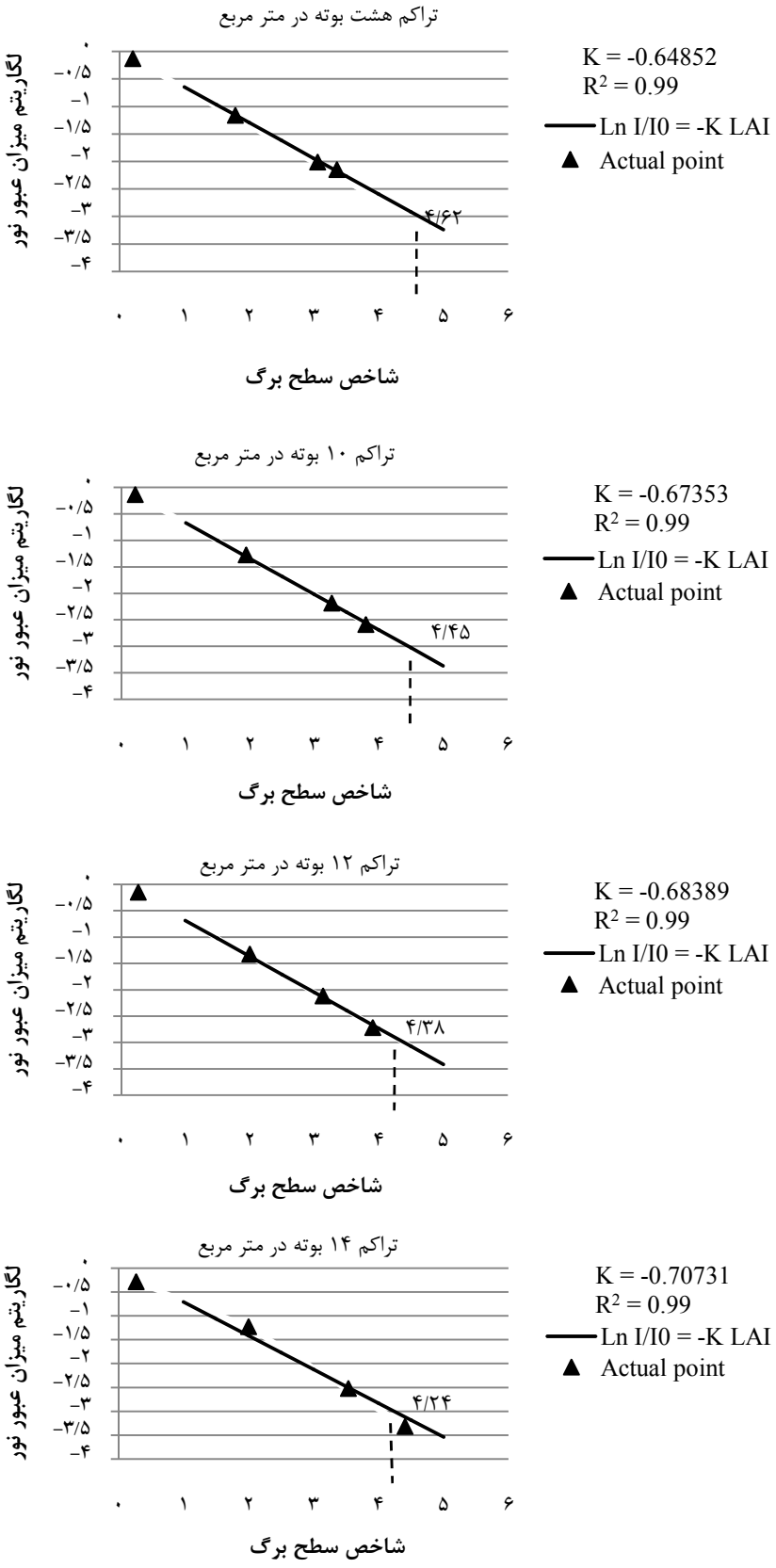
گل‌دهی افزایش یابد، میزان ماده خشک نیز به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. هم‌چنین هر چه حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گل‌دهی حادث گردد، گیاه قادر به استفاده بهتر از تابش خورشیدی بوده که در نتیجه آن از ظرفیت فتوسنتزی بالاتری برخوردار شده و میزان تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد. Ion و همکاران (۲۰۱۵) نیز بیان داشتند که افزایش تراکم گیاهی تحت شرایط مطلوب اقلیمی از نظر میزان نور مورد نیاز، آب و مواد غذایی در گیاه آفتابگردان موجب افزایش شاخص سطح برگ و در نهایت موجب افزایش ماده خشک کل می‌گردد.

درصد جذب نور و ضریب استهلاک نور

اثر تراکم گیاهی بر حداکثر درصد جذب نور در کانوپی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین درصد جذب نور در کانوپی در تراکم گیاهی ۱۴ بوته در مترمربع حاصل شد که با سایر تراکم‌های گیاهی اختلاف معنی‌داری داشت. کم‌ترین میزان درصد جذب در کانوپی نیز به تراکم گیاهی هشت بوته در مترمربع مربوط بوده که با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. با افزایش تراکم گیاهی، درصد جذب نور در کانوپی افزایش می‌یابد (جدول ۴). اثر رقم بر میزان درصد جذب نور در کانوپی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). به‌طوری‌که رقم Sup.A بیش‌ترین درصد جذب نور را به خود اختصاص داد، ولی با رقم Sup.P اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین درصد جذب نور توسط رقم Sir حاصل شد که اختلاف آن با رقم Sup.P معنی‌دار نبود، اما با رقم Sup.A اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). خصوصیت کانوپی از جمله زاویه و تجمع برگ‌ها و میزان ضریب استهلاک نور از عواملی هستند که میزان درصد جذب نور در کانوپی را تحت اثر قرار می‌دهند (کوچکی و همکاران، ۱۳۶۷)، و در نتیجه در بین ارقام آفتابگردان در میزان درصد جذب نور تفاوت مشاهده می‌شود. برهمکنش تراکم گیاهی و رقم بر روی میزان جذب نور معنی‌دار نشد (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان درصد جذب نور در کانوپی و شاخص سطح برگ ($r=۰/۹۲۱^{**}$) مشاهده شد که نشان‌دهنده آن است که افزایش سطح برگ موجب افزایش میزان درصد جذب نور در کانوپی می‌گردد. اثر تراکم گیاهی بر ضریب استهلاک نور در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین ضریب استهلاک نور در تراکم گیاهی ۱۴ بوته در مترمربع حاصل شد که با سایر تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری داشت. با افزایش تراکم گیاهی، میزان ضریب استهلاک نوری افزایش یافت (جدول ۴). احتمالاً با افزایش تراکم گیاهی، فضای خالی بین بوته‌ها مورد استفاده قرار گرفته و شاخص سطح برگ بیش‌تری حاصل می‌گردد که این خود باعث می‌شود که نور کم‌تری به پایین کانوپی برسد که در نتیجه آن موجب افزایش ضریب استهلاک نوری می‌گردد. میزان ضریب استهلاک نوری محاسبه شده در طی فصل رشد در تراکم‌های گیاهی مختلف کاشت در شرایط اصفهان در شکل ۵ نشان داده شده است.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.20084403.1394.7.28.7.8]



شکل ۵: رابطه بین میزان عبور نور از کنوپی $Ln\ I/I_0$ و شاخص سطح برگ (LAI) تحت اثر تراکم گیاهی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

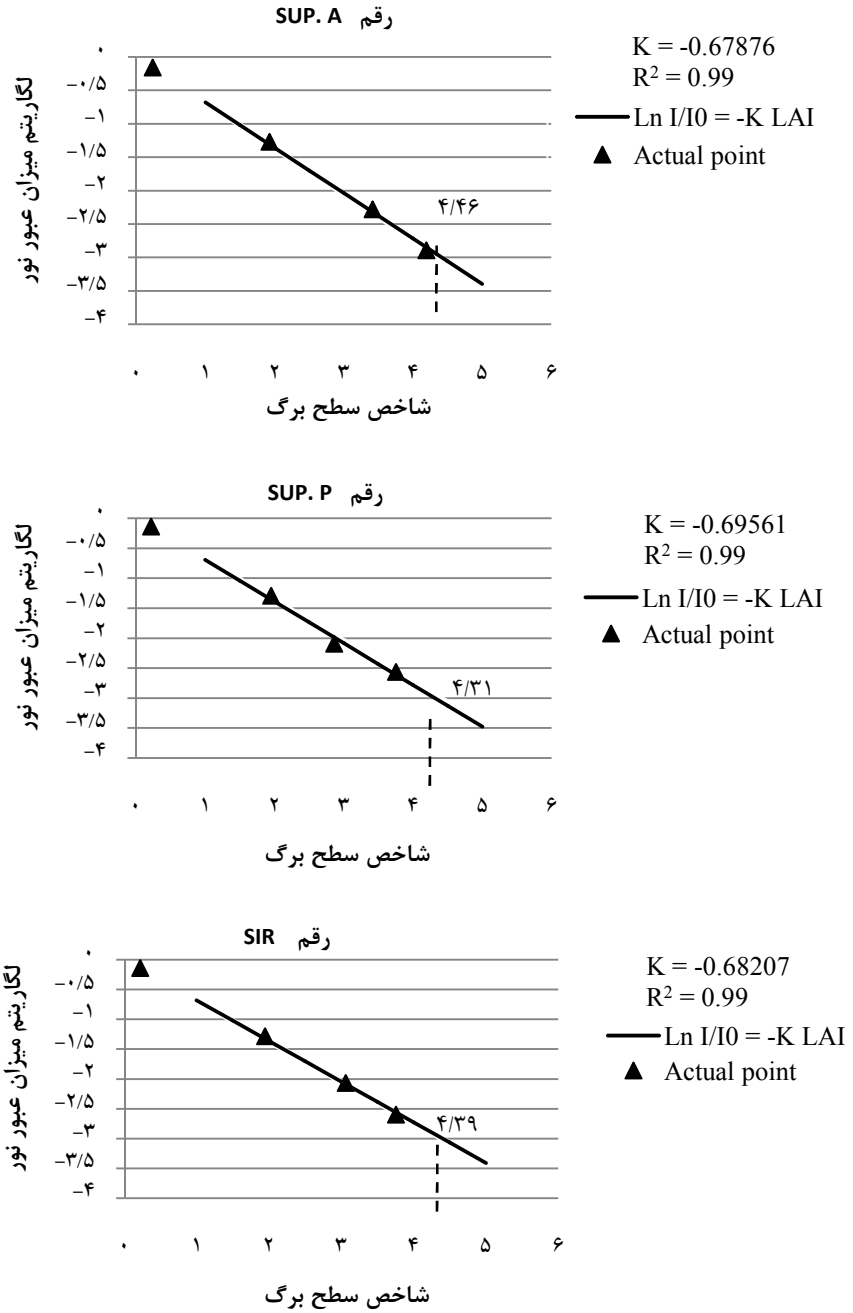
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

نتایج حاکی از آن است که در تراکم گیاهی هشت بوته در مترمربع میزان ۰/۶۴۸۵۲- به‌دست آمد و با افزایش تراکم گیاهی به ۱۰ بوته در مترمربع ضریب استهلاک نوری افزایش یافت (K= -۰/۶۷۳۵۳). هم‌چنین با افزایش تراکم گیاهی از ۱۰ به ۱۲ و ۱۴ بوته در مترمربع ضریب استهلاک نوری به میزان ۰/۶۸۳۸۹- برای تراکم گیاهی ۱۲ بوته در مترمربع و ۰/۷۰۷۳۱- برای تراکم گیاهی ۱۴ بوته در مترمربع حاصل شد. لذا افزایش میزان ضریب استهلاک نور از تراکم گیاهی هشت به ۱۰ بوته در مترمربع قابل توجه بوده و از ۱۰ به ۱۲ بوته در مترمربع خیلی قابل توجه نبوده و با افزایش تراکم گیاهی از ۱۲ به ۱۴ بوته در مترمربع نیز میزان ضریب استهلاک نور افزایش قابل توجهی داشته است. نظر به این که $LnI/I_0 = -3$ نشان‌دهنده ۹۵ درصد جذب نور و پنج درصد عبور نور به کف پوشش گیاهی می‌باشد، لذا شاخص سطح برگ مقابل آن شاخص سطح برگ بحرانی بوده که میزان آن برای تراکم‌های گیاهی ۸، ۱۰، ۱۲ و ۱۴ بوته در مترمربع به ترتیب برابر با ۴/۶۲، ۴/۴۵، ۴/۳۸ و ۴/۲۸ بود که این واکنش نشان‌دهنده آن است که با افزایش تراکم گیاهی میزان شاخص سطح برگ بحرانی کاهش می‌یابد. Felent و همکاران (۱۹۹۶) نیز کاهش میزان شاخص سطح برگ بحرانی را با افزایش تراکم نشان دادند و بیان داشتند با افزایش تراکم گیاهی میزان ضریب استهلاک نور افزایش می‌یابد. Matera و همکاران (۲۰۱۳) نیز کاهش در میزان شاخص سطح برگ بحرانی را با افزایش تراکم گیاهی گزارش نمودند. اثر رقم بر میزان ضریب استهلاک نوری معنی‌دار نشد (جدول ۳). ولی با این وجود بیش‌ترین میزان ضریب استهلاک نوری در رقم Sir حاصل شد که با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میزان ضریب استهلاک نوری در رقم Sup.A حاصل شد که با سایر ارقام اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴). میزان ضریب استهلاک نوری محاسبه شده در طی فصل رشد در ارقام مختلف کاشت محاسبه و در شکل ۶ ارائه شده است. نتایج حاکی از این است که ضریب استهلاک نور در رقم Sup.P به میزان ۰/۶۹۵۶۱- به‌دست آمد که نسبت به سایر ارقام این میزان قابل توجه بود، هم‌چنین میزان ضریب استهلاک نور برای ارقام S1r و Sup.A به ترتیب برابر با ۰/۶۸۲۰۷- و ۰/۶۷۸۷۶- بود که اختلاف میزان ضریب استهلاک نوری در بین این دو رقم ناچیز می‌باشد. میزان شاخص سطح برگ بحرانی برای ارقام مختلف Sup.P، Sir و Sup.A به ترتیب برابر با ۴/۳۱، ۴/۳۹ و ۴/۴۱ بود که این واکنش نشان‌دهنده آن است که میزان ضریب استهلاک نوری در ارقام مختلف تحت اثر ویژگی‌های ژنتیکی گیاه می‌باشد. جنتی (۱۳۸۱) گزارش داد که ارقام مختلف دارای ویژگی‌های ژنتیکی متفاوتی از لحاظ شاخص سطح برگ بوده که در نتیجه بر میزان درصد جذب نور و میزان ضریب استهلاک نور آن‌ها اثر می‌گذارد. برهمکنش تراکم گیاهی و رقم بر ضریب استهلاک نوری معنی‌دار نشد (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنی‌دار میان ضریب استهلاک نوری و شاخص سطح برگ ($r=۰/۵۱۲^{**}$) مشاهده گردید که نشان‌دهنده افزایش سطح برگ که در نتیجه آن افزایش میزان

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

درصد جذب نور در کانوپی گشته که خود باعث کاهش میزان نفوذ نور در کانوپی و در نتیجه میزان ضریب استهلاک نوری نیز افزایش می‌یابد که این واکنش با نتایج Kang و همکاران (۲۰۱۴) و Echarte و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت دارد.



شکل ۶: رابطه بین میزان عبور نور از کنوپی $Ln\ I/I_0$ و شاخص سطح برگ (LAI) در ارقام مختلف آفتابگردان

سرعت رشد محصول

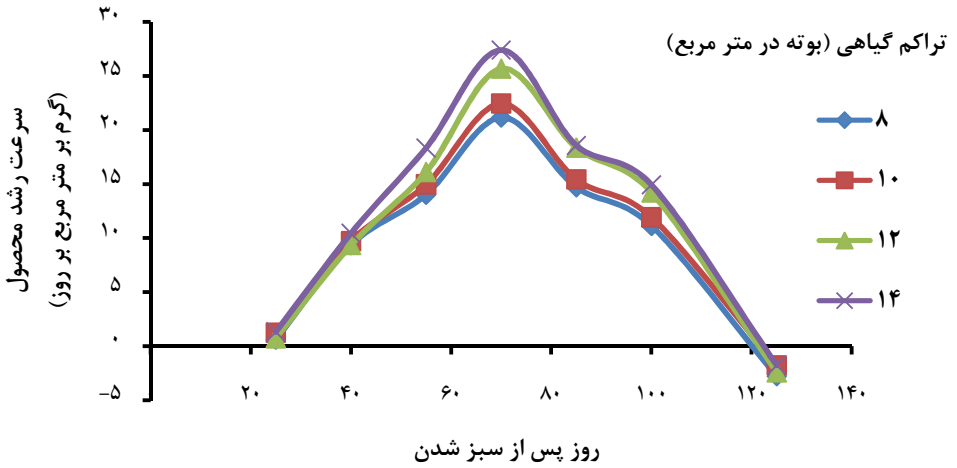
اثر تراکم گیاهی بر سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که سرعت رشد محصول با افزایش تراکم گیاهی به دلیل افزایش تعداد بوته در مترمربع افزایش می‌یابد (جدول ۴). روند

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

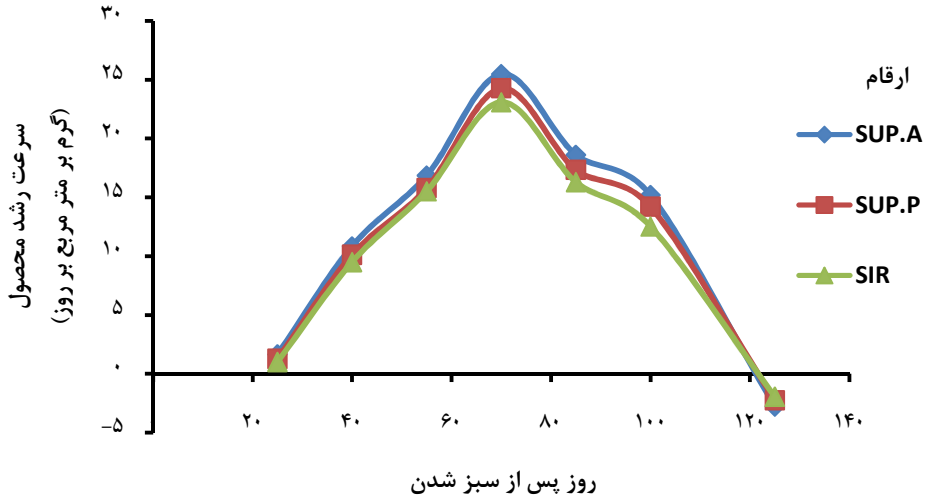
تغییرات حداکثر سرعت رشد محصول در تراکم‌های گیاهی مختلف حاکی از آن است که تا ۴۰ روز پس از سبز شدن اختلاف قابل توجهی بین تراکم‌های مختلف وجود نداشت و پس از آن اختلاف بین تراکم‌های گیاهی آشکار شد و در ۷۰ روز پس از سبز شدن که هم‌زمان با مرحله پایان گل‌دهی است، به بیش‌ترین میزان خود رسید که گیاه در حداکثر وزن خشک می‌باشد و پس از آن تا پایان دوره رشد به دلیل ریزش برگ‌ها و کاهش قدرت فتوسنتزی سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد (شکل ۷). Board (۲۰۰۰) نیز نشان داد که تراکم گیاهی که با تولید شاخص سطح برگ مطلوب از فضای رشد استفاده کاملی را بنماید بیش‌ترین سرعت رشد محصول را تولید می‌کند که با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد. اثر رقم بر حداکثر سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد در ارقام مختلف آفتابگردان حاکی از آن است که تا ۶۰ روز پس از سبز شدن اختلاف قابل توجهی بین تراکم‌های مختلف وجود نداشته و پس از آن اختلاف بین تراکم‌های گیاهی به‌صورت بارزتری نمایان شد و در ۷۰ روز پس از سبز شدن که هم‌زمان با مرحله پایان گل‌دهی است به بیش‌ترین میزان خود رسید که گیاه در حداکثر وزن خشک خود قرار داشت و پس از آن تا پایان دوره رشد به دلیل ریزش برگ‌ها و کاهش قدرت فتوسنتزی سرعت رشد محصول کاهش یافت. نتایج حاصل از مطالعات متعددی حاکی از آن است که پتانسیل ژنتیکی ارقام در میزان مصرف کود نیتروژن، استفاده از فضای رشدی در جذب نور نقش موثری در توسعه سریع پوشش گیاه و تولید سرعت رشد محصول دارد که در این میان تراکم گیاهی همگام با میزان پتانسیل ژنتیکی گیاه بسیار موثر است که نشان‌دهنده آن است که تراکم گیاهی مطلوب برای تمامی ارقام گیاه آفتابگردان یکسان نیست که با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد (Akmal, and Janssens, 2004; Board, 2000; Green *et al.*, 2003). بنی سعیدی (۱۳۹۱) نیز در مطالعه‌ای بر روی ارقام آفتابگردان نشان داد که ارقام آفتابگردان با کارایی متفاوتی نیتروژن را جذب می‌کنند که در اثر آن شاخص سطح برگی تولیدی آن‌ها متفاوت بوده که این عکس العمل بر میزان جذب نور تأثیر دارد. از طرفی افزایش تراکم گیاهی به بیش از تراکم مطلوب نیز بر کارایی مصرف نیتروژن یک رقم اثر گذاشته و رقمی که از کارایی بالاتری برخوردار باشد می‌تواند در تراکم گیاهی مطلوب نیتروژن مورد نیاز را جذب نموده، شاخص سطح برگ را افزایش دهد که در نهایت منجر به افزایش درصد جذب نور و افزایش قدر مطلق ضریب استهلاک نور در جهت افزایش سرعت رشد محصول و افزایش ماده خشک کل گیاه می‌شود. بر این اساس تراکم گیاهی مطلوب منجر می‌شود که رقم گیاهی از فضای رشدی، آب و مواد غذایی موجود و نور به نحو احسن در افزایش شاخص سطح برگ استفاده نموده و با سرعت اسیمیلاسیون خالص مناسب، به گونه‌ای که برگ‌های پایینی منجر به تنفس زیادی نشوند، ماده خشک بیش‌تری را از طریق افزایش سرعت رشد محصول حاصل نماید (Zhao, *et al*, 2014; Grofalo and Rinaldi, 2015).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]



شکل ۷: روند تغییرات سرعت رشد گیاه (CGR) تحت اثر تراکم گیاهی در طول فصل رشد



شکل ۸: روند تغییرات سرعت رشد گیاه (CGR) در ارقام مختلف آفتابگردان در طول فصل رشد

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که افزایش تراکم گیاهی از هشت به ۱۴ بوته در مترمربع باعث افزایش شاخص سطح برگ، وزن خشک کل و سرعت رشد محصول به ترتیب به میزان ۲۶/۵، ۲۳/۴ و ۲۳/۳ درصد گردید. با افزایش تراکم گیاهی، بوته‌ها بهتر از شرایط محیطی بلااستفاده در تراکم گیاهی کم، مانند نور و رطوبت استفاده کردند. افزایش تراکم گیاهی، درصد جذب نور در کانوپی و ضریب استهلاک نوری را به خاطر افزایش شاخص سطح برگ افزایش داد. تراکم ۱۲ بوته در مترمربع به‌طور کاملی توانست از فضای رشد به نحو مطلوبی استفاده کند به‌طوری‌که با افزایش تراکم از ۱۲ به ۱۴ بوته در متر درصد جذب نور، ضریب استهلاک نور، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول افزایش قابل ملاحظه‌ای نداشت. رقم Sup.A در مقایسه با سایر ارقام با سرعت رشد محصول مناسب و درصد جذب نور بالا، عملکرد ماده خشک مناسبی را

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

تولید نمود. با توجه به واکنش مختلف ارقام تحت اثر تراکم گیاهی چنین استنباط می‌گردد که بهترین رقم برای تراکم گیاهی ۱۲ بوته در مترمربع، رقمی است که دارای پتانسیل بالای تولید، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول مناسب باشد. لذا تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر، تراکم ۱۲ بوته در مترمربع و رقم Sup.A مناسب به نظر می‌رسد.

منابع

بنی‌سعیدی، ع. ۱۳۹۱. تأثیر نیتروژن بر عملکرد اجزای عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن ارقام آفتابگردان (*Heliantus annus* L.) در شرایط محیطی خوزستان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۵ (۴): ۷۱-۸۶.

جنتی، م. ۱۳۸۱. تأثیر آرایش کاشت بر رشد و عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، هیبریدهای سان ۳۳. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۱۰ ص.

خواجه‌پور، محمد رضا. ۱۳۸۳. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۵۶۴ ص.

کوچکی، ع.، راشدمحصل، ح.، نصری، م. و صدرآبادی، ر. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژی رشد و نمو گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات بنیاد فرهنگی رضوی، ۴۰۴ ص.

کوچکی، ع. ۱۳۷۵. زراعت در مناطق خشک (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۰۲ ص.

مجدنصیری، ب. و احمدی، م. ر. ۱۳۸۴. تأثیر فصل کاشت و فاصله بوته در نحوه توزیع و میزان جذب نور در جامعه گیاهی ژنوتیپ‌های مختلف گلرنگ (*Carthamus tinctorious* L.). مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۶ (۱): ۷۳-۶۳.

Akmal, M. and Janssens M. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research 88: 143-155.

Board, J. 2000. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant population. Crop Science 40: 1285-1294.

Choukan, R. 1992. The effect of plant on sunflower yield in dry farming condition. Seed and Plant 8: 46-49.

Echarte, M. M., Puntel, L. A. and Aguirrezabal, L. A. N. 2013. Assessment of the critical period for the effect of intercepted solar radiation on sunflower oil fatty acid composition. Field Crops Research 149: 213-222.

FAO. 2014. http://www.fao.org/crop/fortal/statistics/en/(visited 29 November 2016).

Flent, F., Kiniry J. R., Board, J. E, Westgate, M. E. and Reicosky, D. C. 1996. Row spacing Effects on Light Extinction coefficients of corn, sorghum, soybean and sunflower. Agronomy Journal 88: 185-190.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

Garofalo, P. and Rinaldi, M. 2015. Leaf gas exchange and radiation use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to different deficit irrigation strategies: From solar radiation to plant growth analysis. European Journal of Agronomy 64: 88-97.

Green, D. S., Erickson, J. E. and Kruger, E. L., 2003. Foliar morphology and canopy nitrogen as predictors of light-use efficiency in terrestrial vegetation. Agricultural Forest Meterology 115: 163-171.

Ion, V., Dicu, G., Basa, A., Dumbrava, M., Temocico, G., Epure, L. and Daniel State, D. 2015. Sunflower yield and yield components under different sowing conditions. Agriculture and Agricultural Science Procedia 6: 44- 51.

Kang, F., Cournede, P. H., Lecoeur, J. and Letort, V. 2014. Sunlab: a functional model for genotypic and phenotypic characterization of the sunflower crop. Ecological modeling 290:21-23.

Koutroubas, S. D., Papakosta, D. K. and Doitsinis, A. 2004. Cultivar and seasonal effects on the contribution of pre-anthesis assimilation to safflower yield. Field Crops Research 90: 263-274.

Koutroubas, S. D., Papkosta, D. K. and Doitsinis, A. 2008. Nitrogen utilization efficiency of safflower hybrids and open-pollinated varieties under Mediterranean conditions. Field Crops Research 107: 56-61.

Major, D. J. and Otegu, B. W. 1996. Leaf area light interception and development in maize radiation use efficiency. Agronomy Journal 83: 895-903.

Matera, J., Romero, L. A., Cuartrin, A. L., Cornagila, P. S. and Grimoldi, A.A. 2013. Yeild components, light interception and radiation use efficiency of Lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. European Journal of Agronomy 45: 87-95.

Mendham, N. J., Shipway, P. A. and Scott, R. K. 1981. The effects of seed size, autumn nitrogen and plant population density on the response to delayed sowing in winter oil seed rape (*Brassica napus* L). Journal of Agriculture Science, Cambridge 96: 417-428.

Miao, Q. J., Rosa, R. D., Shi, H., Paredes, P., Zhu, L., Dai, J., Goncalves, M. and Pereira, L.S. 2016. Modeling water use, transpiration and soil evaporation of spring wheat-maize and spring wheat-sunflower relay intercropping using the dual crop coefficient approach. Agricultural Water Management 168: 211-229.

Soleymani, A., Khajepour, M. R., Noormohamadi, G. H. and Sadeghyian, Y. 2003. Effect of planting date and pattern on some physiological groth indices of sugarbeet. Journal of Agricultural Science 9 (1): 105-123.

Villalobas, F. J., Hall, A. J., Ritchie, J. F. and Oryuz, F. 1996. Oil crop-sunflower: a development, growth and model of the sunflower. Crop Agronomy Journal 88: 403-415.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]

Tunusa, I. A. M., Siddique, K. H. M., Belford, R. K. and Karimi, M. M. 1993. Effect of canopy structure on efficiency of radiation interception and use in spring wheat cultivars during the pre-anthesis period in a Mediterranean-type environment. Field Crops Research 35: 113-122.

Zhao, Y., **Pang, H., Wang, J., Huo, L. and Li, Y. 2014**. Effects of straw mulch and buried straw on soil moisture and salinity in relation to sunflower growth and yield. Field Crops Research 161:16-25.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-25]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.28.7.8]