

ضریب استهلاک و کارایی مصرف تشعشع ارقام پنبه برای تراکم‌های مختلف کاشت در گرگان

سیدمجید عالیمقام^{۱*}، فرشید قادری فر^۲، افشین سلطانی^۲ و امید سپهری^۲

^۱دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آگرواکولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲عضو هیات‌علمی گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۳دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۲/۸/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۳

چکیده

افزایش عملکرد از طریق آگاهی از تاثیر عوامل مدیریتی بر گیاهان و به دنبال آن استفاده حداکثر از ظرفیت محیط، قابل دسترسی است. استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهی، یکی از راهکارهای مفید جهت شناسایی تاثیر عوامل مختلف مدیریتی بر عملکرد می‌باشد. اما استفاده از مدل‌ها در صورتی امکان‌پذیر است که اطلاعات اولیه برای هر گیاه در هر منطقه موجود باشد. در همین راستا به منظور بررسی تاثیر ارقام مختلف پنبه (گلستان، ساحل و سپید) در دو تراکم (۲۵۰۰۰ و ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار) بر روی ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع، آزمایشی در گرگان به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۰ انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که اثر ارقام بر ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع معنی‌دار نبود. با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، ضریب خاموشی به صورت معنی‌داری از ۰/۸۷ به ۰/۶۱ کاهش یافت. این در حالی بود که کارایی مصرف تشعشع در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، برابر ۱/۳۵ و در تراکم ۲۵۰۰۰ بوته در هکتار، برابر ۳/۱۷ گرم بر مگاژول به دست آمد. در تراکم کشت بیشتر، افزایش شاخص سطح برگ و بسته شدن سریع‌تر کانوبی در زمان‌های وقوع دمای بیشتر هوا، باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع شد.

واژگان کلیدی: پنبه، ضریب خاموشی، کشت باریک، کارایی مصرف تشعشع

مقدمه

در مدل‌های شبیه‌سازی به منظور برآورد ماده خشک و عملکرد تولید شده، روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. یکی از روش‌های پرکاربرد و ساده جهت تخمین ماده خشک تولید شده، بر پایه مقدار کارایی مصرف تشعشع (RUE^1) گیاه استوار است (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). به طور کلی در این روش، مقدار عملکرد به صورت حاصلضرب مقدار تشعشع دریافت شده توسط گیاه، کارایی مصرف تشعشع و شاخص برداشت محاسبه می‌شود (ریزعلی و همکاران، ۲۰۰۲؛ روبرتسون و همکاران، ۲۰۰۱؛ پوررضا و همکاران، ۲۰۰۸؛ راحمی و همکاران، ۲۰۰۸؛ سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). در گیاهان مورد مطالعه، زمانی برآورد دقیقی از عملکرد و ماده خشک حاصل می‌شود که اطلاعات کافی در ارتباط با اثر عوامل تاثیرگذار بر مقدار اجزای این رابطه (مقدار تشعشع دریافتی، کارایی مصرف تشعشع و شاخص برداشت) و همچنین مقدار کمی هر یک از آنها در اختیار محققان باشد.

مقدار تشعشع دریافتی توسط گیاهان یکی از عوامل کلیدی برای تولید ماده خشک است که خود تابع ضریب خاموشی یا ضریب استهلاک نوری^۲ و شاخص سطح برگ می‌باشد (سینکلر، ۲۰۰۶؛ سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). مقدار کمی ضریب خاموشی از طریق قانونی شبیه به قانون لامبرت-بوگر-بیر قابل محاسبه می‌باشد (سینکلر، ۲۰۰۶). به طور کلی ضریب خاموشی به صورت نسبت مساحت سایه ایجاد شده به مساحت برگ تعریف می‌شود^۳، که این ضریب بیانگر خصوصیات کانوپی گیاه می‌باشد (هی و پورتر، ۲۰۰۶). عواملی مانند نحوه توزیع افقی برگ‌ها، زاویه برگ‌ها و زاویه تابش تشعشع بر مقدار این ضریب تاثیرگذار می‌باشند. همچنین این ضریب تحت تاثیر عوامل مدیریتی در مزرعه مانند تراکم گیاهی قرار می‌گیرد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

کارایی مصرف تشعشع به صورت مقدار ماده خشک تولید شده به ازای هر واحد تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده توسط گیاه تعریف می‌شود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲؛ هارو و همکاران، ۲۰۰۷). محققان بیان کردند که عملکرد بیولوژیک گیاهان زراعی به دو عامل مقدار تشعشع دریافتی توسط گیاه و کارایی مصرف تشعشع بستگی دارد (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۵). عواملی مانند دما، غلظت دی‌اکسید کربن هوا، تنش کمبود آب و غلظت نیتروژن برگ‌ها می‌توانند باعث تغییر در مقدار کارایی مصرف تشعشع شوند (بل و همکاران، ۱۹۹۲؛ بل و همکاران، ۱۹۹۴؛ سلطانی، ۲۰۰۵؛ هارو و همکاران، ۲۰۰۷؛ سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). به‌طورکلی هر عاملی که سرعت فتوسنتز برگ را تغییر دهد، می‌تواند باعث تغییر در مقدار کارایی مصرف تشعشع شود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

1- Radiation use efficiency

2- Extinction coefficient

۳- این مطلب برگرفته از جزوه درسی دکتر افشین سلطانی در مقطع کارشناسی ارشد برای درس اکولوژی تولید می‌باشد.

محققان اثر تراکم‌های مختلف بر روی ضریب خاموشی (راحی و همکاران، ۲۰۰۸؛ فلنت و همکاران، ۱۹۹۶؛ مادونی و همکاران، ۲۰۰۱؛ فرانچسگلی و همکاران، ۲۰۰۶؛ کو و همکاران، ۲۰۰۹) و کارایی مصرف تشعشع (استاتزل و آفهامر، ۱۹۹۱؛ پارسل و همکاران، ۲۰۰۲؛ تارپین و همکاران، ۲۰۰۲؛ فرانچسگلی و همکاران، ۲۰۰۶؛ کو و همکاران، ۲۰۰۹) در گیاهان زراعی مختلف را مورد بررسی قرار داده‌اند. راحمی و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که با افزایش تراکم در گیاه نخود مقدار ضریب خاموشی کاهش یافت. در مطالعه‌ای دیگر که اثر فاصله ردیف بر مقدار ضریب خاموشی در گیاهان آفتابگردان، ذرت، سویا و سورگوم مورد بررسی قرار گرفت، همین نتایج گزارش شد (فلنت و همکاران، ۱۹۹۶). فرانچسگلی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته برای گیاه کلم، مقدار تشعشع فعال دریافت شده برای فتوسنتز (IPAR^۱) افزایش یافت. ایشان افزایش سطح برگ در تراکم‌های بالا را دلیلی برای این اختلاف بیان کردند. هر چه دریافت تشعشع خورشید و مدت زمان تابش بیشتر باشد، تولید ماده خشک و بالاخره عملکرد بیشتر خواهد شد (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۵). در ارقام پنبه از نوع اکرا، با افزایش تراکم و کاهش فضای بین ردیف‌ها، می‌توان مقدار تشعشع دریافتی را افزایش داد (گونیس و همکاران، ۲۰۱۱). کو و همکاران (۲۰۰۹) به منظور کالیبره کردن مدل EPIC^۲ در ایالت تگزاس آمریکا، اثر آبیاری در ارقام مختلف پنبه بر روی مقادیر ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع را مورد بررسی قرار دادند، ایشان بیان کردند که برای به دست آوردن یک برآورد دقیق از ماده خشک و عملکرد به وسیله مدل EPIC، در این مدل استفاده از مقادیر دقیق پارمترهایی مانند کارایی مصرف تشعشع الزامی است.

با توجه به اهمیت تشعشع دریافتی، کارایی مصرف تشعشع و ضریب خاموشی در تخمین مقدار ماده خشک توسط مدل‌های شبیه‌سازی و اهمیت کاربردهای این مدل‌ها در مدیریت بهتر گیاهان زراعی، جهت استفاده از توانایی مدل‌های شبیه‌سازی، وجود اطلاعات کافی برای گیاهان مختلف زراعی الزامی است. به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی در ارتباط با اثرات کشت با فاصله ردیف باریک^۳ و متداول بر مقدار ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع برای ارقام پنبه داخل کشور، هدف از این تحقیق برآورد این ضرایب برای سه رقم متداول پنبه در گرگان برای شرایط کشت باریک و متداول بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی شماره ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی

1- Intercepted Photosynthetically Active Radiation

2- Environmental Policy Impact Calculator model

3- Narrow Row

و با ارتفاع ۹۰ متر از سطح دریا انجام شد. بافت خاک مزرعه آزمایشی از نوع لوم رسی سیلتی، اسیدپته خاک ۷/۹ تا ۸ و متوسط بارندگی سالیانه در منطقه، ۶۰۷ میلی‌متر می‌باشد.

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل ارقام پنبه (گلستان، ساحل و سپید) و فاکتور فرعی شامل دو تراکم ۲۵۰۰۰۰ (کشت با فاصله ردیف باریک) با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و ۶۲۵۰۰ (کشت متداول) با فاصله ردیف ۸۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. در هر محل کاشت، تعداد چهار بذر پنبه قرار گرفته و پس از جوانه‌زنی و سبز شدن، در مرحله چهار برگی، برای رسیدن به تراکم مورد نظر، عملیات تنک صورت گرفت. بر اساس توصیه کودی، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات به صورت سوپر فسفات تریپل مصرف شد. همه کود فسفره و نیمی از کود نیتروژن قبل از کاشت و باقیمانده آن در مرحله گلدهی استفاده شد. در طول فصل رشد برای کنترل شته، کرم قوزه و عسلک از آفت‌کش‌های مناسب (کونفیدور، متاسیستوکس و سوین) استفاده شد. در طول فصل رشد برای کنترل علف‌های هرز، عملیات وجین دستی انجام شد. عملیات آبیاری به صورت نشتی مطابق با نیاز پنبه صورت گرفت.

از زمان سبز شدن تا مرحله باز شدن قوزه، به منظور تعیین سطح برگ در تیمارهای مختلف سه بوته برداشت و سطح برگ آنها توسط دستگاه سطح برگ سنچ دلتا تی^۱ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک در هر نمونه‌برداری، برگ‌ها، ساقه‌ها و اندام‌های زایشی به صورت جداگانه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آون قرار گرفت، سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

همزمان با اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک، در مزرعه برای هر نمونه‌گیری مقدار تشعشع دریافت شده توسط کانوپی نیز اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری تشعشع دریافت شده از دستگاه اکیوپار مدل ال پی ۲۸۰ استفاده شد. در هر بار نمونه‌برداری، یک اندازه‌گیری در بالای کانوپی و دو اندازه‌گیری در زیر کانوپی در ساعت ۱۱ الی ۱ بعد از ظهر برای ثبت تشعشع صورت گرفت. برای کمی‌سازی شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت از تابع لجستیک زیر استفاده شد (نورسورسی، ۲۰۰۴):

$$y = \frac{y_{\max}}{1 + \exp\left[\frac{-(dap - b)}{a}\right]} \quad (1)$$

1- Delta T

2- AccuPAR, model LP 80

در معادله (۱)، y : شاخص سطح برگ یا تشعشع دریافت شده توسط کانوپی؛ dap : روز پس از کاشت؛ y_{max} : حداکثر شاخص سطح برگ یا حداکثر تشعشع دریافت شده؛ a : پارامتر تابع؛ b : مدت زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد شاخص سطح برگ یا مدت زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد تشعشع دریافت شده توسط کانوپی را نشان می‌دهند.
به منظور تعیین ضریب خاموشی از معادله ۲ که بر گرفته از رابطه مونتیس می‌باشد، استفاده شد (رابرتسون و همکاران، ۲۰۰۱).

$$y = 1 - \exp(-k * LAI) \quad (2)$$

در معادله (۲)، y : نسبت تشعشع دریافتی؛ k : ضریب خاموشی بر پایه تشعشع فعال فتوسنتزی؛ LAI : شاخص سطح برگ می‌باشند.

داده‌های هواشناسی مربوط به میانگین، بیشینه و کمینه دما، مقدار بارش و ساعات آفتابی در طول فصل رشد پنبه از ایستگاه هواشناسی هاشم آباد تهیه شد. تمامی محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (سلطانی، ۱۳۸۷) و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد. به منظور محاسبه تشعشع تجمعی در طول فصل رشد برای محاسبه کارایی مصرف تشعشع از نرم‌افزار Int_PAR (نوشته شده تحت نرم‌افزار Excel) استفاده شد (سلطانی و مداح، ۲۰۱۰).

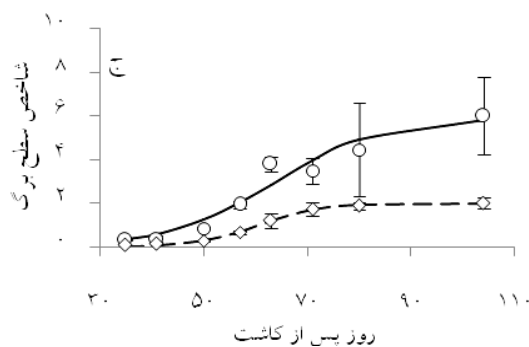
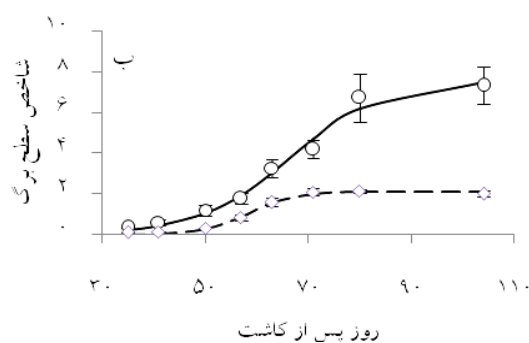
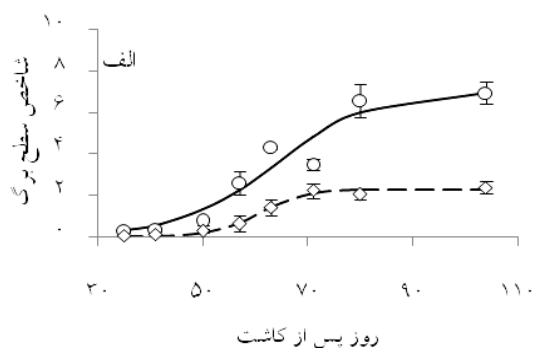
نتایج و بحث

در شکل ۱ تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل زمان (بر مبنای روز) را نشان داده شده است. مقادیر ضریب تبیین که یکی از شاخص‌های نکویی برازش رگرسیون محسوب می‌شود، برای هر یک از تراکم‌های کشت در ارقام مختلف، بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۸ متغیر بودند (جدول ۱).

جدول ۱- برآورد پارامترهای مدل لجستیک در توصیف روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام پنبه در مقابل زمان پس از کاشت در تراکم‌های مختلف کشت

ارقام پنبه	تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار				تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار			
	R^2	b	a	LAI_{max}	R^2	b	a	LAI_{max}
گلستان	۰/۹۵	۶۴±۲/۶	۹/۴±۱/۹۸	۷/۱±۰/۵۸	۰/۹۳	۶۰/۶±۳/۳۸	۴/۲±۲/۸	۲/۳±۰/۲۷
ساحل	۰/۹۵	۶۶/۷±۲/۴۵	۹/۱±۱/۸۲	۷/۶±۰/۶۱	۰/۹۸	۵۸/۴±۳/۶۸	۴/۳±۳/۱۳	۲/۱±۰/۲۸
سپید	۰/۹۳	۶۳/۷±۳/۳۵	۱۰/۳±۲/۵۸	۶±۰/۵۹	۰/۹۸	۶۰/۶±۱/۸۴	۶±۱/۵۸	۲±۰/۱۲

LAI_{max} حداکثر شاخص سطح برگ؛ a پارامتر تابع و b مدت زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد شاخص سطح برگ. جهت مقایسه ضرایب معادله بین ارقام و تراکم‌های کشت از طریق آزمون t در سطح اطمینان پنج درصد، مقدار t استیوننت برابر ۲ در نظر گرفته شود



شکل ۱- روند بسته شدن کانوپی در طول فصل رشد پنبه برای سه رقم گلستان (الف)، ساحل (ب) و سپید (ج) برای تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (خطوط ممتد و دایره) و ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (خطوط خط‌چین و لوزی)

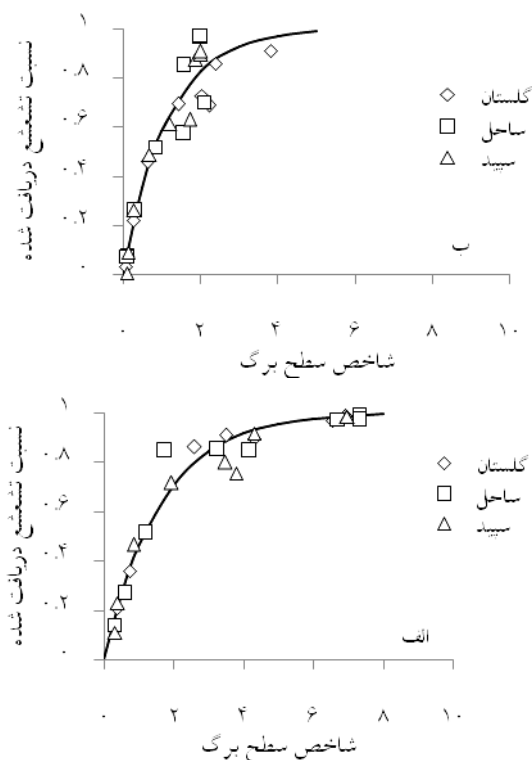
بررسی روند بسته شدن کانوپی در طول فصل رشد پنبه نشان داد که در هر سه رقم گلستان، ساحل و سپید سرعت افزایش شاخص سطح برگ و بسته شدن کانوپی در کشت باریک بیشتر از روش متداول بود (شکل ۱ و ۲). با توجه به مقدار تشعشع اندازه‌گیری شده در زیر کانوپی، در تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار حداقل شاخص سطح برگ مورد نیاز برای بسته شدن کانوپی (زمانی که $0/85$ کسر تشعشع رسیده

توسط کانوپی دریافت شد) برابر ۳ بود. در حالی که برای تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار حداقل شاخص سطح برگ برای بسته شدن کانوپی برابر ۲ برآورد شد (شکل ۲). بر این اساس، مدت زمان بسته شدن کانوپی برای رقم ساحل برای تراکم بیشتر در مقایسه با تراکم کمتر، ۱۸ روز زودتر اتفاق افتاد. این اختلاف برای رقم سپید بیشتر بود. بطوریکه زمان بسته شدن کانوپی برای تراکم ۲۵۰۰۰۰ نسبت به ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار در این رقم، ۳۵ روز زودتر رخ داد. در تراکم کمتر برای رقم گلستان تا آخر فصل رشد کانوپی به صورت کامل بسته نشد. در همین رقم برای تراکم بیشتر، زمان بسته شدن کامل کانوپی ۶۵ روز پس از کشت بود (اشکال ۲ و ۳). نتایج این مطالعه با گزارشات ردی و همکاران (۲۰۰۹) یکسان بود. ایشان گزارش کردند که بسته شدن کانوپی در فاصله ردیف خیلی کم پنبه، ۹ تا ۱۰ هفته پس از کاشت رخ داد. در حالی که این دوره در فاصله ردیف رایج ۱۲ تا ۱۴ هفته پس از کاشت طول کشید. در جدول ۲ مقدار ضریب خاموشی در هر یک از تراکم‌های کشت برای ارقام مختلف ارائه شده است. با تغییر تراکم کشت، مقدار ضریب خاموشی نیز به صورت معنی‌داری تغییر کرد (جدول ۲). اما مقدار این ضریب برای هر سه رقم مورد مطالعه در تراکم‌های یکسان، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. به دلیل عدم معنی‌داری اثر ارقام بر روی ضریب خاموشی در هر یک از تراکم‌های مورد بررسی، به منظور محاسبه ضریب خاموشی از مجموع داده‌های حاصل از سه رقم برای هر یک از فواصل کشت استفاده شد (جدول ۲، شکل ۲). ضریب خاموشی برای تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار برابر ۰/۶۱ برآورد شد. در حالی که مقدار این ضریب برای تراکم کشت ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار برابر ۰/۸۲ به دست آمد. با افزایش تراکم کشت، مقدار ضریب خاموشی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت (جدول ۲). راحمی و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که در گیاه نخود، ضریب خاموشی با افزایش تراکم گیاهی از ۰/۸۱ برای ۱۵ بوته در مترمربع به ۰/۶۷ برای ۶۰ بوته در مترمربع کاهش داشت.

جدول ۲- مقدار ضریب خاموشی کارایی مصرف تشعشع در هر یک از ارقام در تراکم کشت‌های مختلف

رقم	تراکم (بوته در هکتار)	ضریب خاموشی	کارایی مصرف تشعشع (گرم بر مگاژول)
گلستان	۲۵۰۰۰۰	۰/۶۵±۰/۰۵	۲/۸۶±۰/۳۶
	۶۲۵۰۰	۰/۷۵±۰/۰۷	۱/۳۴±۰/۱۴
ساحل	۲۵۰۰۰۰	۰/۶۷±۰/۰۶	۳/۳۳±۰/۳۰
	۶۲۵۰۰	۰/۸۰±۰/۰۶	۱/۴۲±۰/۲۲
سپید	۲۵۰۰۰۰	۰/۵۶±۰/۰۵	۳/۳۸±۰/۳۴
	۶۲۵۰۰	۰/۹۰±۰/۰۶	۱/۳۰±۰/۲۰
مجموع ارقام	۲۵۰۰۰۰	۰/۶۱±۰/۰۳	۳/۱۷±۰/۱۹
	۶۲۵۰۰	۰/۸۲±۰/۰۴	۱/۳۵±۰/۱۰

جهت مقایسه مقادیر ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع بین ارقام و تراکم‌ها از طریق آزمون t در سطح اطمینان پنج درصد، مقدار t استیودنت برابر ۲ در نظر گرفته شود

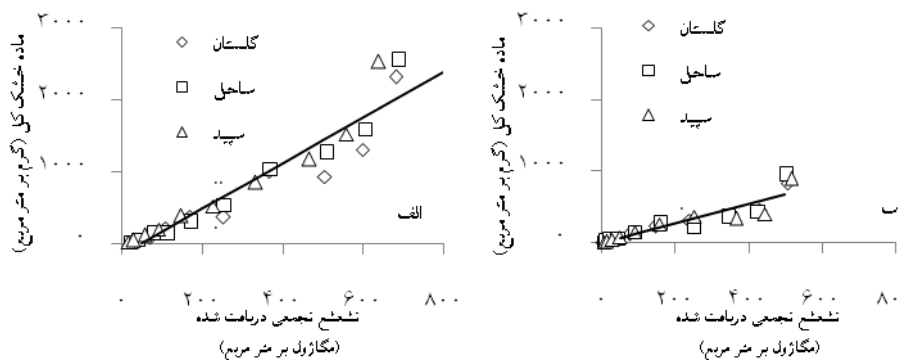


شکل ۲- رابطه بین نسبت تشعشع دریافت شده در مقابل شاخص سطح برگ برای تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (الف) و ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (ب) برای هر سه رقم مورد مطالعه

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، به دلیل کاهش تعداد شاخه‌های رویا، اکثر برگ‌ها بر روی ساقه اصلی تشکیل شد. این در حالی بود که در تراکم کشت پایین، فضای بین ردیف‌ها توسط رشد شاخه‌های رویا پر شد (اطلاعات مربوط به تعداد شاخه رویا در فواصل کشت مختلف آورده نشده است). به نظر می‌رسد رشد افقی شاخه‌های رویا باعث تغییر زاویه برگ‌های موجود بر روی این گیاه می‌شود. تشکیل افقی برگ‌ها باعث می‌شود که در تراکم کشت ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار با وجود کمتر بودن شاخص سطح برگ نسبت به تراکم بوته ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار، کانوپی به صورت کامل بسته شود (شکل ۲). در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، تغییر زاویه برگ‌ها و قرار گرفتن آنها به صورت افقی، می‌تواند باعث افزایش ضریب خاموشی شود. محققین مختلفی از قبیل آندریو و همکاران (۱۹۹۷) و

مادونی و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که تراکم گیاهی از طریق تاثیر بر زاویه و اندازه برگ بر ضریب خاموشی تاثیرگذار می‌باشد.

در جدول ۲ مقادیر کارایی مصرف تشعشع برای هریک از فواصل ردیف کشت و ارقام مختلف ارایه شده است. نتایج بررسی نشان داد که مقدار کارایی مصرف تشعشع در فواصل کشت یکسان برای هر سه رقم مورد مطالعه از نظر آماری یکسان بود. این در حالی بود که با افزایش تراکم کشت مقدار کارایی مصرف تشعشع به صورت معنی‌داری افزایش داشت (جدول ۲). با توجه به عدم وجود اختلاف معنی‌دار در مقدار کارایی مصرف تشعشع برای ارقام مختلف، در این مطالعه مقدار کارایی مصرف تشعشع از طریق مجموع داده‌ها سه رقم مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۲، شکل ۳). مقدار کارایی مصرف تشعشع برای تراکم‌های کشت ۲۵۰۰۰۰ و ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار به ترتیب برابر ۳/۱۷ و ۱/۳۵ گرم بر مگاژول به دست آمد (جدول ۲).



شکل ۳- رابطه بین ماده خشک کل و تشعشع تجمعی دریافت شده، شیب خط برازش داده شده

نشان‌دهنده کارایی استفاده از تشعشع (گرم بر مگاژول) می‌باشد برای تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار (الف) و تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار (ب).

به نظر می‌رسد اختلاف ایجاد شده در زمان بسته شدن کامل کانوپی باعث اختلاف مقدار کارایی مصرف تشعشع در دو تراکم کشت مورد مطالعه شد. به طوری که برای ارقام ساحل و سپید کانوپی در تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار نسبت به تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، به ترتیب ۱۸ و ۳۵ روز زودتر بسته شد. در رقم گلستان تا انتهای فصل رشد برای تراکم کشت ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، کانوپی به صورت کامل بسته نشد و برای تراکم کشت ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار، کانوپی ۶۵ روز پس از کشت بسته شد.

بسته شدن سریع‌تر کانوپی در تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار با بیشترین دمای موجود در طول دوره رشد پنبه در گرگان با میانگین بین ۲۹-۳۲ درجه سانتی‌گراد و بیشترین ساعت آفتابی با میانگین ۱۰-۱۲ ساعت در روز، مصادف بود. همزمانی بسته شدن کانوپی با این شرایط دمایی و ساعات آفتابی برای این تراکم کشت می‌تواند باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع شود. در تحقیقی که راحمی و همکاران (۲۰۰۸) بر روی اثر تاریخ کاشت بر کارایی مصرف تشعشع در نخود انجام دادند، بیان کردند که اثر تاریخ کاشت بر کارایی مصرف تشعشع معنی‌دار بود. این محققین دلیل اختلاف را وجود شرایط دمایی مختلف برای هر تاریخ کاشت بیان کردند. سلطانی (۲۰۰۵) منحنی واکنش RUE به دما را با استفاده از شبیه‌سازی تولید کرد. در این مدل با تغییر دما مقدار کارایی مصرف تشعشع نیز تغییر کرد. همچنین بیشتر بودن شاخص سطح برگ در تراکم ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار نیز می‌تواند منجر به افزایش کارایی مصرف تشعشع در این تراکم باشد. در این تراکم، بیشترین مقدار شاخص سطح برگ تا انتهای فصل در حدود دو برابر شاخص سطح برگ بود که منجر به بسته شدن کانوپی شد (شکل ۱). در حالی که در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، بیشترین شاخص سطح برگ برابر با مقداری بود که فقط کانوپی بسته شد (شکل ۱). روزنتال و گریک (۱۹۹۰) گزارش کردند کانوپی گیاهی با شاخص سطح برگ بیشتر، توانایی بیشتری در جذب تشعشع دارد که باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع می‌شود. میلروی و یانگ (۲۰۰۴) نتیجه گرفتند که با افزایش جذب تشعشع، کارایی مصرف تشعشع بیش از ۳۵ درصد افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه اثر تراکم بر مقدار ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع پنبه در ارقام گلستان، ساحل و سپید مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج بررسی نشان داد که مقدار ضریب خاموشی و کارایی مصرف تشعشع برای هر سه رقم مورد مطالعه یکسان بود. اما با افزایش تراکم این محصول از ۶۲۵۰۰ به ۲۵۰۰۰۰ بوته در هکتار، مقدار ضریب خاموشی از ۰/۶۱ به ۰/۸۲ افزایش یافت. این در حالی بود که مقدار کارایی مصرف تشعشع از ۱/۳۵ به ۳/۳۷ گرم بر مگاژول افزایش داشت. افزایش تعداد شاخه‌های رویا در تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار و به دنبال آن تشکیل برگ‌ها به شکل افقی، دلیل اصلی افزایش ضریب خاموشی در این تراکم کشت بود. این در حالی بود که بسته شدن سریع‌تر کانوپی برای تراکم ۲۵۰۰۰۰ در مقایسه با تراکم ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار عاملی بر افزایش کارایی مصرف تشعشع در کشت باریک شد. در تراکم ۲۵۰۰۰۰ نسبت به ۶۲۵۰۰ بوته در هکتار، بسته شدن کامل کانوپی ۳ تا ۵ هفته زودتر اتفاق افتاد. دومین عاملی که در تراکم کشت بالا باعث افزایش کارایی مصرف تشعشع شد، افزایش ۳/۲ برابری شاخص سطح برگ در این تراکم کشت نسبت به تراکم کشت پایین بود.

منابع

- Andrieu, B., Allirand, J.M., and Jaggard, K. 1997. Ground cover and leaf area index of maize and sugar beet crops. *Agronom.* 17: 315-321.
- Asare, D.K., Sammis, T.W., Assadian, H., and Fowler, J.L. 1992. Evaluating three cotton simulation models under different irrigation regimes. *Agric Water Manag.* 22: 391-407.
- Bell, M.J., Gillespie, T.J., Roy, R.C., Michaels, T.E., and Tollenaar, M. 1994. Peanut photosynthetic activity in cool field environments. *Crop Sci.* 34: 1023-1029.
- Bell, M.J., Wright, G.C., and Hammer, G.I. 1992. Night temperature affects radiation use efficiency in peanut. *Crop Sci.* 32: 1329-1335.
- Flenet, 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. *Agron J.* 88: 185-190.
- Francescangeli, N., Sangiacomo, M.A., and Marti, H. 2006. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. *Sci Hort.* 10: 135-143.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchel, R.L. 1985. *Physiology of crop plants.* Iowa State University Press. USA.
- Gonias, E.D., Oosterhuis, D.M., and Bibi, A.C. 2011. Light interception and radiation use efficiency of okra and normal leaf cotton isolines. *Environ Exp Bot.* 72: 217-222.
- Haro, R.J., Otegui, M.E., Collino, D.J., and Dardanelli, J.L. 2007. Environmental effects on seed yield determination of irrigation peanut crops: Links with radiation use efficiency and crop growth rate. 2007. *Field Crop Res.* 103: 217-228.
- Hay, R., and Porter, J. 2006. *The physiology of crop yield*, 2nd Ed., Blackwell Publishing, Singapore.
- Ko, J., Piccinnini, G., Guo, W., and Steclich, E. 2009. Parameterization of EPIC crop model for simulation of cotton growth in South Texas. *Agri Sci.* 147: 169-178.
- Maddoni, G.A., Otegui, M.E., and Cirilo, A.G. 2001. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. *Field Crops Res.* 71: 183-193.
- Milroy, S.P., and Bange, M.P. 2004. Nitrogen and light responses of cotton photosynthesis and implications for crop growth. Australian Cotton Cooperative Res. Centre, Narrabri NSW 2390, Australia. *Aust. J. Crop Sci.* 43: 904-913.
- Norsworthy, J.K. 2004. Soybean canopy formation effects on pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*), and sicklepod (*Senna obtusifolia*) emergence. *Weed Sci.* 52:954-960.

- Pourreza, J., Soltani, A., Rahemi Karizaki, A., Galeshi, S., and Zainali, E. 2008. Investigation of dry matter partitioning amount between different organs in chickpea (*Cicer arietinum*). J. Agric. Sci. Natur. Resour.14: 178-190. (In Persian).
- Purcell, L.C., Ball, R.A., Reaper, J.D., and Vories, E.D. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. Crop Sci. 42: 172-177.
- Rahemi Karizaki, A., Soltani, A., Purreza, J., and Zainali, E. 2007. Estimation of extinction coefficient and radiation use efficiency in field-grown chickpea. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 14: 211-221. (in Persian).
- Reddy, K.N., Burke, I.C., Boykin, J.C., and Williford, J.R. 2009. Narrow-row cotton production under irrigated and non-irrigated environment: Plant population and lint yield. J. Cotton Sci. 13: 48-55.
- Rizzalli, R.H., Villalobos, F.J., and Orgaz, F. 2002. Radiation interception, radiation use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). Eur. J. Agron. 18: 33-43.
- Robertson, M.J., Silim, S., Chauhan, Y.S., and Ranganathan, R. 2001. Predicting growth and development of pigeonpea: biomass accumulation and partitioning. Field Crop Res. 70:89-100.
- Rosenthal, W.D., and Gerik, T.J. 1990. Radiation use efficiency among cotton cultivars. Agron. J. 83: 655-658.
- Rosenthal, W.D., Vanderlip, R.L., Jackson, B.S., and Akin, G.F. 1989. SORKAM: A grain sorghum crop growth model. Texas Agric. Exp. Stn. Miscellaneous Publication.
- Sinclair, T.R. 2006. A reminder of the limitations of using Beer's Law to estimate daily radiation interception by vegetation. Crop Sci. 46: 2343-2347.
- Soltani, A., Galeshi, S., Attarbashi, M.R., and Taheri, A.H. 2004. Comparison of two methods for estimating parameters of harvest index increase during seed growth. Field Crops Res. 89: 369-378.
- Soltani, A. 2005. Determination of effective factors in the accumulation and allocation of materials in chickpea. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Research report. 120 pp. (In Persian).
- Soltani, A. 2006. Application of SAS in statistical analysis. JDM Press, Mashhad, Iran. (In Persian).
- Soltani, A., Hammer, G.L., Trabi, B., Robertson, M.J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: Phenological development. Field Crops Res. 99: 1-13.
- Soltani, A., and Hoogenboom, G. 2007. Assessing crop management options with crop simulation models based on generated weather data. Field Crops Res. 103: 198-207.

- Soltani, A. 2009. Mathematical modeling in crop plants. JDM Press, Mashhad, Iran. 157 pp. (In Persian).
- Soltani, A., and Maddah, V. 2010. Simple, applied programs for education and research in agronomy. Scientific Society of Ecological Agriculture of Iran. 80 pp. (In Persian).
- Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABI. 322 p.
- Stutzel, H., and Aufhammer, W. 1991. Light interception and utilization in determinate and indeterminate cultivars of *Vicia faba* under contrasting plant distributions and population densities. J. Agric. Sci. 116: 395-407.
- Turpin, J.E., Robertson, M.J., Hillcoat, N.S., and Herridge, D.F. 2002. Fababean (*Vicia faba*) in Australia's northern grains belt: canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. Aust. J. Agric. Res. 53: 227-237.

Extinction coefficient and radiation use efficiency of cotton varieties for different planting densities in Gorgan

S.M. Alimaghani^{*1}, F. Ghaderi-Far², A. Soltani² and O. Sepehri³

¹ M.Sc graduated student of Agroecology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

² Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

³ M.Sc graduated student of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources

Received: 2013/10/30

Accepted: 2014/3/14

Abstract

Knowledge of management factors effect on plants and consumption the maximum capacity of environment can increase crop yield. Application of crops growth simulation models is a valuable approach to identify the impact of various management factors on yield. If the necessary information of each crop in each region is accessed, it is possible to use crop growth models. The aim of this study was to evaluate effect of planting density (250000 and 62500 plants per hectare) and cotton varieties (Golestan, Sepid and Armaghan) on extinction coefficient and radiation use efficiency. The experiment was carried out as split plot design based on randomized complete block design with three replications in 2011. The plant density was as main plot factor while cotton varieties were considered as sub-plot factor. The results showed that effect of variety on the extinction coefficient and radiation use efficiency was not significant. Extinction coefficient decreased significantly from 0.87 to 0.61 when plant density was increased. However, the radiation use efficiency was 1.35 and 3.17 g.MJ⁻¹ respectively for 62500 and 250,000 plants per hectare density. Higher plant density increased leaf area index and canopy closure at higher temperatures which caused to increase the radiation use efficiency in 250,000 plants density.

Keywords: Cotton; Extinction coefficient; Narrow planting; Radiation use efficiency.

*Corresponding author; m_alimaghani@yahoo.com