

برآورد ضریب خاموشی و کارآیی استفاده از تشعشع در نخود در شرایط مزرعه

علی راحمی کاریزکی^۱، افشین سلطانی^۲، جعفر پورضا^۳ و ابراهیم زینلی^۴

^۱دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آستاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳مربی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ؛ تاریخ پذیرش:

چکیده

هدف از این مطالعه به‌دست آوردن مقادیر پایه ضریب خاموشی (K_s) و کارآیی استفاده از تشعشع (RUE) در نخود تحت شرایط مطلوب زراعی و همچنین ارزیابی پایداری این پارامترها تحت شرایط مختلف تاریخ کاشت و تراکم بود. آزمایش مزرعه‌ای با تیمارهای تاریخ کاشت در سه سطح (۱۵ آذر ۱۳۸۲، ۱ بهمن ۱۳۸۲ و ۱ فروردین ۱۳۸۳) و تراکم در چهار سطح (۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در مترمربع) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در طی سال‌های ۸۳-۱۳۸۲ اجرا شد. شاخص سطح برگ، دریافت تشعشع و ماده خشک از سبز شدن تا رسیدگی اندازه‌گیری شد. K_s با افزایش زاویه خورشیدی و تراکم کاهش یافت. متوسط مقدار K_s و RUE به ترتیب برابر ۰/۵۴ و ۱ بود. تراکم بر روی RUE اثری نداشت اما اثر دما محسوس بود. RUE در طول دوره رشد تا رسیدگی ثابت بود.

واژه‌های کلیدی: ضریب خاموشی، کارایی مصرف نور، بیومس

مقدمه

در بسیاری از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تخمین تولید روزانه بیوماس (ماده خشک) به‌صورت حاصلضرب تشعشع خورشیدی (مگاژول بر مترمربع بر روز)، مقدار تشعشع دریافت شده توسط محصول و کارآیی تبدیل تشعشع دریافت شده به بیوماس (گرم بر مگاژول) یا کارآیی استفاده از تشعشع (RUE)^۲ محاسبه می‌شود. مقدار تشعشع دریافت شده از شاخص سطح

برگ (LAI) و ضریب خاموشی (K_s) سایه انداز گیاهی (K) تعیین می‌شود (سینکلر، ۱۹۸۶؛ همر و همکاران، ۱۹۹۵؛ رویرسون و همکاران، ۲۰۰۲). در رابطه با K و RUE در مورد گیاه نخود (*Cicer aritinium L.*) اطلاعات اندکی موجود است. هاچ و همکاران (۱۹۸۷) مقادیر ضریب خاموشی بر پایه تشعشع کل خورشیدی (K_s) را برای ژنوتیپ‌های نخود با عادت رشدی مستقیم و خوابیده به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۵۵ گزارش کردند. سینگ (۱۹۹۱) دریافت تشعشع را برای نخود بدون محاسبه K، گزارش کرد. هاچ و همکاران (۱۹۸۷)

*- مسئول مکاتبه: alirahemi@yahoo.com

2- Radiation Use Efficiency

3- Extinction coefficient

مواد و روش‌ها

آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۱۳۸۳-۱۳۸۲ اجرا گردید. طول و عرض جغرافیایی گرگان به ترتیب ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی می‌باشد. این شهر در ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا قرار دارد. قبل از اجرای آزمایش از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری به عمل آمد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور، یکی تاریخ کاشت در سه سطح و دیگری تراکم کاشت در چهار سطح در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای تاریخ کاشت عبارت بودند از: ۱۵ آذر ۱۳۸۲، ۱ بهمن ۱۳۸۲ و ۱ فروردین ۱۳۸۳ و تیمارهای تراکم شامل ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در مترمربع بود. برای ایجاد تراکم‌های مختلف فاصله روی ردیف‌ها ۲۲/۲۲، ۱۱/۱۱، ۷/۳۳ و ۵/۵۵ سانتی‌متر به ترتیب برای تراکم‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در مترمربع اعمال شد. بر این اساس طول کرت‌ها ۷ متر در نظر گرفته شد که هر کرت شامل ۱۶، ۱۰، ۸ و ۷ ردیف به ترتیب برای تراکم‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ بوته در مترمربع بود. از رقم متداول نخود در منطقه گرگان که هاشم نام دارد، استفاده شد. در هنگام کاشت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل و ۲۰ کیلوگرم در هکتار، کود اوره مصرف شد. چون این آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب، عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شد، در مراحل مختلف با توجه به نیاز آبی در مواقع لزوم، آبیاری انجام شده و با آفات و بیماری‌ها مبارزه صورت گرفت. بخاطر انجام عملیات تهیه مناسب زمین، قبل از کاشت، مشکل علف‌های هرز هنگام سبز شدن وجود نداشت و پس از آن به صورت هفتگی عملیات وجین به صورت دستی انجام شد. در این تحقیق صفات مربوط به سطح برگ، نسبت پوشش زمین، وزن خشک، درصد خوابیدگی، اندازه‌گیری شد. تمام اندازه‌گیری‌ها از ۵ نمونه گیاهی که از یک نمونه بزرگ‌تر ۱۰ تایی انتخاب شده بودند، صورت گرفت. به این طریق

مقادیر RUE را بین ۰/۳ و ۰/۹۳ گرم بر مگاژول برای ترکیبی از مکان، فصل، تاریخ کاشت، تراکم و ژنوتیپ گزارش کردند، اما آنها نتوانستند اثر شرایط محیطی را بر RUE کمی کنند. علاوه بر این، چون مطالعه آنها در شرایط دیم صورت گرفته است، احتمال وارد شدن اثر تنش آب در نتیجه‌گیری‌های آنها وجود دارد. سینگ و سری راما (۱۹۸۹) مقدار RUE را برای تیمارهای شاهد در یکسری از تیمارهای آبیاری، ۰/۶۷ گرم بر مگاژول گزارش کردند. احتمالاً مقدار پایین RUE ممکن است به علت مقدار بالای K در مطالعه ایشان باشد. از طرف دیگر لیچ و بیچ (۱۹۸۵) مقدار RUE را برای نخود ۱/۴ گرم بر مگاژول گزارش کردند.

در مورد اثر تراکم گیاهی بر K (آندریو و همکاران، ۱۹۹۷؛ مادونی و همکاران، ۲۰۰۱) و RUE (اشتوتزل و اوفهمر، ۱۹۹۱؛ پورسل و همکاران، ۲۰۰۲؛ تریپین و همکاران، ۲۰۰۲) گزارش‌های مختلفی وجود دارد، اما اثر تراکم گیاهی بر K و RUE در نخود گزارش نشده است. همچنین RUE بستگی به مرحله نمو محصول دارد و در طی پرشدن دانه به علت انتقال مجدد نیتروژن از برگ و سایر قسمت‌های فتوسنتزکننده گیاه به سمت دانه RUE کاهش می‌یابد (ماچو و سینکلر، ۱۹۹۴؛ لیکور و نی، ۲۰۰۳)، اما چنین اثری بر روی نخود چندان واضح نیست. در شرایط عدم رطوبت، مواد غذایی، آفات و بیماری‌ها (شرایط مطلوب زراعی) RUE ثابت است (ماچو و همکاران، ۱۹۹۳). به هر حال RUE متأثر از شرایط محیطی از قبیل دما (آندریو و همکاران، ۱۹۹۳) و کمبود فشار بخار (کینری و همکاران، ۱۹۹۸) می‌باشد. اغلب مدل‌ها دارای توابعی جهت محاسبه اثر دما بر روی RUE می‌باشند (روبرتسون و همکاران، ۲۰۰۲). اثر شرایط محیط، بخصوص دما بر روی RUE در نخود مطالعه نشده است. هدف از این آزمایش به دست آوردن RUE و K تحت شرایط مطلوب زراعی (شرایط عدم محدودیت آب، عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز) و ارزیابی پایداری این پارامترها تحت شرایط مختلف تاریخ و تراکم کاشت بود.

که ۲۰ تا ۳۰ نمونه با حذف حاشیه‌ها از مزرعه انتخاب و سپس ۱۰ نمونه از این نمونه‌ها انتخاب و به آزمایشگاه منتقل می‌شد و در آزمایشگاه از این ۱۰ نمونه ۵ نمونه متوسط انتخاب می‌شد. جهت سنجش سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج مدل DELTA-T استفاده شد، و در هر مرحله، سطح برگ ۱۰ بوته اندازه‌گیری شد. برای

اندازه‌گیری وزن خشک، در هر نمونه برداری برگ‌های سبز، برگ‌های زرد و ریزش یافته، ساقه‌ها، دانه‌ها و پوسته غلاف‌ها به‌صورت جداگانه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آن قرار گرفتند، سپس وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر).

مقدار	مشخصه
۵۰	درصد اشباع
۰/۵۱	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس)
۷/۸۷	اسیدپته گل اشباع
۳/۵	درصد مواد خنثی شونده
۱/۳۹	کربن آلی (درصد)
۱/۳۹	ازت کل (درصد)
۰/۱۲	فسفر قابل جذب (کیلوگرم در میلی‌گرم)
۳۸۰	پتاسیم قابل جذب (کیلوگرم در میلی‌گرم)
۳۵	رس (درصد)
۵۲	سیلت (درصد)
۱۳	شن (درصد)

$$K_S = 0.75K_{PAR} \quad (2)$$

در طول دوره آزمایش دمای حداکثر و حداقل روزانه، ساعات آفتابی و کمبود فشار بخار اندازه‌گیری شد. برای انجام محاسبات آماری مذکور از نرم افزار رایانه‌ای SAS و برای رسم نمودارها از برنامه رایانه‌ای Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم دامنه گسترده‌ای از شرایط محیطی را به‌وجود آورد. میانگین دما از کاشت تا رسیدگی بین ۱۹/۲۷-۱۳/۸۶ درجه سانتی‌گراد، تشعشع خورشیدی بین ۱۹/۱۵-۱۳/۴۴ مگاژول بر مترمربع بر روز و کمبود فشار بخار بین ۸/۸۴-۶/۳۹ میلی بار بود. حداکثر دما از ۱۹/۳۵ تا ۲۵/۱۸ درجه سانتی‌گراد و حداقل دما از ۸/۳۷ تا ۱۳/۳۶ درجه سانتی‌گراد بود.

برای سنجش نسبت تشعشع دریافتی از عکس‌برداری عمودی استفاده شد. پس از آن فیلم‌ها بلافاصله ظاهر، اسکن و به رایانه منتقل می‌شدند. سپس با نرم افزار Image tools و فتوشاپ نسبت پوشش گیاهی که برابر با نسبت تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) دریافت شده است (پورسل و همکاران، ۲۰۰۲)، اندازه‌گیری شد. برای تعیین ضریب خاموشی از معادله را استفاده گردید (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ رابرتسون و همکاران، ۲۰۰۱):

$$y = 1 - \exp^{-k_{PAR} \times LAI} \quad (1)$$

در این معادله y نسبت پوشش گیاهی، K_{PAR} ضریب خاموشی بر پایه تشعشع فعال فتوسنتزی و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد. ضریب خاموشی به‌دست آمده بر پایه تشعشع فعال فتوسنتزی است (K_{PAR}) با استفاده از رابطه تجربی سینکلر و هوری (۱۹۸۹) به ضریب خاموشی بر پایه کل تشعشع خورشیدی (K_S) قابل تبدیل است:

الگوی تجمع ماده خشک: برای توصیف وزن خشک در طول زمان از یک معادله لجستیک استفاده شد که زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر ماده خشک و میزان حداکثر ماده خشک تولیدی را نیز نشان می‌دهد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ رابرتسون و همکاران، ۲۰۰۱).

$$Y = DM_{\max} / (1 + \exp(-a * (dap - b))) \quad (3)$$

در معادله لجستیک a ضریب معادله، b مدت زمانی که در آن تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد و DM_{\max} حداکثر ماده خشک تولید شده (گرم در مترمربع)، dap روز پس از کاشت و Y تجمع ماده خشک می‌باشد.

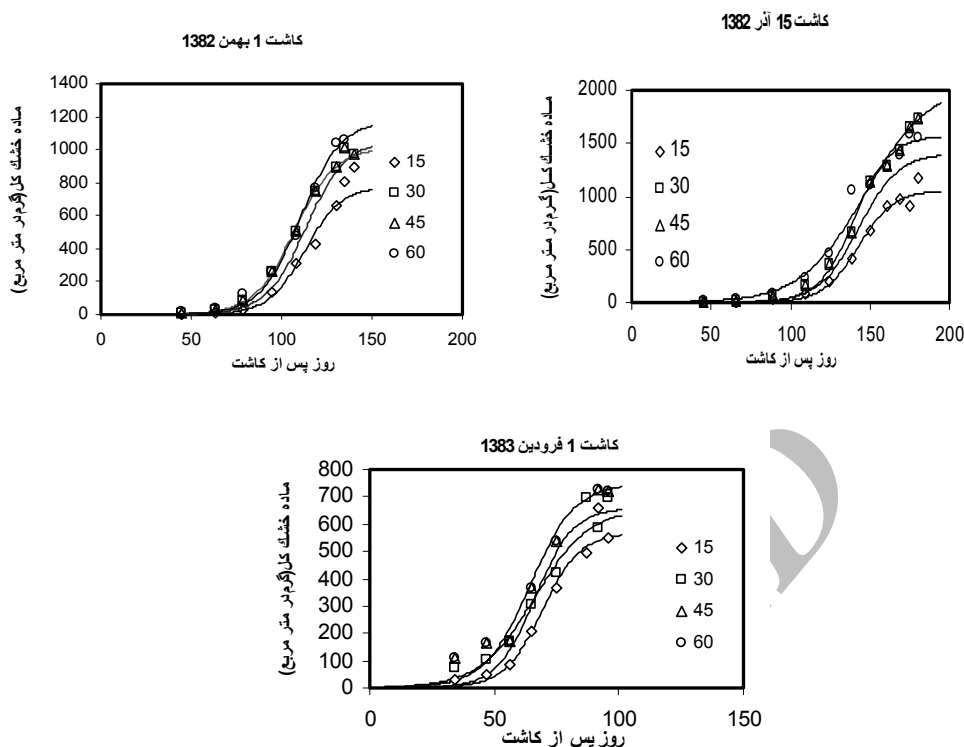
اختلاف تراکم‌ها از نظر مدت زمان لازم برای رسیدن ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود معنی‌دار نبود ولی با افزایش تراکم این پارامتر روند کاهشی نشان داد (جدول ۲). شکل ۱ نشان می‌دهد که در تاریخ‌های کاشت مختلف این اختلاف معنی‌دار بوده و با تأخیر در کاشت این زمان

کاهش یافت، به نحوی که در تاریخ کاشت سوم از تراکم اول تا چهارم نسبت به تاریخ کاشت اول زمان حصول ۵۰ درصد تجمع ماده خشک به ترتیب ۵۱، ۵۴، ۵۳ و ۵۶ درصد کاهش یافت.

با بررسی حداکثر ماده خشک تولیدی، مشاهده شد که با افزایش تراکم میزان ماده خشک تولیدی افزایش معنی‌داری یافت به صورتی که تراکم‌های چهارم تاریخ کاشت‌های اول تا سوم به ترتیب به میزان ۴۸، ۳۴ و ۲۴ درصد نسبت به تراکم اول افزایش پیدا کردند. اختلاف حداکثر ماده خشک تولیدی در تاریخ‌های کاشت مختلف نیز معنی‌دار بود به گونه‌ای که با تأخیر در کاشت میزان حداکثر ماده خشک تولیدی در تاریخ کاشت سوم به ترتیب به میزان ۴۶، ۵۵، ۵۸ و ۶۳ درصد نسبت به تاریخ کاشت اول در تراکم‌های اول تا چهارم کاهش یافت (جدول ۲).

جدول ۲- ضرایب معادله لجستیک جهت پیش بینی تجمع ماده خشک در مقابل زمان برای تیمارهای مختلف آزمایش، n تعداد نمونه برداری، a ضریب معادله، b مدت زمانی که تجمع ماده خشک به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد، DM_{\max} حداکثر ماده خشک تولید شده (گرم در متر مربع)، $RMSE$ جذور میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند.

تیمار	n	a±SE	b±SE	DM _{max} ±SE	RMSE	R ²
۱۳۸۲ آذرماه						
۱۵	۱۴	۰/۰۹±۰/۲۶۰	۱۴۲/۷±۳/۴	۱۰۵۷/۶±۲۶/۲۹	۱۰۵/۵	۰/۹۸
۳۰	۱۴	۰/۰۸±۰/۰۰۷	۱۴۲/۹±۱/۳	۱۴۰۶±۳۱/۹۴	۴۵/۹	۰/۹۹
۴۵	۱۴	۰/۰۹±۰/۰۲	۱۴۰±۳/۲	۱۵۷۰/۵±۸۲/۰۶	۱۴۰/۹	۰/۹۹
۶۰	۱۴	۰/۰۵±۰/۰۱	۱۴۷±۶/۶۴	۲۰۵۲/۸±۲۲۱/۴	۱۳۷/۴۷	۰/۹۹
۱ بهمن ۱۳۸۲						
۱۵	۱۱	۰/۱±۰/۰۴	۱۱۲±۳/۹۹	۷۴۴/۴±۷۴/۱۸	۸۸/۷۴	۰/۹۸
۳۰	۱۱	۰/۰۹±۰/۰۲	۱۱۳/۶±۳/۰۹	۱۰۵۷/۵±۷۹/۳۷	۷۹/۱۷	۰/۹۹
۴۵	۱۱	۰/۰۹±۰/۰۱	۱۰۷±۱/۶۳	۱۰۱۰±۳۴/۰۴	۴۲/۵۱	۰/۹۹
۶۰	۱۱	۰/۰۹±۰/۰۳	۱۱۰/۵±۳/۷۸	۱۱۷۵/۷±۹۹/۸۸	۱۱۱/۰۶	۰/۹۹
۱ فروردین ۱۳۸۳						
۱۵	۹	۰/۱۳±۰/۰۴	۶۹/۲۷±۳/۲۵	۵۶۸/۶±۵۰/۳۸	۶۲/۳۸	۰/۹۸
۳۰	۹	۰/۱۳±۰/۰۶	۶۶/۲۲±۴	۶۲۹±۶۵/۱۹	۹۵/۷۹	۰/۹۷
۴۵	۹	۰/۰۹±۰/۰۳	۶۶/۰۷±۴/۳۹	۶۵۹/۳±۷۲/۲۲	۷۵/۱۱	۰/۹۸
۶۰	۹	۰/۱۱±۰/۰۵	۶۴/۱۶±۴/۸۰	۷۴۸/۸±۸۷/۴۹	۱۱۷/۸	۰/۹۷

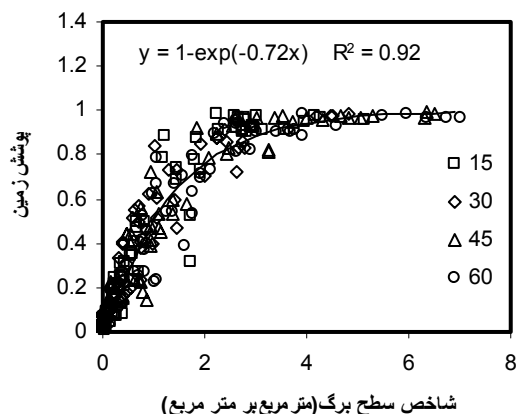


شکل ۱- تغییرات تجمع ماده خشک در مقابل زمان در تاریخ کاشت‌ها و تراکم‌های مختلف کاشت (اعداد داخل شکل).

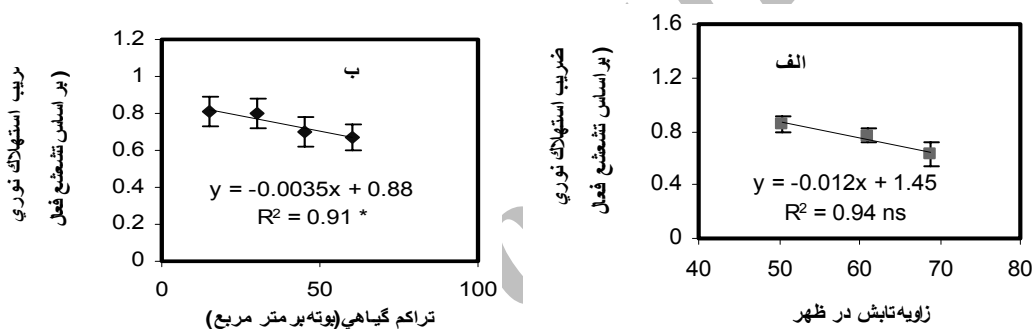
لاین نخود با عادت رشدی ایستاده گزارش شده است، مطابقت دارد، اما از مقدار $K_S=0/84$ که توسط سینگ (۱۹۹۱) گزارش شده است، به طور معنی‌داری پایین‌تر است. مقادیر K_{PAR} به دست آمده برای تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم تفاوت معنی‌داری با هم داشتند، اما اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم معنی‌دار نبود (داده‌ها نشان داده نشده است). K_{PAR} با تأخیر در کاشت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت هر چند که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. احتمالاً این تفاوت در K_{PAR} در هر تاریخ کاشت به دلیل تفاوت در زاویه خورشیدی باشد (شکل ۳- الف). K_{PAR} با افزایش تراکم گیاهی از $0/81$ برای ۱۵ بوته در مترمربع به $0/67$ برای ۶۰ بوته در مترمربع کاهش یافت (شکل ۳- ب). تغییر در K_{PAR} با تغییر در زاویه تشعشع خورشیدی با مطالعات تئوریک بوت و همکاران، ۱۹۹۴ و تجربی ریزالی و همکاران، ۲۰۰۲ مطابقت دارد.

به طور کلی می‌توان بیان کرد که افزایش تراکم به علت افزایش شاخص سطح برگ، زمان رسیدن به پوشش کامل زمین و ۵۰ درصد تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد و حداکثر تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد. با تأخیر در کاشت به علت افزایش دما و سرعت رشد بیشتر زمان رسیدن به پوشش کامل، ۵۰ درصد تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد. در این حالت به علت کوتاه شدن طول دوره رشد و تولید کمتر مواد فتوسنتزی در گیاه و سرعت رشد و تجمع ماده خشک در گیاه کاهش می‌یابد.

ضریب خاموشی $^1(K)$: معادله (۲) به خوبی تغییرات پوشش گیاهی را در مقابل LAI توجیه کرد. مقدار R^2 برابر با $0/92$ بود (شکل ۲). K_{PAR} برابر $0/035 \pm 0/03$ محاسبه شد، که در نتیجه ضریب خاموشی برای کل تشعشع خورشیدی (K_S) برابر $0/54$ بود. این مقدار با $K_S=0/47$ که توسط هاچ و همکاران (۱۹۸۷) برای یک



شکل ۲- رابطه بین نسبت پوشش گیاهی اندازه گیری شده در مقابل شاخص سطح برگ (LAI). اعداد داخل شکل نشان دهنده تراکم گیاهی در متر مربع است.



شکل ۳- رابطه بین ضریب خاموشی بر پایه تشعشع فعال فتوسنتزی (K_{PAR}) و متوسط زاویه خورشیدی در ظهر (الف) و تراکم گیاهی (ب).

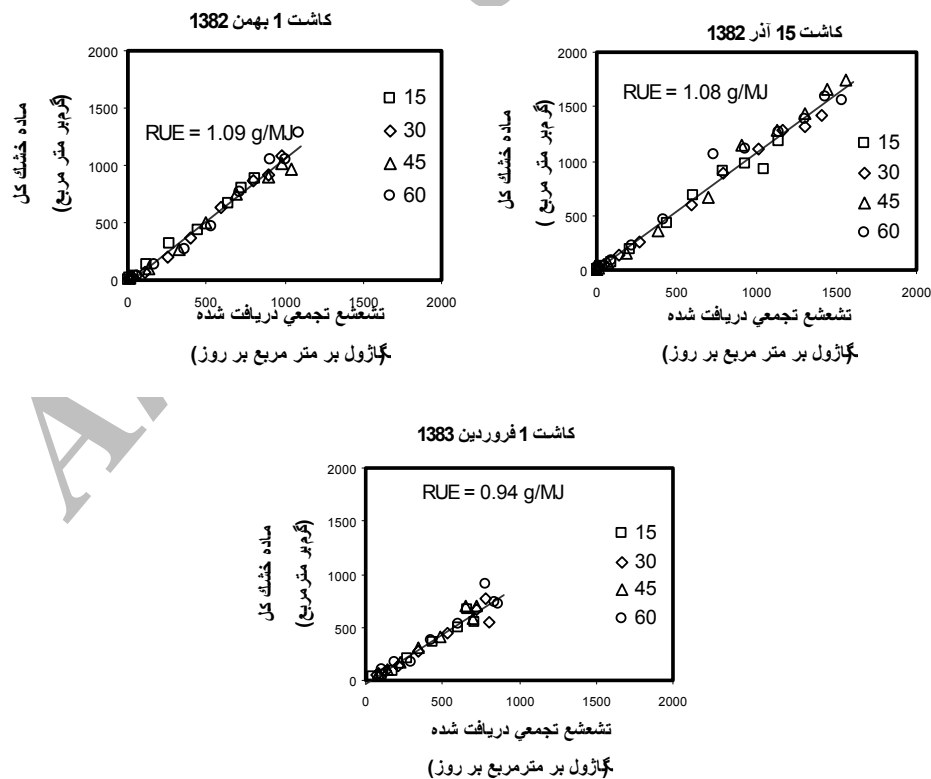
همچنین محققین مختلفی از قبیل آندریو و همکاران (۱۹۹۷) و مادونی و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که تراکم گیاهی از طریق تأثیر بر زاویه و اندازه برگ بر K_{PAR} مؤثر واقع می شود. در حالی که رابطه رگرسیونی بین تراکم گیاهی و K_{PAR} معنی دار بود، اما فواصل اطمینان ۹۵ درصد همپوشانی داشتند. بنابراین با توجه به این موضوع می توان گفت که $K_s=0/5$ برای اهداف عملی، از قبیل مدل های ساده تخمین عملکرد برای مقایسه گونه های مختلف یا رقم های مختلف به طور ساده می شود، استفاده کرد اما برای سایر اهداف دقیق از قبیل اهداف آموزشی، مطالعات فیزیولوژیکی تعریف دقیق K_s براساس رابطه آن با زاویه تشعشع و تراکم گیاهی لازم خواهد بود.

کارایی استفاده از تشعشع (RUE): مدل رگرسیونی خطی ساده رابطه بین تشعشع تجمعی دریافت شده و بیوماس تجمعی از کاشت تا رسیدگی را با ضرایب تبیین (R^2) بالاتر از ۰/۹۷ بخوبی توصیف کرد (جدول ۳). RUE بین ۰/۸۹ و ۱/۱۸ گرم بر مگاژول متغییر بود (جدول ۳). در هر تاریخ کاشت تراکم گیاهی، اثری بر RUE نداشت. با برآزش مدل رگرسیونی خطی ساده برای داده های هر تاریخ کاشت مشاهده شد که تفاوت معنی داری بین تاریخ کاشت ها وجود دارد که این تفاوت احتمالاً به میانگین دما از کاشت تا رسیدگی مربوط باشد (شکل ۴). مقادیر RUE حاصل از این تحقیق بر منحنی واکنش RUE به دما محاسبه شده توسط سلطانی (۲۰۰۵) مطابقت داشت (شکل ۵).

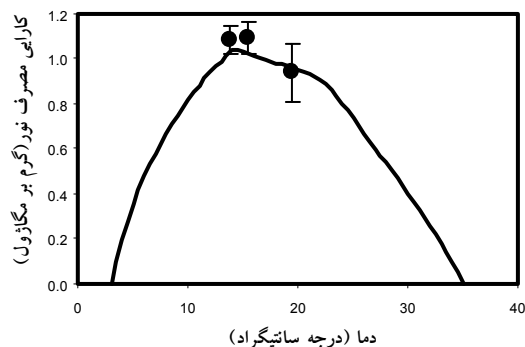
همچنین محققین مختلفی از قبیل آندریو و همکاران (۱۹۹۷) و مادونی و همکاران (۲۰۰۱) بیان داشتند که تراکم گیاهی از طریق تأثیر بر زاویه و اندازه برگ بر K_{PAR} مؤثر واقع می شود. در حالی که رابطه رگرسیونی بین تراکم گیاهی و K_{PAR} معنی دار بود، اما فواصل اطمینان ۹۵ درصد همپوشانی داشتند. بنابراین با توجه به این موضوع می توان گفت که $K_s=0/5$ برای اهداف عملی، از قبیل مدل های ساده تخمین عملکرد برای مقایسه گونه های مختلف یا رقم های مختلف به طور ساده می شود، استفاده کرد اما برای سایر اهداف دقیق از قبیل اهداف آموزشی، مطالعات فیزیولوژیکی تعریف دقیق K_s براساس رابطه آن با زاویه تشعشع و تراکم گیاهی لازم خواهد بود.

جدول ۳- ضرایب معادله توصیف کننده ($y=a+bx$) تجمع ماده خشک (گرم در مترمربع) در مقابل تشعشع دریافت شده تجمعی (مگاژول در مترمربع). n تعداد نمونه، b شیب خط (کارایی استفاده از تشعشع گرم بر مگاژول)، RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند.

تیمار	n	a±SE	b±SE	RMSE	R^2
۱۳۸۲ آذر ۱۵					
تراکم ۱۵	۱۱	۲/۹۰±۲۹/۷۰	۱/۰۱±۰/۰۴۶	۶۵/۰۴	۰/۹۸
تراکم ۳۰	۱۱	-۲/۰۵±۸/۸۹	۱/۱۵±۰/۰۲۶	۴۰/۶۳	۰/۹۹
تراکم ۴۵	۱۱	-۲۰/۸۹±۳۰/۷۶	۱/۳۱±۰/۰۳۹	۶۴/۷۸	۰/۹۹
تراکم ۶۰	۱۱	۳۷/۹±۴۶/۶۲	۱/۱۸±۰/۰۵۷	۹۶/۱	۰/۹۸
جمع داده ها	۴۴	-۴/۹۴±۲۲/۹۱	۱/۱۸±۰/۰۳	۹۷/۸۹	۰/۹۷
۱۳۸۲ بهمن ۱					
تراکم ۱۵	۹	-۳/۷۳±۱۴/۱۳	۱/۰۸±۰/۰۳۰	۲۸/۲۹	۰/۹۹
تراکم ۳۰	۹	-۴۴/۰۹±۱۹/۲۰	۱/۱۲±۰/۰۳۳	۳۵/۵۶	۰/۹۹
تراکم ۴۵	۸	-۱۳/۶۷±۳۰/۳۰	۱/۰۱±۰/۰۴۴	۴۶/۵۳	۰/۹۹
تراکم ۶۰	۹	-۷/۰۲±۳۹/۳۴	۱/۸۲±۰/۰۵۹	۶۸/۵۱	۰/۹۸
جمع داده ها	۳۵	-۳۱/۳۱±۱۴/۷۴	۱/۰۹±۰/۰۲	۵۳/۳۲	۰/۹۸
۱۳۸۳ فروردین ۱					
تراکم ۱۵	۸	-۴۱/۱۱±۳۱/۳۹	۰/۹۲±۰/۰۶۹	۴۸/۵۹	۰/۹۷
تراکم ۳۰	۸	-۲۷/۷۳±۴۹/۸۵	۰/۸۹±۰/۰۹۴	۷۴/۹	۰/۹۴
تراکم ۴۵	۸	-۲۹/۴۱±۳۷/۲۹	۰/۹۸±۰/۰۷۷	۵۲/۶۸	۰/۹۶
تراکم ۶۰	۸	-۳۶/۹۸±۷۰/۲۴	۰/۹۷±۰/۱۲	۹۴/۹۲	۰/۹۲
جمع داده ها	۳۲	-۳۴/۶۲±۲۲/۴۳	۰/۹۴±۰/۰۴	۶۵/۹۷	۰/۹۴



شکل ۴- رابطه بین ماده خشک کل و تشعشع تجمعی دریافت شده، شیب خط نشان دهنده کارایی استفاده از تشعشع (گرم بر مگاژول) می باشد. اعداد داخل شکل نشان دهنده تراکم گیاهی در مترمربع است.



شکل ۵- رابطه کارایی استفاده از تشعشع با دما، منحنی مربوط به سلطانی (۲۰۰۵) می‌باشد. نقاط دایره مربوط به تاریخ کاشت‌های مختلف در آزمایش می‌باشد.

(مک کینزی و هیل، ۱۹۹۱؛ تامسون و سیدیک، ۱۹۹۷) و نخود فرنگی بین ۱/۴۶-۰/۹۱ گرم بر مگاژول (هیت و هیل توویت، ۱۹۸۵؛ تامسون و سیدیک، ۱۹۹۷) گزارش شده است. همچنین برای لگوم‌های دانه ای گرمسیری از قبیل سویا بین ۱/۲-۰/۸۸ گرم بر مگاژول (ناکسکو و گوتو، ۱۹۸۳؛ ماچو و همکاران، ۱۹۹۳؛ پنگلی و همکاران، ۱۹۹۹)، لوبیا چشم بلبلی بین ۱/۰۵-۰/۸ گرم بر مگاژول (لیتلتنون و همکاران، ۱۹۷۹؛ ماچو، ۱۹۸۵؛ ماچو و همکاران، ۱۹۹۳) و ماش بین ۰/۹۴-۰/۸ گرم بر مگاژول (ماچو، ۱۹۸۵؛ ماچو و همکاران، ۱۹۹۳) گزارش شده است. به نظر می‌رسد که مقادیر بالای گزارش شده برای RUE به‌طور کلی به دلیل ضریب خاموشی پایین تر در این گیاهان است.

انتقال مجدد نیتروژن در طول پر شدن دانه می‌تواند باعث پیری برگ و یا کاهش نیتروژن مخصوص برگ^۱ (SLN، گرم نیتروژن بر مترمربع سطح برگ) شود (سینکلر، ۱۹۸۶؛ سینکلر و همکاران، ۲۰۰۳). نقش تعیین کننده‌ای در RUE دارد (سینکلر و هاری، ۱۹۸۹). کاهش RUE در طول پر شدن دانه به علت انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و نیتروژن از برگ‌ها به سمت دانه در حال رشد گزارش شده است (ماچو و سینکلر، ۱۹۹۴). از سوی دیگر ماچو و همکاران (۱۹۹۳) و پنگلی و همکاران (۱۹۹۹)، در بقولات گزارش کردند، RUE فقط در

سلطانی (۲۰۰۵) منحنی واکنش RUE به دما را با استفاده از شبیه‌سازی تولید کردند. مطابق منحنی واکنش RUE به دما که نامبرده ارائه کرده است، در درجه حرارت پایین‌تر از ۳ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۶ درجه سانتی‌گراد کارایی استفاده از تشعشع صفر می‌باشد. مقدار RUE با افزایش دما از ۳ به ۱۴ درجه سانتی‌گراد به سرعت افزایش می‌یابد (۹/۵ درصد به ازای هر درجه سانتی‌گراد) و با افزایش دما از ۱۴ به ۲۲ درجه سانتی‌گراد به کندی کاهش می‌یابد (۱/۳۶ درصد به ازای هر درجه سانتی‌گراد). افزایش دما از ۲۲ به ۳۶ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش سریع RUE می‌شود (۷/۴ درصد به ازای هر درجه سانتی‌گراد). این کاهش سریع ناشی از افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز در نتیجه افزایش دما می‌باشد (سلطانی، ۲۰۰۵). آندرید و همکاران (۱۹۹۳) در مطالعه بر روی ذرت بیان کرده‌اند که RUE تحت دماهای کمتر از مطلوب کاهش پیدا می‌کند.

مقدار RUE به دست آمده در این مطالعه با مقدار حداکثر ۰/۹۳ گرم بر مگاژول که توسط هاچ و همکاران (۱۹۸۷) گزارش شده بود، مطابقت دارد اما از مقدار ۰/۶۷ گرم بر مگاژول که توسط سینگ و سری راما (۱۹۸۹) گزارش شده بود، به‌طور معنی‌داری بالاتر می‌باشد. RUE برای لگوم‌های دانه‌ای از قبیل باقلا بین ۱/۲۹-۰/۹۲ گرم بر مگاژول (تامسون و سیدیک، ۱۹۹۷؛ تربین و همکاران، ۲۰۰۲)، عدس بین ۱/۵-۰/۷۴ گرم بر مگاژول

1 - Specific Leaf Nitrogen

کاهش می‌یافت که چنین نشده است (سینکلر و هوری، ۱۹۸۹).

به‌طور کلی نتایج این آزمایش گویای اینست که مقدار $K_s=0/5$ و $RUE=1$ (در دامنه دمایی ۲۲-۴۴ درجه سانتی‌گراد) را می‌توان برای اهداف عملی و مدل‌های شبیه‌سازی در نخود استفاده کرد. برای اهداف دیگر واکنش K_s به تراکم و تاریخ کاشت و RUE به دما باید تصحیح صورت گیرد.

نزدیکی رسیدگی به مقدار کم کاهش می‌یابد. اما روابط خطی بین تشعشع دریافت شده تجمعی و بیوماس تجمعی از کاشت تا رسیدگی در این مطالعه نشان داد که RUE در نخود در طول دوره رشد گیاه نخود در شرایط مطلوب زراعی (شرایط عدم تنش)، ثابت است. بنابراین احتمالاً انتقال مجدد نیتروژن منجر به کاهش SLN نمی‌شود زیرا اگر باعث کاهش SLN می‌شد، لزوماً می‌بایستی RUE

منابع

1. Andrade, F.H., Uhart, S.A., and Cirilo, A.G. 1993. Temperature affects radiation use efficiency in maize. *Field Crops Res.* 32, 17-25.
2. Andrieu, B., Allirand, J.M., and Jaggard, K. 1997. Ground cover and leaf area index of maize and sugar beet crops. *Agronomie* 17, 315-321.
3. Boote, K.J., and Pickering, P.K. 1994. Modeling photosynthesis of row crop canopies efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). *Eur. J. Agron.* 18, 33-43.
4. Hammer, G.L., Sinclair, T.R., Boote, K.J., Wright, G.C., Meinke, H. and Bell, M.J. 1995. A peanut simulation model: I. Model development and testing. *Agron. J.* 87, 1085-1093.
5. Heath, M.C., and Hebblethwaite, P.D. 1985. Solar radiation interception by leafless, semi-leafless and leafed peas (*Pisum sativum*) under contrasting field conditions. *Ann. Appl. Biol.* 107, 309-318.
6. Hughes, G., Keating, J.D.H., Cooper, P.J.M., and Dee, N.F. 1987. Solar radiation interception and utilization by chickpea (*Cicer arietinum* L.) crops in northern Syria. *J. Agric. Sci.* 108, 419-424.
7. Kiniry, J.R., Landivar, J.A., Witt, M., Gerik, T.J., Cavero, J., and Wade, L.J. 1998. Radiation use efficiency response to vapor pressure deficit for maize and sorghum. *Field Crops Res.* 56, 265-270.
8. Leach, G.J., and Beech, D.F. 1988. Response of chickpea accessions to row spacing and plant density on a vertisol on the Darling Downs, South-eastern Queensland. II. Radiation interception and water use. *Aust. J. Exp. Agric.* 28, 377-383.
9. Lecoeur, J., and Ney, B. 2003. Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. *Eur. J. Agron.* 19, 91-105.
10. Littleton, E.J., Dennett, M.D., Elston, J., and Monteith, J.L. 1979. The growth and development of cowpeas (*Vigna unguiculata*) under tropical field conditions. *J. Agric. Sci. (Cam.)* 93, 291-307.
11. Maddonni, 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.
12. McKenzie, B.A., and Hill, G.D. 1991. Intercepted radiation and yield of lentils (*Lens culinaris*) in Canterbury, New Zealand. *J. Agric. Sci.* 117, 339-346.
13. Muchow, R.C. 1985. An analysis of the effect of water deficits on grain legumes grown in a semi-arid environment in terms of radiation interception and its efficiency of use. *Field Crops Res.* 11, 309-323.
14. Muchow, R.C., Robertson, M.J., and Pengelly, B.C. 1993. Radiation use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. *Field Crops Res.* 32, 1-16.
15. Muchow, R.C., and Sinclair, T.R. 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field grown maize and sorghum. *Crop Sci.* 34, 721-727.
16. Nakaseko, K., and Gotoh, K. 1983. Comparative studies on dry matter production, plant type and productivity in soybean, azuki bean and kidney bean. VII. An analysis of the productivity among three crops based on radiation absorption and its efficiency for dry matter accumulation. *Jpn. J. Crop Sci.* 52, 49-58.

17. Pengelly, B.C., Blamey, F.P.C., and Muchow, R.C. 1999. Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. *Field Crops Res.* 63, 99-112.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Robertson, M.J., Carberry, P.S., Huth, N.I., Turpin, J.E., Probert, M.E., Poulton, P.L., Bell, M., Wright, G.C., Yeates, S.J., Brinsmead, R.B. 2002. Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. *Aust. J. Agric. Res.* 53, 429-446.
22. Sinclair, T.R. 1986. Water and nitrogen limitations in soybean grain production: I. Model development. *Field Crops Res.* 15, 125-141.
23. Sinclair, T.R., and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: A Review. *Crop Sci.* 29: 90-98.
24. Singh, P. 1991. Influence of water deficit on phenology, growth and dry matter allocation in chickpea. *Field Crops Res.* 28, 1-15.
25. Singh, P., and Sri Rama, Y.V. 1989. Influence of water deficit on transpiration and radiation use efficiency of chickpea. *Agric. For. Meteorol.* 48, 317-330.
26. Soltani A. 2005. Determination of effective parameters on accumulation and distribution nitrogen in chickpea. 2005. Research design reported. The university of agricultural sciences and natural resources of Gorgan. 120.
27. Soltani A., Robertson, M.J., Zarei, H., Poorreza, J., and Rahemi, A. 2005c. Modeling chickpea growth and development: Biomass accumulation and partitioning. *Field Crops Res.* (Submitted)
28. 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.
29. Thomson, B.D., and Siddique, K.H.M. 1997. Grain legume species in low rainfall Mediterranean-type environments. II: Canopy development, radiation interception, and dry-matter production. *Field Crops Res.* 54, 189-199.
30. 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.

Estimation of extinction coefficient and radiation use efficiency in field-grown chickpea

*** A. Rahemi Karizaki¹, A. Soltani², J. Purreza³ and E. Zainali⁴**

¹Ph.D. student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ²Prof. of Agronomy and Plant Breeding Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ³Former M.Sc. student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, ⁴Instructor, Dept. of Agronomy and Plant Breeding Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Abstract

The objective of this study was to obtain baseline values for extinction coefficient (K_S), radiation use efficiency (RUE, g MJ⁻¹) of chickpea crops grown under well-watered conditions. The stability of these parameters during the crop life cycle and under different environmental and growth conditions created by season and sowing date and density, were evaluated. Field experiment, with three sowing dates (6 Dec.2003, 20 Jan.2004 and 21 Mar. 2004) and four plant densities (15, 30, 45 and 60 plants m⁻²), were conducted during 2003-2004. Crop leaf area index, light interception, and crop biomass were measured between emergence and maturity. K_S declined with an increase in solar elevation and plant density. Average K_S and RUE respectively 0.5 and 1 g MJ⁻¹ were obtained. Plant density had no effect on RUE, but some effects of temperature were detected. There was no effect of solar radiation or vapor pressure deficit on RUE when RUE values were corrected for the effect of temperature. RUE was constant during the whole crop cycle.

Keywords: Extinction coefficient; Radiation use efficiency; Biomass

*- Corresponding Author; Email: alirahemi@yahoo.com