

تأثیر فصل کاشت و فاصله بوته در نحوه توزیع و میزان جذب نور در جامعه گیاهی (*Carthamus tinctorius* L.) ژنوتیپهای مختلف گلرنگ

بهرام مجد نصیری^۱ و محمدرضا احمدی^۲

۱، محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ۲، استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
تاریخ پذیرش مقاله ۸۲/۱۰/۱۷

خلاصه

زمانی که در یک گیاه در اثر عمل فتوسنتز، محصول خشک تولید می‌شود در حقیقت مقداری از انرژی نورانی جذب شده، در ترکیبات شیمیایی و هیدرات کربن ذخیره می‌شود. وجود این ترکیبات نشانه کاربرد انرژی نورانی در جریان عمل کربن گیری است. چنانچه آب و مواد غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه باشد، مقدار ماده خشک تولید شده بستگی تام اولاً به مقدار نوری که به سطح قسمتهای سبز گیاه تابیده شده و ثانیاً به کارایی مصرف نور دارد. به منظور بررسی ارتباط بین زمان و آرایش کشت با نحوه انتقال و استهلاک نور در جامعه گیاهی ژنوتیپهای مختلف گلرنگ، این مطالعه در سال ۱۳۷۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان انجام پذیرفت. پنج رقم و لاین گلرنگ در دو زمان کاشت ۱۵ فروردین و ۱۵ تیرماه به ترتیب به عنوان کشت بهاره و تابستانه و هر کدام در سه تراکم ۴۰۰ هزار، ۲۰۰ هزار و ۱۳۳ هزار بوته در هکتار در قالب طرح آزمایشی کرت‌های دوبرخورد شده با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که جذب نور در تمام عمق کنوپی برای همه ارقام و لاینهای مورد بررسی در کشت بهاره بیشتر از کشت تابستانه بود. در کشت بهاره رقم اراک ۲۸۱۱ با جذب ۸۲۹ وات بر متر مربع بیشترین میزان جذب نور را در مرحله گلدهی نشان داد. در کشت تابستانه نیز لاین شماره یک بدون اختلاف فاحش با رقم اراک - ۲۸۱۱ حائز بیشترین میزان استهلاک نور در عمق کنوپی بود. توانایی کلیه ارقام و لاینهای مورد بررسی در جذب تشعشعات خورشیدی متأثر از تراکم بوته بود. بطوریکه بیشترین تراکم بوته موجود بیشترین میزان جذب نور را به همراه داشت. لاین شماره یک از نظر توانایی جذب نور توسط نیمه فوقانی جامعه گیاهی بطور محسوسی ضعیف‌تر از ارقام ژیلا و اراک ۲۸۱۱ دیده شد. میزان وزن خشک بوته و عملکرد دانه متأثر از میزان کل جذب نور بوده و سهم نیمه بالایی و پائینی در جوامع گیاهی حاصل از ارقام مختلف در این باره تفاوت نشان داد. تأثیر تراکم بوته در میزان ضریب خاموشی (K) از طریق تغییر در شاخص سطح برگ (LAI) اعمال شد و بیشترین تراکم موجود در هر دو کشت بهاره و تابستانه به حد نساب جذب ۹۵٪ از نور خورشید در تمام عمق کنوپی نزدیکتر بود.

واژه‌های کلیدی: جذب نور، ضریب خاموشی، شاخص سطح برگ.

مقدمه

میزان محصول هر نبات اثر تعیین کننده می‌گذارد. تمام شواهد نشان می‌دهد که هر چه جذب نور در جامعه گیاهی بیشتر باشد، عملکرد نیز بیشتر خواهد بود. با افزایش جذب نور عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی هر دو افزایش می‌یابد، لیکن افزایش سهم عملکرد اقتصادی نسبت به عملکرد بیولوژیکی در

موفقیت شیوه‌های مدرن به زراعی و به نژادی در راستای عملکرد تا حدود زیادی بستگی به مدیریت استفاده و توزیع نور در اجتماع گیاهی دارد. چنانچه آب و مواد غذایی به اندازه کافی در اختیار گیاه قرار داشته باشد، نور تنها عاملی است که روی

در یک جامعه گیاهی بسته به آرایش کاشت و ژنوتیپ گیاه، میزان K می‌تواند متغیر باشد. هرچه برگها عمودی‌تر باشند و یا تراکم کاشت کمتر باشد میزان ضریب خاموشی کمتر خواهد بود (۹). این مسئله اهمیت عضو متوقف کننده نور را بیشتر نشان می‌دهد. اهمیت زیاد اندازه K برای گیاهان مدرن با سطح برگ کم در بوته و ارتفاع کمتر، در آزمایشات صدیق و همکاران (۱۹۸۹) نیز ثابت شده است. طیف تشعشع تابیده شده در جامعه گیاهی نیز بر میزان ارزش و کاربری ضریب خاموشی موثر است (۱۲). اگر یک گیاه بخواهد از انرژی نور خورشید استفاده کارآمد کند، باید بتواند حداکثر تشعشع نور خورشید را توسط بافت‌های سبز جذب نماید. با افزایش سطح برگ میزان دریافت تشعشع هم بیشتر می‌شود. سطح برگ اولیه بطور نمایی افزایش می‌یابد اما چون سطح برگ اولیه کم است، لذا مقدار قابل توجهی از انرژی خورشیدی در اوایل دوره رویش جذب نمی‌شود. بنابراین کارایی جذب انرژی تابشی در یک مزرعه بستگی به میزان سطح برگ و زاویه آن در جامعه گیاهی دارد. با استفاده از روابط نوری و میزان شاخص سطح برگ می‌توان مناسب‌ترین تراکم را جهت حصول حداکثر عملکرد بدست آورد. برای گیاهی که دارای شاخص سطح برگ بحرانی است، چنانچه در مرحله‌ای که حداکثر LAI حاصل شده است (که غالباً این مرحله مصادف با گلدهی است) و به هنگام ظهر خورشیدی، در حدود ۵ درصد از نور ورودی به جامعه گیاهی به سطح زمین برسد، در این حالت نقطه جبران نوری^۴ مماس بر کف کنوپی بوده و به سبب وجود تراکم مناسب بوته در نهایت بیشترین عملکرد اقتصادی حاصل می‌شود. اما چنانچه نقطه جبران نوری بالاتر از سطح زمین باشد، منطقه پائین‌تر از آن نقطه فتوسنتز خالص منفی خواهد داشت (۱۰). در مطالعه صدیق و همکاران (۱۹۸۹) که بر روی ضریب استهلاک نور در ارقام مدرن و قدیمی گندم انجام گرفت، تفاوت فاحشی بین ضریب استهلاک نور بر اساس طیف کامل تشعشع خورشیدی^۵ یا K_p و ضریب خاموشی که بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی^۶ یا K_p بدست آمد، در نتیجه نهایی مشاهده نشد. اگرچه از آزمایش زیر (۱۲)

محصولات دانه‌ای مورد نظر است (۱۱، ۱۴). زمانی که در یک گیاه در اثر عمل فتوسنتز محصول خشک تولید می‌شود در حقیقت مقداری از انرژی نورانی جذب شده در ترکیبات شیمیایی و هیدرات کربن ذخیره می‌شود. این ترکیبات نشانه کاربرد انرژی نورانی در جریان عمل کربن‌گیری است (۲). کلیه گیاهان حداقل در دوره رویشی خود با استفاده از نور خورشید، مواد خشک تولید کرده و در خود ذخیره می‌نمایند. چنانچه آب و مواد غذایی به اندازه کافی در دسترس گیاه باشد، مقدار ماده خشک تولید شده بستگی تام اولاً به مقدار نوری که به سطح قسمتهای سبز گیاه تابیده شده و ثانیاً به کارایی مصرف نور دارد (۷، ۸). جوامع گیاهی از نور مستقیم یا آسمانی و غیرمستقیم استفاده می‌کنند. از برگهای فوقانی نور مستقیم و از برگهای تحتانی غالباً نور غیر مستقیم جذب می‌شود. تشعشع غیر مستقیم بعلاوه عبور نور از برگها و انعکاس توسط زمین در اجتماع گیاهی کم می‌شود. با توجه به اینکه برگها عمدتاً نور مرئی را جذب کرده و نور مادون قرمز را بیشتر از خود عبور می‌دهند، بنابراین در کف کنوپی درصد مادون قرمز نسبت به نور مرئی بیشتر است (۴). شدت نور در یک اجتماع گیاهی بصورت لگاریتمی کاهش می‌یابد و از قانون بیرلامبرت^۱ پیروی می‌کند (۱۴). براساس مدل ارائه شده، کاهش نور در جامعه گیاهی به شاخص سطح برگ^۲ و همچنین به میزان ضریب خاموشی یا ضریب استهلاک نور^۳ بطریق لگاریتمی رابطه دارد.

$$I_i = I_o e^{-k(LAI)}$$

در رابطه فوق مقادیر I_o ، K ، LAI به ترتیب شدت نور در لایه i ام جامعه گیاهی، شدت نور در بالای کنوپی، ضریب خاموشی و شاخص سطح برگ تا لایه i ام هستند. روابط زیر از معادله فوق نتیجه می‌شود:

$$\frac{I_i}{I_o} = e^{-k(LAI)}$$

$$\ln \frac{I_i}{I_o} = -k(LAI)$$

4. Light Compensation Point.

5. Total Radiation.

6. Photosynthetically Active Radiation.

1. Lambert Beer law

2. Leaf Area Index

3. Extinction Coefficient

گرفت. کشت بصورت جوی و پشته انجام شد و به همین منظور فاروهایبی به فاصله ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر احداث گشت. هر کرت فرعی فرعی شامل چهار ردیف کاشت به طول پنج متر بود و کشت بذور بصورت نم کاری و روی رأس هر پشته انجام شد. فاصله نهایی بوته ها روی ردیف برای حصول تراکمهای موردنظر به ترتیب ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. برای اطمینان از حصول تراکمهای مورد نظر، در زمان کاشت میزان بذر بیشتری کشت شد و پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه‌ها و در مرحله کامل شدن دومین برگ، فاصله بوته‌ها در روی ردیف در جریان عملیات وجین و تنک کردن در اندازه‌های مورد نظر تنظیم شدند. به منظور جلوگیری از بروز بیماریهای خاکزی، بذور قبل از کاشت با محلول قارچکش کاپتان به میزان دو در هزار ضدعفونی شدند. اولین آبیاری یک هفته پس از کشت صورت گرفت و پس از مرحله سبز شدن بوته‌ها، آبیاری تا پایان دوره رسیدگی فیزیولوژیکی براساس ۵۰ درصد تخلیه رطوبتی خاک انجام می‌شد. به منظور محاسبه زمان دقیق انجام آبیاری، پس از خروج آب ثقی و کاهش رطوبت خاک تا کمتر از مرحله ظرفیت مزرعه^۱ (FC)، نمونه‌هایی از خاک در چند نوبت از منطقه بیشترین عمق ریشه جمع‌آوری شده و پس از خشک کردن کامل در آون آزمایشگاهی درصد وزنی رطوبت آنها سنجیده می‌شد. هر زمان که میزان تخلیه رطوبتی بدست آمده به ۵۰ درصد رطوبت در حالت FC نزدیک می‌شد، عملیات آبیاری صورت می‌گرفت. با ورود بوته‌های هر رقم یا لاین در کرت‌های فرعی به مرحله گلدهی کامل (۹۰ درصد گلدهی)، میزان شدت نور در بالای کنوپی (به عنوان نور مستقیم) و همچنین در وسط و کف کنوپی به هنگام ظهر خورشیدی توسط دستگاه نورسنج مزرعه‌ای مدل LX-10i، با دقت یک لوکس (LUX) اندازه‌گیری و ثبت می‌شد و همزمان ارتفاع بوته نیز یادداشت‌برداری می‌گشت. مقادیر ثبت شده از شدت نور در نقاط مختلف کنوپی پس از تبدیل از واحد لوکس (Lux) به واحد وات بر مترمربع (W/m^2) از طریق رابطه ($1 Lux = 0.1 W/m^2$)، جهت انجام محاسبات میزان جذب و استهلاک نور مورد استفاده قرار گرفت (۱). برای

چنین استنتاج شد که برای چندین محصول مقدار K_p همیشه بزرگتر از K_t بود. وی همچنین اشاره کرده است که در این قبیل مطالعات K_p همواره از اهمیت بیشتری برخوردار است اما بسته به تفاوت‌هایی که در کنوپی و یا خصوصیات تشعشعی حادث می‌شود K_p و K_t تغییرات و پاسخهای متفاوتی را به همراه خواهند داشت. این آزمایش به منظور بررسی و مقایسه ارقام و لاینهای مختلف گلرنگ از نظر پاسخ به شرایط محیطی متفاوت در دو کشت بهاره و تابستانه، همچنین ارزیابی ارتباط بین میزان جذب لحظه‌ای نور با خصوصیات فیزیولوژیکی صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

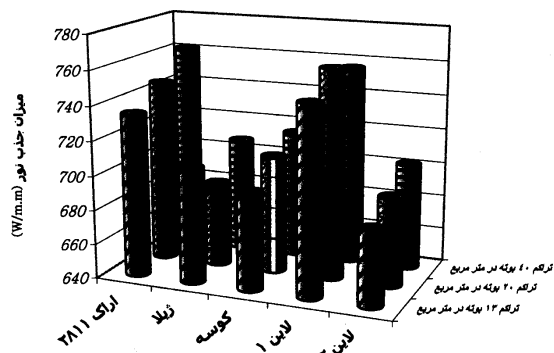
این مطالعه در سال ۱۳۷۹ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق اصفهان با عرض جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۷۰ متر از سطح دریا به مرحله اجرا در آمد. اقلیم منطقه براساس روش اقلیم‌بندی کوپن BWhs، یعنی اقلیم صحرایی و گرم با تابستانهای خشک و مطابق تقسیم بندی کریمی V,C,3، یعنی خشک با تابستانهای گرم و زمستانهای نسبتاً سرد می‌باشد. میانگین درازمدت بارش و درجه حرارت سالیانه به ترتیب حدود ۱۲۰ میلیمتر و ۱۶ درجه سانتیگراد است. بافت خاک مزرعه از نوع لوم سیلت می‌باشد. در این بررسی پنج ژنوتیپ گلرنگ شامل رقم محلی کوسه و دو لاین برگزیده از توده محلی گلرنگ اصفهان به همراه ارقام شناخته شده اراک - ۲۸۱۱ و ژایلا در دو زمان کشت ۱۵ فروردین و ۱۵ تیرماه به ترتیب به عنوان کشت بهاره یا کشت اول و کشت تابستانه یا کشت دوم و هر کدام در سه تراکم ۴۰۰ هزار، ۲۰۰ هزار و ۱۳۳ هزار بوته در هکتار مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش در قالب طرح آزمایشی کرت‌های دوبار خرد شده (اسپیلیت اسپیلیت پلات) با چهار تکرار انجام شد، بطوریکه تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی، تراکم بوته به عنوان فاکتور فرعی و ارقام و لاینهای مختلف نیز به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. عملیات تهیه زمین با دیسک سنگین روی بستر شخم خورده از پائیز سال قبل آغاز گردید و پس از کود دهی بر مبنای ۳۰ کیلوگرم فسفر (P205) و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هر هکتار، دیسک دوم و تسطیح زمین انجام

اندازه‌گیری وزن خشک بوته، در پایان دوره رسیدگی تعداد پنج بوته کامل از هر کرت فرعی برداشت و به مدت ۴۸ ساعت در آون آزمایشگاهی و در درجه حرارت ۶۵ درجه سانتیگراد کاملاً خشک شده، سپس توزین و بعد از تبدیل به واحد گرم بر متر مربع وارد محاسبات آماری شدند. میزان عملکرد دانه هر کرت نیز با برداشت کامل دو ردیف میانی هر کرت با یک متر حاشیه از ابتدا و انتهای ردیف‌ها و از سطح چهار متر مربع و سپس عملیات بوجاری و جدا سازی دانه‌ها، بدست آمد. عملکرد دانه نیز با واحد کیلوگرم در هکتار در محاسبات قرار می‌گرفت. عملیات آماری و رسم دیاگرام‌ها نیز با استفاده از نرم افزارهای مینی تب و اکسل انجام پذیرفت.

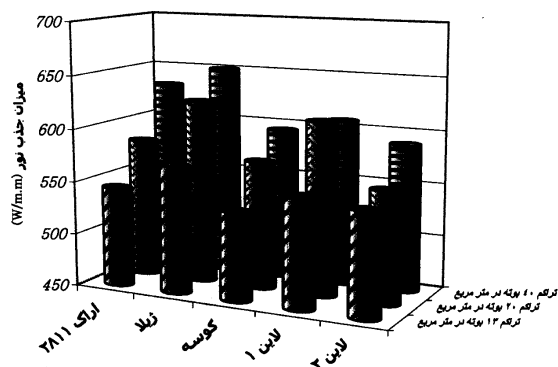
نتایج و بحث

بطوریکه در شکل ۱ دیده می‌شود حداکثر جذب نور در تمام عمق کنوپی برای همه ارقام و لاینهای مورد بررسی در کشت بهاره بیشتر از کشت تابستانه بود. در کشت بهاره رقم اراک - ۲۸۱۱ با جذب ۸۲۹ وات بر متر مربع، بیشترین میزان جذب نور را در مرحله گلدهی نشان داد و پس از آن لاین ۱ با جذب ۸۰۵ وات بر متر مربع از تشعشع خورشیدی در مقام دوم قرار داشت. با این حال اختلاف ارقام و لاینها در یک فصل کشت چندان قابل توجه نیست. میزان جذب لحظه‌ای نور در مرحله گلدهی به عنوان معیاری از حداکثر توانایی استفاده از تشعشع خورشیدی مد نظر قرار گرفته است. میزان نفوذ نور در عمق کنوپی صرف نظر از فاصله بین بوته‌ها به آرایش برگها و ساختار مورفولوژیکی گیاه بستگی دارد (۶). لاین ۲ در هر دو فصل کشت کمترین میزان کل جذب نور را داشته و در کشت دوم نیز لاین ۱ از این نظر حائز رتبه اول بود. رقم اراک - ۲۸۱۱ و لاین ۱ بترتیب در کشت بهاره و تابستانه بیشترین میزان عملکرد دانه را تولید کردند. همچنین لاین ۲ در کشت تابستانه و رقم ژایلا در کشت بهاره (بدون اختلاف معنی دار با لاین ۲) دارای کمترین میزان تولید عملکرد دانه کرت بودند. بنابراین توانایی بیشتر در میزان جذب نور تأثیر قابل توجهی بر مهمترین خصوصیت زراعی در گلرنگ یعنی عملکرد دانه داشته است. جذب نور در نیمه بالایی همه ارقام و لاینهای مورد بررسی در کشت بهاره نیز بسیار بیشتر از کشت تابستانه بود (شکل ۲) همچنین اختلاف در مورد

جذب نور بین دو کشت بهاره و تابستانه در نیمه فوقانی کنوپی بطور محسوسی بیشتر از کل عمق کنوپی بود. به عبارت دیگر جذب نور در نیمه بالایی جامعه گیاهی در کشت بهاره بسیار بیشتر از کشت تابستانه انجام گرفته است. رقم ژایلا در کشت بهاره علیرغم اینکه کمترین میزان جذب نور در کل جامعه گیاهی را داشت اما از نظر میزان جذب نور در بخش فوقانی جامعه گیاهی در این فصل کشت حائز رتبه اول بود. دیاگرام مربوطه همچنین نشان داده است که در کشت تابستانه لاین ۱، در شرایطی که بیشترین جذب کل نور را داشته، اما در نیمه بالایی جامعه گیاهی حتی کمتر از رقم ژایلا قابلیت جذب نور را دارد. همانگونه که در شکل ۳ دیده می‌شود توانایی جذب تشعشع خورشیدی در تمام عمق کنوپی در ارقام و لاینهای مورد بررسی متأثر از تراکم بوته بوده است. اگرچه در مجموع همه ژنوتیپهای مورد نظر به جز لاین ۱ در بیشترین تراکم موجود (۴۰ بوته در مترمربع) حداکثر جذب نور را داشتند. مقایسه دو تراکم موجود دیگر با هم نیز نشان می‌دهد که برتری در جذب کل نور به جز در رقم ژایلا در تراکم ۲۰ بوته در متر مربع همواره بیشتر از تراکم ۱۳/۳ بوته در هر متر مربع بود و در مورد لاین ۱ بوته‌های حاصل از تراکم دوم (۲۰۰ هزار بوته در هکتار)، حتی افزونتر از بیشترین تراکم موجود توانایی جذب کل تشعشع خورشیدی را داشته است، اگرچه این برتری چندان محسوس نبود. در مجموع می‌توان گفت که تا بیشترین تراکم بوته بکار رفته در این بررسی همواره افزایش تعداد بوته در واحد سطح موجب افزایش در جذب کل نور خورشید شده است و اعمال تراکم‌های کمتر موجب هدر روی بخشی از نور از فضای پوشش نیافته سطح زمین شده است. جذب نور در نیمه فوقانی جامعه گیاهی نیز برای همه ارقام و لاینها در پرتراکم‌ترین کشت بیشتر از سایر تراکم‌های بکار رفته و در کم تراکم‌ترین کشت نیز کمتر از همه بود (شکل ۴). اما نکته قابل توجه این است که لاین ۱ که بطور متوسط در همه تراکم‌های مورد بحث بیشترین میزان جذب نور در تمام عمق جامعه گیاهی را داشت (شکل ۳)، از نظر جذب نور در نیمه فوقانی کنوپی پس از ارقام ژایلا و اراک - ۲۸۱۱ قرار دارد و همچنین رقم ژایلا که در مقایسه با سایر ارقام و لاینها کمترین میزان جذب کل نور را داشت، از نظر جذب نور در نیمه فوقانی کنوپی حائز مقام اول است. احتمالاً



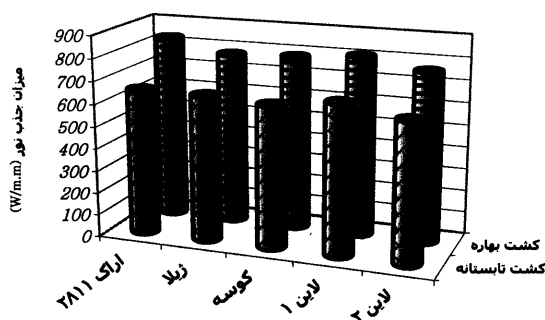
شکل ۳- متوسط میزان جذب نور در کل جامعه گیاهی ارقام مختلف در تراکم‌های مختلف کاشت



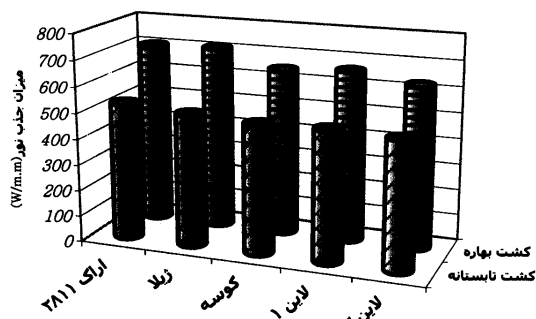
شکل ۴- متوسط میزان جذب نور در نیمه بالایی جامعه گیاهی ارقام مختلف در تراکم‌های مختلف کاشت

مقایسه ارقام اراک-۲۸۱۱، ژیلا و لاین ۱ از نظر ارتباط بین میزان کل جذب نور و ماده خشک تولید شده در شکل ۵ آمده است. دیده می شود که شیب افزایش وزن خشک بوته در ازای افزایش جذب کل تشعشعات خورشیدی در ابتدا در لاین ۱ بیشتر و در رقم ژیلا کمتر از بقیه است. لاین ۱ از نقطه جذب نور برابر ۶۴۰ وات بر متر مربع که همراه با تولید حدود ۱۲۰۰ گرم بر متر مربع ماده خشک است تا نقطه‌ای بر روی منحنی که ۷۷۵ وات بر متر مربع جذب نور داشته است با شیب افزایش کمتری تولید ماده خشک را به همراه داشته و پس از آن نیز تا میزان جذب نور ۹۴۵ وات بر متر مربع به افزایش در وزن خشک بوته ادامه داده است. کاهش شیب افزایش ماده خشک در ازای افزایش در جذب نور در رقم اراک-۲۸۱۱ از نقطه ۶۸۰ وات بر متر مربع (که مصادف با تولید ۱۱۵۰ گرم بر متر مربع وزن خشک بود) آغاز شده است. حداکثر ماده خشک تولیدی و جذب نور در این رقم بترتیب ۱۴۹۰ گرم بر متر مربع و ۸۸۰ وات بر متر مربع بوده است. در رقم ژیلا نیز دیده می شود که افزایش

بدلیل آرایش برگگی متفاوت تر در رقم ژیلا نسبت به سایر ارقام و لاینها وضعیت در این رقم بگونه ای بوده است که برگهای فوقانی زاویه عمودی تر نسبت به خط تابش نور خورشید داشته و جذب نور بیشتری در این بخش صورت گرفته است و از طرفی برگهای تحتانی از میزان نور کمتری برخوردار شده اما مجموع جذب نور در دو نیمه تحتانی و فوقانی کمتر از سایر ارقام و لاینها نشان داده است. این وضعیت در خصوص لاین ۱ کاملاً برعکس بود بطوریکه جذب نور در نیمه فوقانی کنویی از ارقام اراک ۲۸۱۱ و ژیلا کمتر اما در مجموع میزان جذب کل نور بیشتر از دو رقم مزبور بود. شدت تولید مواد فتوسنتزی در گیاهان علاوه بر میزان جذب به کارایی استفاده از نور^۱ نیز بستگی دارد و ژنوتیپهایی که سهم متعادلی از جذب نور در کل اندامهای فتوسنتز کننده آنها وجود دارد غالباً مقدار ماده خشک بیشتری تولید می نمایند (۸).

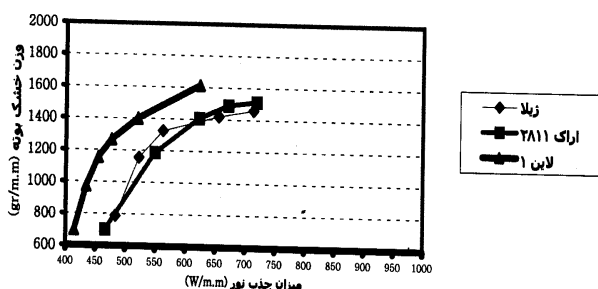


شکل ۱- متوسط میزان جذب نور در کل جامعه گیاهی ارقام مختلف در دو کشت بهاره و تابستانه



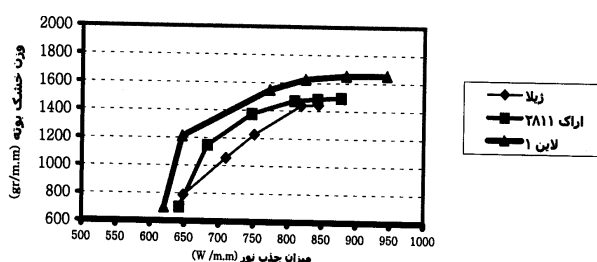
شکل ۲- متوسط میزان جذب نور در نیمه بالایی جامعه گیاهی ارقام مختلف در دو کشت بهاره و تابستانه

ارقام است. در لاین ۱ بعد از عبور از نقطه جذب نور برابر ۶۸۰ وات بر مترمربع که مصادف با تولید ۲۵۱۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه می‌باشد، تا نقطه جذب نور ۸۶۵ وات بر متر مربع و تولید عملکردی برابر با ۳۳۵۰ کیلوگرم در هکتار همواره در مقدار جذب کل نور و تولید دانه برتر از دو رقم دیگر بوده است. مشابه با آنچه در شکل ۶ دیده شده مقدار عملکرد دانه تولید یافته به نسبت میزان نور متوقف شده در نیمه بالایی جامعه گیاهی در لاین ۱ بطور محسوس بیشتر از سایر ارقام است (شکل ۸). در اینجا نیز باید گفت که چون مقادیر مربوط به عملکرد دانه روی محور عمودی، میزان کل وزن دانه تولیدی را نشان می‌دهد و از طرفی بطوریکه در شکل ۷ دیده شد میزان کل نور جذب شده در لاین مزبور همواره بیشتر از سایر ارقام بوده است، بنابراین سهم بخش تحتانی کنوپی در این لاین در جذب نور بارز تر بوده و در حقیقت نیمه پائینی کنوپی نقش موثرتری در جذب نور ایفا کرده است. جذب نور در نیمه فوقانی جامعه گیاهی در ارقام اراک-۲۸۱۱ و ژایلا نیز اگرچه طبیعتا مقدار کمتری را در مقایسه با جذب کل نور نشان می‌دهد، اما در مقایسه با یکدیگر نیز سهم مقدار نور توقف یافته در این بخش از کنوپی برای تولید دانه در آنها تقریبا مشابه یکدیگر است. در منحنی‌های اخیر (شکل ۸) ملاحظه می‌شود که لاین ۱ توسط نیمه بالایی کنوپی حداکثر ۶۳۵ وات بر مترمربع جذب نور داشته در حالیکه این میزان برای ارقام ژایلا و اراک ۲۸۱۱ بترتیب ۷۴۰ و ۷۳۲ وات بر مترمربع بوده است. مشابه آنچه در شکل ۵ دیده شد شیب افزایش عملکرد دانه در ازای جذب مقادیر زیاد نور در انتهای منحنی‌های مربوط به هر سه رقم و لاین شدیداً کاهش یافته که این مسئله مربوط به اثر بازدارندگی حرارت زیاد بر فتوسنتز و افزایش عملکرد دانه است (۵، ۱۳).



شکل ۶- نمایش ارتباط بین میزان جذب نور در نیمه فوقانی جامعه گیاهی و میزان وزن خشک بوته

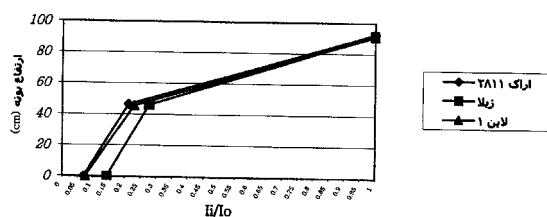
در وزن خشک بوته اگرچه کندتر از سایر ارقام است اما با یکنواختی بیشتر تا نقطه جذب ۸۲۵ وات بر متر مربع و تولید ۱۴۲۰ گرم بر متر مربع وزن خشک بوته ادامه یافته است. در انتهای منحنی‌های مربوط به هر رقم و لاین دیده می‌شود که میزان کل جذب نور و ماده خشک تولیدی حاصل از آن در لاین ۱ بیشتر و در رقم ژایلا کمتر از سایرین است. کاهش روند افزایش وزن خشک بوته در انتهای منحنی‌ها علیرغم افزایش شدت نور بدلیل اثرات منفی افزایش حرارت است (۳).



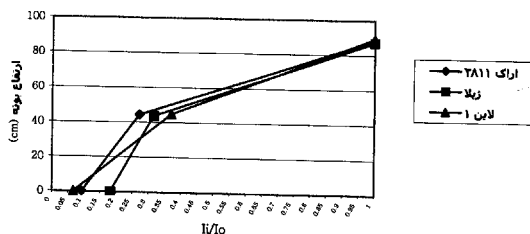
شکل ۵- نمایش ارتباط بین میزان کل جذب نور و ماده خشک تولید شده

ارتباط بین افزایش در وزن خشک بوته و افزایش در جذب نور در نیمه فوقانی کنوپی وضعیت متفاوتی را نشان داد (شکل ۶). تولید ماده خشک در ازای دریافت میزان نور کمتر در لاین ۱ دیده می‌شود. این وضعیت اگرچه نشان می‌دهد که تولید ماده خشک در لاین ۱ همواره با سرعت بیشتری و با میزان جذب نور کمتری در مقایسه با سایر ارقام صورت گرفته است اما بدین معنی نیست که با مقادیر مشخص شده از مقدار جذب نور در نیمه فوقانی وزن خشک نهایی حاصل شده است بلکه در حقیقت نشان دهنده سهم بیشتر نیمه پائینی کنوپی در جذب نور می‌باشد. ارقام اراک-۲۸۱۱ و ژایلا با نوسانات مختصری میزان جذب نور یکسانی در نیمه فوقانی کنوپی داشته و به ازاء دریافت هر واحد از تشعشع خورشیدی مقادیر کم و بیش مشابهی از وزن خشک بوته را نشان می‌دهند. منحنی‌های مربوط به ارتباط میان کل نور جذب شده و مقدار عملکرد دانه (شکل ۷) نیز مشخص ساخته است که سرعت افزایش عملکرد دانه در ازای جذب نور در ابتدای منحنی در ارقام ژایلا و لاین ۱ بیشتر از رقم اراک ۲۸۱۱ بوده اما بعد از پشت سر گذاردن مرحله افزایش سریع در عملکرد دانه، شیب افزایش عملکرد در جریان افزایش در جذب نور در رقم ژایلا بسیار کندتر از سایر

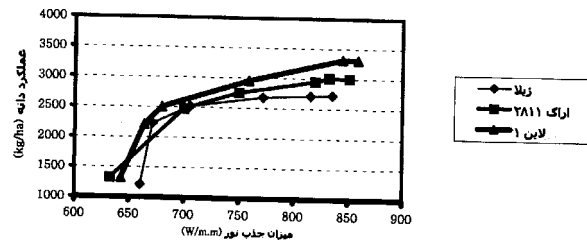
با لگاریتم I_0/I_i دارد، در رقم اراک-۲۸۱۱ و لاین ۱ بیشتر بود ولی برتری این پارامتر در کشت اول متعلق به رقم اراک-۲۸۱۱ و در کشت دوم از آن لاین ۱ بود. این ترتیب در مورد میزان عملکرد دانه نیز برقرار بود. همچنین سطح برگ رقم اراک-۲۸۱۱ در کشت اول و لاین ۱ در کشت دوم به سطح برگ بحرانی نزدیکتر شده اند (جدول ۱). مقایسه میزان I_i/I_0 در تراکمهای مورد بحث در شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ آمده است. ملاحظه می‌شود که با عبور از بیشترین تراکم به کمترین تراکم موجود همواره میزان I_i/I_0 در منطقه وسط و کف کنوبی افزایش می‌یابد. رقم ژیلا در تراکم‌های مختلف همواره بیشترین میزان این نسبت را در کف کنوبی نشان داد. اما اختلاف بین رقم اراک-۲۸۱۱ و لاین ۱ در این خصوص نامحسوس بود اگرچه لاین ۱ از نظر عددی نسبت I_i/I_0 کمتری داشت. این نسبت در منطقه وسط کنوبی همواره در لاین ۱ بیشترین و در رقم اراک-۲۸۱۱ کمترین مقدار را نشان می‌داد. به عبارت دیگر مقدار نور جذب شده در منطقه میانی اگرچه در جریان کاهش تراکم بوته در همه ارقام کاهش می‌یافت اما رقم اراک-۲۸۱۱ بیشترین میزان و لاین ۱ کمترین میزان جذب نور در این ناحیه را داشته‌اند. در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع لاین ۱ و رقم اراک ۲۸۱۱ به حد نساب ۹۲ درصد جذب نور تا کف کنوبی رسیدند و در حقیقت از لحاظ شاخص سطح برگ به حد بحرانی نزدیکتر شدند. این وضعیت در این سه رقم و لاین با ترتیب تولید عملکرد دانه مطابقت دارد.



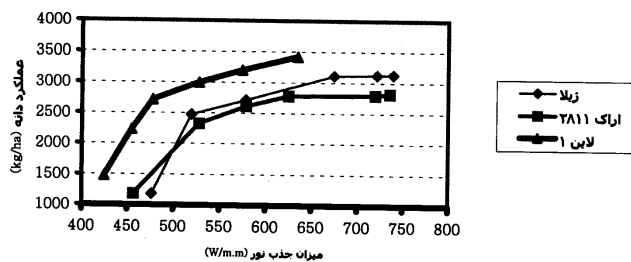
شکل ۹- نسبت شدت نور در لایه میانی و کف زمین به شدت نور مستقیم ارقام مختلف در کشت بهاره



شکل ۱۰- نسبت شدت نور در لایه میانی و کف زمین به شدت نور مستقیم ارقام مختلف در کشت تابستانه



شکل ۷- نمایش ارتباط بین میزان کل جذب نور در جامعه گیاهی و میزان عملکرد دانه

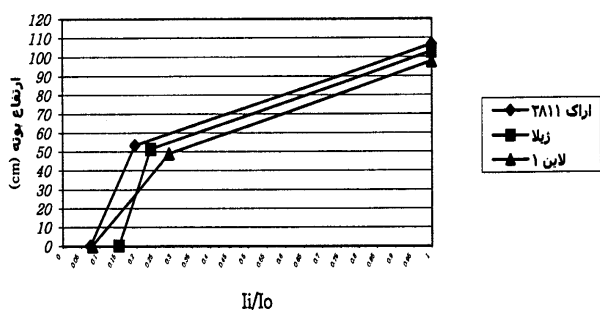


شکل ۸- نمایش ارتباط بین میزان جذب نور در نیمه بالایی جامعه گیاهی و میزان عملکرد دانه

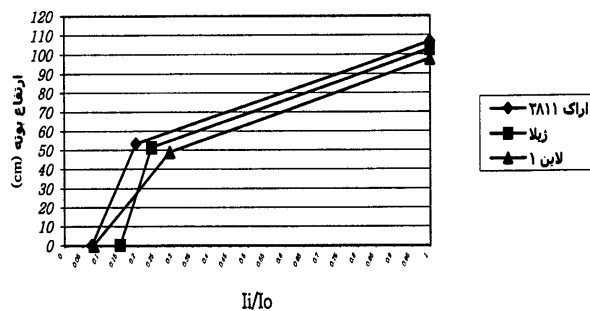
میزان استهلاک نور در عمق جامعه گیاهی بطور جداگانه برای کشت بهاره و تابستانه در خصوص سه رقم و لاین مورد بحث در شکل‌های ۹ و ۱۰ نمایش داده شده است. در کشت بهاره میزان استهلاک نور توسط جامعه گیاهی در رقم اراک-۲۸۱۱ بیشتر و در رقم ژیلا کمتر از بقیه بود، همچنین کاهش شدت نور و نسبت I_i/I_0 از وسط تا کف کنوبی نیز در رقم اراک-۲۸۱۱ (با اختلاف بسیار کم نسبت به لاین ۱) بیشتر بود. بطوریکه در شکل ۹ ملاحظه می‌شود نسبت شدت نور در کف جامعه گیاهی به شدت نور مستقیم در رقم اراک-۲۸۱۱ و لاین ۱ به ۵ درصد نزدیکتر بوده است. به عبارت دیگر درصد بیشتری از نور در جریان عبور از عمق جامعه گیاهی متوقف شده است. این نسبت برای رقم ژیلا در حدود ۱۵ درصد بود. در کشت تابستانه وضعیت متفاوت بود (شکل ۱۰). نسبت I_i/I_0 در این فصل کشت و در نقطه میانی کنوبی برای لاین ۱ کمتر از سایر ارقام دیده شد، بطوریکه در این لاین نزدیک به ۳۷ درصد از نور مستقیم خورشید به نیمه تحتانی کنوبی اجازه عبور یافته است. بنابراین میزان استهلاک نور در نیمه فوقانی جامعه گیاهی لاین ۱ کمتر از سایرین است، اما در کف کنوبی در حدود ۷ درصد از نور کامل خورشید ثبت شده است و مقدار I_i/I_0 در این نقطه برای رقم اراک-۲۸۱۱، ۹ درصد و برای رقم ژیلا به ۱۸ درصد می‌رسید. نتیجه اینکه ضریب خاموشی (K) که ارتباط مستقیم

جدول ۱ - میانگین ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، ضریب خاموشی، وزن خشک بوته و عملکرد دانه کرت در ارقام، تاریخ‌ها و تراکم‌های مختلف کاشت.

فصل کشت	تراکم کاشت در متر مربع	رقم یا لاین	ارتفاع بوته (Cm)	شاخص سطح برگ (LAI)	ضریب خاموشی (K)	وزن خشک بوته (gr/m ²)	عملکرد کرت (kg/ha)
کشت بهاره	۴۰ بوته	اراک ۲۸۱۱	۱۲۳/۴	۴/۹۶	۰/۵۵۲	۱۷۹۳/۲۵	۳۲۶۵
		ژیلا	۱۱۲/۵	۴/۸۶	۰/۵۴۹	۱۹۴۶/۸۷	۲۸۹۵
		کوسه	۱۰۸/۴	۴/۳۵	۰/۵۸۶	۱۵۹۹/۶۱	۲۴۷۳
		لاین ۱	۱۰۳/۸	۵/۰۸	۰/۵۲۰	۱۷۹۸/۹۶	۳۴۷۲
	۲۰ بوته	اراک ۲۸۱۱	۹۴/۷	۳/۶۵	۰/۷۴۰	۱۴۵۸/۸۷	۲۸۲۰
		ژیلا	۹۶/۶	۳/۳۲	۰/۷۸۷	۱۳۴۷/۰۴	۲۲۲۸
		کوسه	۱۰۱/۴	۲/۹۵	۰/۸۴۳	۱۷۰۱/۵۵	۲۶۳۴
		لاین ۱	۱۰۰/۸	۳/۲۱	۰/۸۱۲	۱۷۵۳/۲۳	۲۷۱۴
	۱۳/۳ بوته	اراک ۲۸۱۱	۵۸/۶	۲/۳۷	۱/۰۸۱	۱۲۴۶/۸۵	۲۴۷۵
		ژیلا	۶۸/۴	۲/۵۱	۱/۰۲۳	۱۳۲۸/۷۴	۲۰۲۵
		کوسه	۸۸/۶	۲/۷۴	۰/۸۹۵	۱۲۰۱/۰۸	۱۹۸۹
		لاین ۱	۹۸/۳	۳/۱۸	۰/۸۰۳	۱۰۹۷/۹۸	۲۲۳۰
کشت تابستانه	۴۰ بوته	اراک ۲۸۱۱	۹۰/۵	۴/۴۳	۰/۵۴۹	۱۲۲۶/۳۷	۲۹۵۸
		ژیلا	۹۳/۸	۴/۱۴	۰/۵۶۵	۱۳۱۶/۷۹	۲۴۱۵
		کوسه	۹۰/۲	۳/۶۸	۰/۶۲۵	۱۱۱۵/۸۰	۲۱۶۸
		لاین ۱	۹۱/۸	۴/۵۳	۰/۵۲۹	۱۲۲۵/۲۴	۳۱۵۵
	۲۰ بوته	اراک ۲۸۱۱	۸۵/۰	۳/۳۷	۰/۷۱۵	۱۱۵۴/۶۴	۲۸۰۰
		ژیلا	۸۶/۴	۳/۰۳	۰/۷۵۳	۱۲۴۸/۵۱	۲۳۰۱
		کوسه	۸۰/۶	۲/۹۲	۰/۷۵۹	۱۴۰۸/۱۶	۲۴۱۵
		لاین ۱	۸۸/۰	۳/۱۶	۰/۷۳۳	۱۲۰۶/۲۰	۳۱۱۲
	۱۳/۳ بوته	اراک ۲۸۱۱	۹۰/۰	۱/۶۹	۱/۳۵۲	۷۸۶/۸۲	۱۶۲۴
		ژیلا	۸۱/۴	۱/۴۰	۱/۵۰۵	۷۰۰/۳۷	۱۳۲۳
		کوسه	۸۶/۳	۱/۴۳	۱/۵۲۱	۷۲۱/۹۹	۱۴۰۵
		لاین ۱	۸۸/۵	۲/۰۷	۱/۱۰۶	۶۹۶/۷۷	۱۸۳۶
لاین ۲	اراک ۲۸۱۱	۶۸/۰	۱/۳۸	۱/۵۰۱	۶۳۵/۱۵	۱۲۳۶	

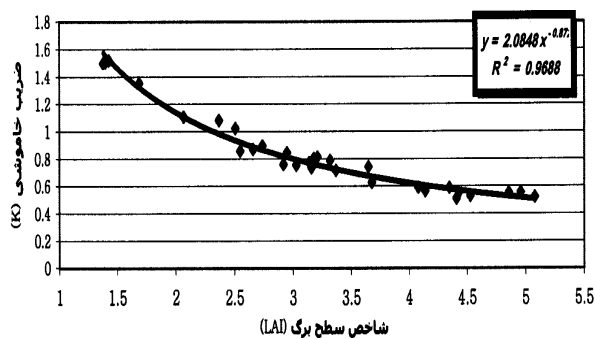


شکل ۱۲- نسبت شدت نور در لایه میانی و کف زمین به شدت نور مستقیم ارقام مختلف در تراکم ۲۰ بوته در مترمربع

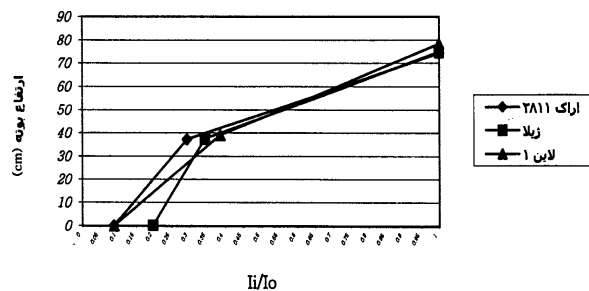


شکل ۱۱- نسبت شدت نور در لایه میانی و کف زمین به شدت نور مستقیم ارقام مختلف در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع

سطح برگ، افزایش در میزان شاخص سطح برگ موجب افت سریع در ضریب خاموشی می‌شود، اما پس از آن افزایش در سطح برگ تأثیر کمتری در کاهش ضریب خاموشی خواهد داشت. در انتهای منحنی نیز دیده می‌شود که زیاده‌تر شدن سطح برگ تأثیر کمتری در کاهش ضریب خاموشی برگها داشته است. در مقادیر زیاد شاخص سطح برگ به سبب عمودی تر بودن برگها، میزان نفوذ نور در عمق کنوپی علیرغم انبوه تر شدن برگها، کاهش بسیار کمی داشت.



شکل ۱۴- خط رگرسیونی ارتباط بین شاخص سطح برگ و ضریب خاموشی در آزمایش گلرنگ



شکل ۱۳- نسبت شدت نور در لایه میانی و کف زمین به شدت نور مستقیم ارقام مختلف در تراکم ۱۳ بوته در مترمربع

ارتباط بین میزان ضریب خاموشی (K) و شاخص سطح برگ (LAI) با میانگین‌گیری از مقادیر آنها برای همه ارقام مورد بررسی و در تراکم‌ها و زمانهای مختلف کاشت، به همراه نمایش خط رگرسیونی در شکل ۱۴ آورده شده است. بطوریکه قبلا دیدیم (جدول ۱) میان این دو پارامتر رابطه معکوس برقرار است. هرچه از میزان سطح برگ کاسته شده، ضریب خاموشی افزایش یافته است. این افزایش عمدتا به سبب افقی‌تر شدن برگها و افزایش توقف یا جذب نور^۱ در برگها است (۱۰). در مقادیر کم

1. Light Interception

مراجع مورد استفاده

۱. فاجریا، ان، کا. ۱۳۷۷. افزایش عملکرد گیاهان زراعی، ترجمه: هاشمی دزفولی، ا، کوچکی، ع و م. بنیاد اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.
۲. مظاهری، د. ۱۳۷۳. زراعت مخلوط. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۲ صفحه.
3. Bauer, A., A. B.Frank., & A. L. Black. 1985. Estimation of spring wheat grain dry matter assimilation from air temperature. *Agron J.* 77: 743-752.
4. Clegg, M. D., W. W.Biggs., J. D.Eastin., J. W. Maranville., & C. Y. Sullivan. 1974. Light transmission in field Communities of Sorghum. *Agron. J.*66 : 471-476.
5. Dornhoff, G. M., & R. M. Shibles. 1970. Varietal differences in net photosynthesis of Soybean leaves. *Crop. Sci.*10 : 42-45.
6. Gallagher, J. N., & P. V. Biscoe. 1970. Radiation absorption , growth and yield of cereals. *J.Agric. Sci.* 91 : 47-60.
7. Hammer, G. L., & R. L. Vanderlip. 1989. Genotype- by-environment interaction in grain Sorghum. I. Effects of temperature on radiation use efficiency. *Crop. Sci.* 29:370-276.
8. Monteith, J.L. 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology.* 9:747-766.
9. Saeki, T.1960. Interrelationships between leaf amount, light distribution and total photosynthesis in a plant Community. *Bot. Mag. Tokyo.* 73 : 55-63.
10. Siddique, K. H. M., R. K. Belford., M. W. Perry., & D. Tennant. 1989. Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. *Aust.J.Agric. Res.* 40 : 473-487.

11. Siddique, K. H. M., D. Tennant., M. W. Perry., & R. K. Belford. 1990. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Aust. J. Agric. Res.* 41 : 431-447.
12. Szeicz, G. 1974. Solar radiation in crop canopies. *J. Appl. Ecol.* 11 : 1117-1156.
13. Venkateswarlu, B., B. S. Vergara., & R. M. Visperas. 1987. Influence of photo -synthetically active radiation on grain density of rice. *Crop. Sci.* 27:1210-1214.
14. Yunusa. I. A. M., K. H. M. Siddique., R. K. Belford., & M. M. Karimi. 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.

**Effect of Planting Season and Density on Light Distribution
and Interception in Canopy in Different Safflower
(*Carthamus tinctorious* L.) Genotypes**

B. MAJD NASIRI¹ AND M. R. AHMADI²

1, Researcher, Agricultural and Natural Resources Research Center, Isfahan,

2, Researcher, Seed and Plant Research Institute, Karaj, Iran

Accepted, January. 7, 2004

SUMMARY

When dry matter is produced through photosynthesis, in fact absorbed energy of solar radiation is stored as chemical compounds. Existence of these compounds indicates radiation energy application and restoration in carbon assimilation function. If sufficient water and nutrients be supplied, the produced dry matter is dependent upon intercepted and absorbed solar radiation by plant as well as radiation use efficiency. This investigation was conducted in year 2000 in Esfahan agricultural research center to study the relationship between planting date as well as density, and radiation transmission and extinction in different safflower genotypes canopies. Five safflower genotypes were compared at two seeding dates (April 4 and July 6) and three planting densities (400, 200 and 133 thousand plants per hectare) in a split split plot design with four replicates. The results indicated that radiation absorption in the whole depth of canopy as well as in all genotypes in spring planting was greater than that in summer planting. In spring planting, intercepted radiation for cultivar Arak- 2811 was highest (829 W/m^2) and in summer planting intercepted and extinction radiation in Line 1 was higher than in the others. This difference was low in comparison with cultivar Arak - 2811. Solar radiation absorption ability in all genotypes was affected by planting density. Maximum density was accompanied by the most radiation absorption. Line 1 had the least interception radiation at upper half of the canopy. Dry matter and grain yield rates were affected by total intercepted radiation. Upper and lower half of canopy affected these rates differently. Planting density affected extinction coefficient (K) because of leaf area index (LAI) difference. Intercepted radiation in maximum planting density in either spring or summer seeding dates were near %95 of total solar radiation.

Key words: Solar radiation absorptio, Extinction coefficient, Leaf area index.