دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان"
دوره اول، شماره دوم، تابستان ۹۳
http://arpe.gonbad.ac.ir

برآورد ضریب خاموشی و کارآیی مصرف نور در باقلا (*Vicia faba* L.)

عبدالخلیل حسن‌زاده[۱]، *علی راحمی کاریزکی[۲]، علی نخزری مقدم[۲] و عباس بیابانی[۳]
[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه گنبد کاووس، [۲]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، [۳]دانشیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۸

چکیده

هدف از این مطالعه به‌دست آوردن مقادیر ضریب خاموشی (K_s) و کارآیی مصرف نور (RUE) در باقلا در شرایط مطلوب زراعی و همچنین ارزیابی پایداری این پارامترها تحت شرایط مختلف تاریخ کاشت و تراکم بوته بود. به‌این منظور، آزمایشی روی باقلا رقم برکت، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل تاریخ کاشت (در سه سطح شامل هفت و آذر ۲۴ و ۱۷ دی) و تراکم بوته (در چهار سطح شامل هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در مترمربع)، با چهار تکرار در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. شاخص سطح برگ، دریافت تشعشع و میزان تجمع ماده خشک از سبز شدن تا رسیدگی اندازه‌گیری شدند. در این تحقیق بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۷۱) از تاریخ کاشت اول و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بدست آمد. متوسط مقدار K_s و RUE به‌ترتیب ۰/۷۵ و ۲/۴۴ بود. مقادیر K_{PAR} به‌دست آمده برای تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم تفاوت معنی‌داری با هم داشتند اما اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم معنی‌دار نبود. با افزایش هر واحد تراکم، K_{PAR} به مقدار ۱/۲۵ کاهش یافت. در هر تاریخ کاشت، تراکم گیاهی اثری بر RUE نداشت، اما تفاوت معنی‌داری بین تاریخ‌های کاشت مختلف مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: **ضریب خاموشی، کارآیی مصرف نور، تراکم، باقلا**

*مسئول مکاتبه: alirahemi@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

مقدمه

تولید ماده خشک به شاخص سطح برگ [1](LAI)، مقدار تشعشع دریافت شده در طول دوره رشد و کارآیی گیاه در تبدیل تشعشع دریافت شده وابسته است (Yano *et al*., 2007; Ouzuni Douji *et al*., 2008). شاخص سطح برگ ، بیان‌گر نسبت سطح برگ (فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. در مراحل اولیه رشد، جذب و دریافت نور تا حد زیادی به سرعت گسترش برگ‌ها بستگی دارد. علاوه بر این، اندازه و دوام سطح برگ، سرعت و طول مدت تجمع ماده خشک در گیاه را تعیین می‌کند (Bakhshandeh *et al*., 2011; Carretero *et al*., 2010). توسعه و گسترش سطح برگ در گیاهان زراعی به عوامل مختلفی مانند دما، تراکم بوته در واحد سطح، میزان مواد غذایی در دسترس، خصوصیات ریخت‌شناسی ژنوتیپ‌ها و سال زراعی (به‌دلیل متنوع بودن عوامل محیطی) بستگی دارد که این عوامل باعث به‌وجود آمدن تفاوت‌هایی در شاخص سطح برگ می‌گردند (Ouzuni Douji *et al*., 2008; Daur *et al*., 2008).

شاخص سطح برگ به‌همراه آرایش و زاویه برگ‌ها در تک بوته، تعیین کننده میزان نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی و کف کانوپی است (Kiniry *et al*., 2005; Carretero *et al*., 2010). قدک ساز و همکاران (Ghadaksaz *et al*., 2011) با مطالعه‌ی تراکم (۴۵، ۵۵ و ۶۵ بوته در متر مربع) و ارقام مختلف (زهره، شامی و جزایری) در گیاه باقلا بیان کردند که گیاه باقلا در تراکم‌های بالاتر نسبت به تراکم‌های پایین‌تر، سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ می‌رسد، بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به رقم زهره بود که طی مراحل اوایل گل‌دهی و نمو غلاف، دیده شد. تشعشع خورشیدی نقش حیاتی در فتوسنتز ایفا می‌کند. در بسیاری از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی تخمین تولید روزانه بیوماس (ماده خشک) به‌صورت حاصل‌ضرب تشعشع خورشیدی (مگاژول بر متر مربع بر روز)، مقدار تشعشع دریافت شده توسط محصول و کارآیی تبدیل تشعشع دریافت شده به بیوماس (گرم بر مگاژول) یا کارآیی استفاده از تشعشع محاسبه می‌شود (Khan *et al*., 2010; Rahemi Karizaki *et al*., 2008).

ضریب خاموشی‌نور [2](K) را می‌توان به‌صورت مساحت سایه ایجاد شده توسط برگ به مساحت خود برگ تفسیر کرد. برای یک برگ افقی که روی سطح خاک سایه انداخته است، صرف‌نظر از این که نور از چه جهتی بتابد، مقدار K برابر یک می‌باشد. در وضعیت‌هایی که برگ افقی نباشد، سایه ایجاد شده توسط برگ روی زمین با مساحت خود برگ، برابر نخواهد بود؛ بلکه متناسب با آن است (Rahemi Karizaki., 2011). میزان تشعشع جذب شده توسط محصول، بهره‌وری و استفاده از آن تعیین کننده مقدار ضریب خاموشی است (Ruiz and Bertero, 2008; Confalon *et al*., 2010).

1- Leaf Area Index
2- The Light Extinction Coefficient

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

رشد و عملکرد نهایی محصولات زراعی به‌طور عمده به بهره‌وری و استفاده از منابع رشد یعنی آب، مواد غذایی و نور بستگی دارد. از آن‌جا که میزان آب و مواد غذایی محدود است. رشد و بازده نهایی محصولات کشاورزی، وابسته به استفاده از تشعشعات فعال فتوسنتزی است (Yahuza, 2011). اشتوتزل و افهمر (Stutzel and Aufhammer, 1991) میزان K در باقلا را بین ۰/۹۹-۰/۷۴ گزارش نمودند؛ اما کنفالن و همکاران (Confalon *et al.*, 2010) میزان K را برای باقلا ۰/۸۱-۰/۶۳ گزارش کردند.

مقدار ماده خشک تولید شده بر حسب گرم به ازای هر مگاژول تشعشع خورشیدی دریافت شده در طول دوره فصل رشد، کارآیی مصرف نور (RUE)[1] نامیده می‌شود (Evangelos *et al.*, 2012). در شرایط مطلوب زراعی، یک رابطه خطی بین ماده خشک تجمعی و تشعشع دریافت شده وجود دارد که شیب این رابطه خطی، کارآیی مصرف نور است (Zhang *et al.*, 2009).

راحمی کاریزکی و همکاران (Rahemi Karizaki *et al.*, 2008) طی مطالعه‌ای بر روی گیاه نخود در شرایط مطلوب زراعی، متوسط مقدار RUE را یک گرم بر مگاژول گزارش کردند. ایشان همچنین بیان داشتند که مقدار RUE در طول دوره رشد تا رسیدگی ثابت می‌ماند. کارآیی مصرف نور در مورد لوبیا چشم بلبلی مقادیر ۲/۹۵-۱/۰۵ (Idinoba *et al.*, 2002; Marcelis *et al.*, 1998)، ماش ۰/۹۴ (Marcelis *et al.*, 1998) و لوبیای معمولی ۱/۶ گرم بر مگاژول (Coulson, 1985) گزارش شده است. در رابطه با RUE در باقلا اطلاعات اندکی وجود دارد، میزان RUE را در باقلا، (Silim and Saxena, 1993) ۱/۰۳، (Madeira *et al.*, 1988) ۱/۴۵، (Husain *et al.*, 1988) حدود ۱/۴-۱/۳ و (Fasheun and Dennett, 1982) ۲/۰۴ گرم بر مگاژول گزارش کردند. کنفالن و همکاران (Confalon *et al.*, 2010) نیز طی مطالعه‌ای روی باقلا RUE را حدود ۱/۶۸-۰/۹۸ و مینگواز و همکاران (Mınguez *et al.*, 1993)، ۱/۷۹ گرم بر مگاژول گزارش نمودند. با توجه به این‌که اطلاعات اندکی در خصوص ضریب خاموشی و کارآیی مصرف نور در گیاه باقلا وجود دارد، هدف از این مطالعه به‌دست آوردن K و RUE تحت شرایط زراعی دیم (محدود نبودن عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز) و ارزیابی پایداری این پارامترها تحت شرایط مختلف تاریخ کاشت و تراکم بود. همچنین از نتایج به‌دست آمده می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو باقلا استفاده کرد.

1- Radiation Use Efficiency

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در شرایط دیم و عاری از آفات، علف‌های هرز و بیماری‌ها اجرا شد. گنبد کاووس در ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۴۵ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. آب و هوای آن معتدل و مرطوب است و میانگین بارش سالانه حدود ۴۶۵/۹ میلی‌متر است. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شد. سپس، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد، که بر اساس نتایج به‌دست آمده بافت خاک لوم رسی سیلتی بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو فاکتور تاریخ کاشت در سه سطح (هفت آذر، ۲۴ آذر و ۱۷ دی) و تراکم کاشت در چهار سطح (هشت، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در مترمربع) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. برای ایجاد تراکم‌های مختلف، فاصله بین ردیف-ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر برای تراکم هشت بوته در متر مربع، ۱۶/۶۶ سانتی‌متر برای تراکم ۱۲ بوته در مترمربع، ۱۲/۵ سانتی‌متر برای تراکم ۱۶ بوته در مترمربع و ۱۰ سانتی‌متر برای تراکم ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. زمین مورد نظر در سال قبل از آزمایش تحت کشت گندم بود. میزان کود توصیه شده در زمان کاشت، ۲۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار بود. بذور قبل از کاشت با سم کاربوکسی تیرام به‌میزان دو در هزار ضد عفونی شد و در عمق ۵ سانتی‌متری کشت شدند. پس از سبز شدن بذور، در مرحله چهار تا شش برگی تنک کردن بوته‌ها انجام شد. عملیات برداشت به‌منظور محاسبه عملکرد دانه پس از حذف حاشیه‌ها از سطحی معادل سه مترمربع انجام شد. مشکل علف‌های هرز هنگام سبز شدن وجود نداشت و پس از آن نیز به‌صورت هفتگی عملیات وجین به‌صورت دستی انجام شد. در این تحقیق صفات مربوط به سطح برگ، نسبت دریافت تشعشع، مراحل فنولوژیک، نسبت پوشش گیاهی، وزن خشک و ارتفاع بوته در طول فصل رشد محاسبه شد.

تمام اندازه‌گیری‌ها از پنج نمونه گیاهی که از یک نمونه بزرگ‌تر ۱۰ تایی (برای هر کرت) انتخاب شده بودند، صورت گرفت. به‌این طریق که ۲۰ نمونه با حذف حاشیه انتخاب، سپس ۱۰ نمونه به آزمایشگاه منتقل شد و در آزمایشگاه از این ۱۰ نمونه، پنج نمونه متوسط انتخاب شد. سنجش سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل DELTA-T صورت گرفت و در هر مرحله، سطح برگ ۱۰ بوته اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک در هر نمونه‌برداری، 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 آون قرار گرفتند. سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

برای سنجش نسبت تشعشع دریافتی از کوادرات با ابعاد ۰/۵× ۰/۵ متر مربع استفاده شد. برای این منظور، در هر نمونه‌برداری کوادرات به‌صورت مستقیم در بالای پوشش گیاهی طوری قرار می‌گرفت که پایه‌های آن بین ردیف‌های کاشت قرار داشت. سپس تعداد مربعات داخل کوادرات را شمارش کرده تا از این طریق نسبت پوشش گیاهی ایجاد شده به‌دست آید.

جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

مشخصه	مقدار
گوگرد (قسمت در میلیون)	۴۷/۳
هدایت الکتریکی (دسی زیمینس بر متر)	۱/۱
اسدیته گل اشباع	۷/۶
درصد مواد خنثی شونده	۱۰/۵
کربن آلی (درصد)	۱/۱۶
فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	۱۲/۳
پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	۴۱۴
رس (درصد)	۳۰
لای (درصد)	۶۲
ماسه (درصد)	۸

برای محاسبه تشعشع فعال خورشیدی دریافت شده روزانه از برنامه RLY-calc استفاده شد (Soltani and Yazdi, 2009). این برنامه از چهار صفحه جداگانه تشکیل شده است. برای راه‌اندازی این برنامه و محاسبه مقادیر شاخص سطح برگ و تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده روزانه و فصلی به مقادیر شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شده در زمان‌های متعدد در طول فصل رشد و آمار هواشناسی نیاز است.

تغییرات شاخص سطح برگ به‌منظور توصیف روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به روزهای پس از کاشت از معادله لجستیک زیر استفاده شد که بهترین برازش را نسبت به نقاط اندازه‌گیری شده نشان داد:

معادله (۱) $$LAI = ((a \times \exp((-a) \times (dap - b) \times c))) / (1 + \exp((-a) \times (dap - b)))^2)$$

در این معادله LAI شاخص سطح برگ، dap[1] روز پس از کاشت و a، b و c ضرایب معادله می‌باشند (Yin *et al.*, 2003).

ضریب خاموشی (K): برای تعیین ضریب خاموشی از معادله زیر استفاده شد.

معادله (۲) $$y = 1 - \exp^{(-k_{PAR} \times LAI)}$$

1 - Day after planting

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

در این معادله y نسبت پوشش گیاهی، K_{PAR} ضریب خاموشی بر پایهٔ تشعشع فعال فتوسنتزی و LAI شاخص سطح برگ می‌باشد. ضریب خاموشی به‌دست آمده بر پایهٔ تشعشع فعال فتوسنتزی است (K_{PAR}) که با استفاده از رابطه تجربی (Sinclair and Horie, 1989) به ضریب خاموشی بر پایه کل تشعشع خورشیدی (Ks) قابل تبدیل است:

$$K_S = 0.75K_{PAR}$$ معادله (۳)

الگوی تجمع ماده خشک برای توصیف وزن خشک در طول زمان از یک معادله‌ی لجستیک استفاده شد که زمان تا رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر ماده خشک و میزان حداکثر ماده خشک تولیدی را نیز نشان می‌دهد:

$$Y = DM_{\max} /(1+\exp(-a*(dap-b)))$$ معادله (۴)

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 مادهٔ خشک است (Yin *et al.*, 2003). در طول دوره این آزمایش دمای حداکثر و حداقل روزانه، ساعت‌های آفتابی و بارندگی اندازه‌گیری شد. محاسبه‌های آماری مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار SAS (Soltani, 2007) انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

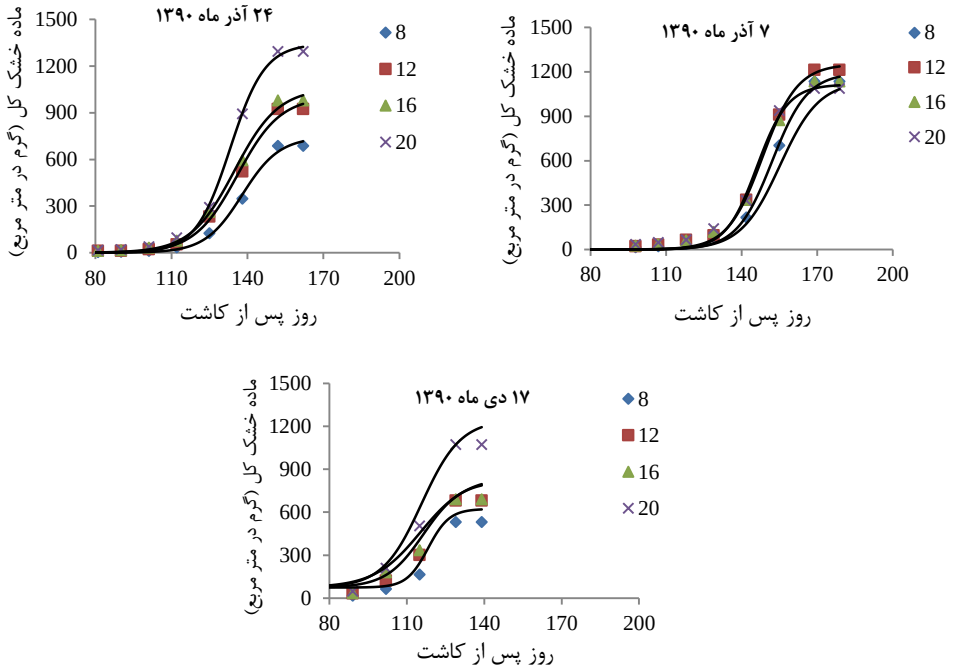
میانگین حداکثر دما از کاشت تا رسیدگی کامل بین ۹/۳۴ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دما بین ۰/۵تا۱۵/۱ درجه سانتی‌گراد بود. میزان تشعشع خورشیدی بین ۸/۳۲ تا ۲۱/۸۲ مگاژول بر مترمربع بر روز و میزان بارندگی ماهیانه نیز در طی مرحله کاشت تا رسیدگی کامل بین ۱۲۴/۶-۳۰/۴ میلی‌متر بود.

الگوی تجمع ماده خشک در استفاده از معادله لجستیک (معادله ۴) که با هدف محاسبه زمان حصول ۵۰ درصد عملکرد ماده خشک و حداکثر ماده خشک تولیدی استفاده شد، توصیف خوبی از تجمع ماده خشک به‌دست آمد. به‌طوری که مقادیر ضرایب تبیین همگی ۰/۹۹ بودند. اختلاف تراکم‌ها از نظر مدت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر خود در تاریخ کاشت اول (هفت آذر) در سطح پنج درصد معنی‌دار بود ولی در تاریخ کاشت دوم (۲۴ آذر) و سوم (۱۷ دی) اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف دیده نشد (داده‌ها نشان داده نشده است). شکل یک بیانگر تغییرات تجمع ماده خشک در مقابل زمان در تاریخ‌های کاشت و تراکم‌های مختلف کاشت است که در تاریخ‌های کاشت مختلف این اختلاف معنی‌دار بوده و با تأخیر در کاشت، زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر ماده خشک کاهش یافت. به‌طوری که در تاریخ کاشت سوم نسبت به تاریخ کاشت اول از تراکم اول تا چهارم زمان حصول ۵۰ درصد تجمع ماده خشک به‌ترتیب ۲۲، ۲۱، ۲۵ و ۲۰ درصد کاهش یافت.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

با بررسی حداکثر ماده خشک تولیدی، مشاهده شد که با افزایش تراکم اختلاف معنی‌داری در میزان ماده خشک تولیدی در تاریخ کاشت اول مشاهده نشد ولی در تاریخ کاشت دوم و سوم اختلاف معنی‌داری بین تراکم‌های مختلف در سطح پنج درصد بدست آمد. همچنین بین تاریخ کاشت‌های مختلف نیز اختلاف معنی‌داری در مقدار ماده خشک تولیدی ثبت شد به گونه‌ای که با تأخیر در تاریخ کاشت میزان، حداکثر ماده خشک تولیدی در تاریخ کاشت سوم و در تراکم های اول تا چهارم به‌میزان ۵۳، ۴۰، ۳۱ و ۵ درصد نسبت به تاریخ کاشت اول کاهش نشان داد.

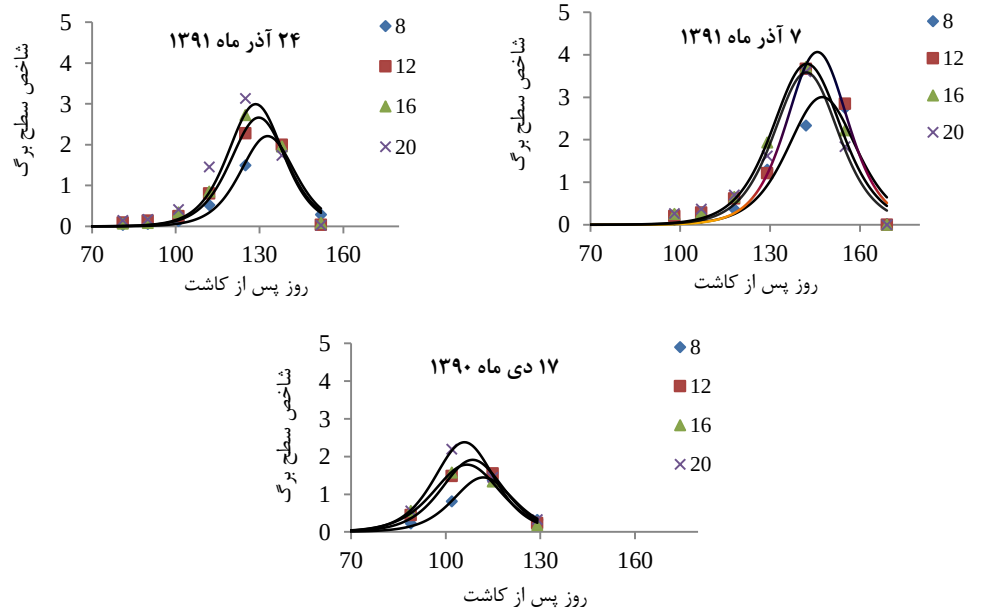
به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که افزایش تراکم به‌علت افزایش شاخص سطح برگ، زمان رسیدن به پوشش کامل زمین و ۵۰ درصد تجمع ماده خشک را کاهش داده و حداکثر تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد. تأخیر در کاشت سبب می‌شود که محصول با تنش گرمایی آخر فصل رشد مواجه شود. با افزایش دما، سرعت رشد محصول افزایش یافته در نتیجه زمان رسیدن به پوشش کامل و ۵۰ درصد تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد. در این حالت به‌علت افزایش سرعت رشد، کوتاه شدن طول دوره رشد و تولید کمتر مواد فتوسنتزی در گیاه، حداکثر تجمع ماده خشک در گیاه کاهش می‌یابد.



شکل ۱- تغییرات تجمع ماده خشک در طول زمان در تاریخ کاشت‌ها و تراکم‌های مختلف کاشت (۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در متر مربع).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

تغییرات شاخص سطح برگ روند تغییرات شاخص سطح برگ در شکل دو برای تراکم‌ها و تاریخ کاشت‌های مختلف نشان داده شده است. در این تحقیق با افزایش تراکم بوته در هر تاریخ کاشت شاخص سطح برگ سیر صعودی داشت. در تاریخ کاشت اول با افزایش تراکم از هشت به ۲۰ بوته در متر مربع شاخص سطح برگ از ۲/۷۴ به ۳/۷۱ در مرحله غلاف‌دهی رسید. همچنین، در تراکم هشت بوته در متر مربع حداکثر شاخص سطح برگ از ۲/۷۴، ۱/۹۷ و ۱/۳۷ در تاریخ کاشت‌های اول تا سوم به ۳/۷۱، ۳/۲۱ و ۲/۱۹ افزایش یافت ولی تأخیر در کاشت باعث کاهش در حداکثر شاخص سطح برگ شد، به‌طوری که شاخص سطح برگ در تراکم‌های اول تا چهارم تاریخ کاشت اول به‌ترتیب از ۲/۷۴، ۳/۶۱، ۳/۷۱ و ۳/۶۱ به ۱/۳۷، ۱/۵۴، ۱/۳۳ و ۲/۱۹ در تاریخ کاشت سوم کاهش یافت (داده‌ها نشان داده نشده است). در این تحقیق حداکثر شاخص سطح برگ (۳/۷۱)، در تاریخ کاشت هفت آذر ماه در تراکم ۲۰ بوته در متر مربع مشاهده شد. در هر دو حالت، افزایش تراکم و تأخیر در کاشت، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ کاهش یافته است. در تراکم بالا به‌علت افزایش تعداد بوته، تعداد برگ زیاد شده و منجر به افزایش شاخص سطح برگ شده، در نتیجه زمان رسیدن به حداکثر آن هم کاهش یافت. قدک ساز و همکاران (Ghadaksaz *et al.*, 2011) طی مطالعه‌ای روی باقلا بیان کردند که تراکم‌های بالا نسبت به تراکم‌های پایین، سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ می‌رسند.

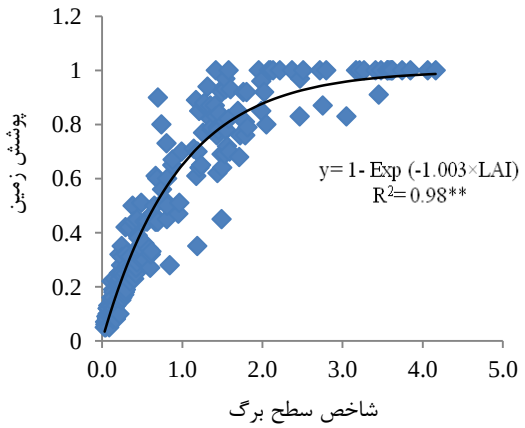


شکل ۲- تغییرات شاخص سطح برگ در طول زمان در تاریخ کاشت‌ها و تراکم‌های مختلف کاشت (۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ بوته در متر مربع).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

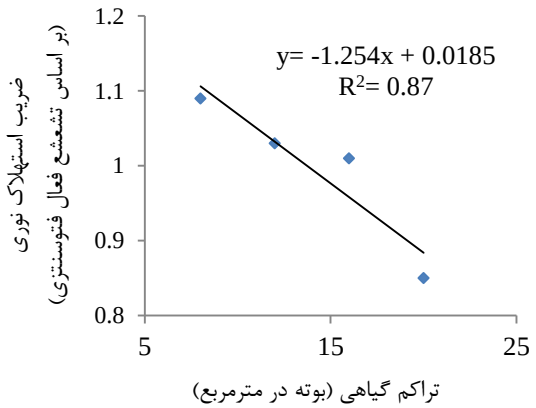
ضریب خاموشی (K): معادله ۲ به‌خوبی تغییرات پوشش گیاهی را در مقابل LAI توجیه کرد. مقدار R^2 برابر با ۰/۹۸ بود. K_{PAR} برابر ۰/۰۳۴±۱/۰۰۳ محاسبه شد، که در نتیجه ضریب خاموشی برای کل تشعشع خورشیدی (K_s) برابر ۰/۷۵ بود. مقدار K_{PAR} در این آزمایش با حداکثر مقدار گزارش شده توسط اشتول و افهمر (Stutzel and Aufhammer, 1991)، K_{PAR}=۰/۹۹ مطابقت دارد، اما با حداکثر مقدار K_{PAR}=۰/۸۱ که توسط کنفالن (Confalon *et al.*, 2010) گزارش شده است، مطابقت نداشت.

مقادیر K_{PAR} به‌دست آمده برای تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم تفاوت معنی‌داری با هم داشتند، اما اثر متقابل تاریخ کاشت و تراکم معنی‌دار نبود. با تأخیر در کاشت K_{PAR} به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. هر چند که تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این تغییرات احتمالاً به‌دلیل تغییر در زاویه خورشیدی، ابری بودن آسمان و یا تغییر در تراکم بوته (پوشش گیاهی متنوع) از طریق تأثیر بر زاویه، ضخامت و اندازه برگ طی تاریخ کاشت‌های مختلف بر مقدار K_{PAR} و K_s بوده است. شکل ۴ یک رابطه خطی منفی و معنی‌داری بین K_{PAR} و تراکم گیاهی نشان می‌دهد. به‌طوری که این رابطه ۸۷ درصد تغییرات K_{PAR} را توجیه کرد. بر اساس این تابع، با افزایش هر واحد تراکم K_{PAR}، به مقدار ۱/۲۵ کاهش یافت. تغییر در K_{PAR} با تغییر در زاویه خورشیدی با مطالعات راحمی کاریزکی و همکاران (Rahemi Karizaki *et al.*, 2008) روی نخود مطابقت دارد. بنابراین، با توجه به این موضوع می‌توان گفت که برای رقم برکت باقلا K_S=۰/۷۵ برای اهداف عملی قابل استفاده است. اما برای سایر اهداف، تعریف دقیق K_S براساس رابطه آن با زاویه تابش و تراکم گیاهی لازم خواهد بود.



شکل ۳- رابطه بین نسبت پوشش گیاهی اندازه‌گیری شده در مقابل شاخص سطح برگ (LAI).

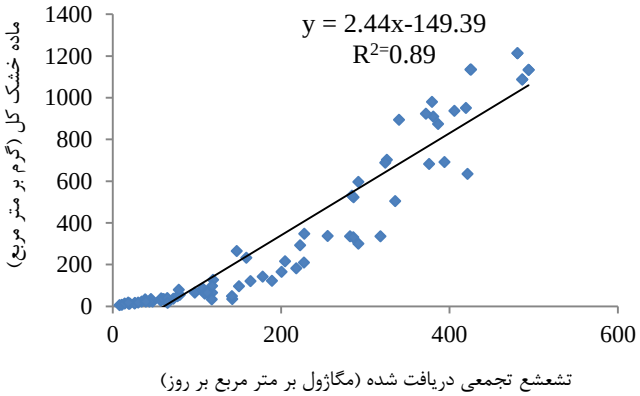
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]



شکل ۴- رابطه بین ضریب خاموشی (K_{PAR}) و تراکم گیاه

کارآیی استفاده از تشعشع (RUE). مدل رگرسیون خطی ساده رابطه بین تشعشع دریافتی و بیوماس تجمعی از کاشت تا رسیدگی را با ضرایب تبیین (R^2) بالاتر از ۰/۹۵ به‌خوبی توصیف نمود . RUE بین ۲/۰۳ و ۲/۸۳ (متوسط ۲/۴۴) گرم بر مگاژول متغیر بود. در هر تاریخ کاشت، تراکم گیاهی اثری بر RUE نداشت. با برازش مدل رگرسیون خطی ساده برای داده‌های هر تاریخ کاشت، مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین تاریخ کاشت‌ها وجود داشت. این تفاوت احتمالاً به میانگین دما از کاشت تا رسیدگی مربوط بوده است (شکل ۵). مقادیر RUE حاصل از این پژوهش بر منحنی واکنش RUE به دما که توسط رحیمی کاریزی و همکاران (Rahemi Karizaki *et al.*, 2008) بر روی نخود محاسبه شد مطابقت نداشت، اما مقدار RUE به‌دست آمده در این مطالعه با مقدار حداکثر ۲/۰۴ گرم بر مگاژول که توسط فاشن و دنت (Fasheun and Dennett, 1982) گزارش شده بود مطابقت داشت و از مقدار گزارش شده توسط سایر محققین (Silim and Saxena, 1993) ۱/۰۳ و (Madeira *et al.*, 1988) ۱/۴۵ به‌طور معنی‌داری بزرگ‌تر بود.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]



شکل ۵- رابطه بین ماده خشک کل و تشعشع تجمعی دریافت شده، شیب خط نشان دهنده کارآیی استفاده از تشعشع (گرم بر مگاژول) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به نظر می رسد با افزایش تراکم بوته، حداکثر شاخص سطح برگ افزایش و زمان وقوع آن کاهش یافت. تأخیر در کاشت از طریق کوتاه کردن طول دوره رشد و تسریع در نمو باعث کاهش هر دو متغیر شد. در این تحقیق حداکثر شاخص سطح برگ با ۳/۷۱ از تاریخ کاشت هفت آذر ماه (تاریخ کاشت اول) و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع بدست آمد. از روابط منتج شده می‌توان برای مدل‌سازی سطح برگ استفاده کرد. در مورد الگوی تجمع ماده خشک، افزایش تراکم به‌دلیل افزایش شاخص سطح برگ و دریافت تشعشع، زمان رسیدن به ۵۰ درصد تجمع ماده خشک را کاهش و حداکثر تجمع ماده خشک را افزایش داد. تأخیر در کاشت سبب شد که محصول با تنش گرمایی آخر فصل رشد مواجه شود. با افزایش دما سرعت رشد محصول افزایش یافت و زمان رسیدن به پوشش کامل و ۵۰ درصد تجمع ماده خشک کاهش یافت. ضریب خاموشی (برای تشعشع فعال فتوسنتزی) برابر ۰/۰۳۴±۱/۰۰۳ محاسبه شد که در نتیجه ضریب خاموشی برای کل تشعشع خورشیدی (K_s) برابر ۰/۷۵ بود. کارآیی استفاده از تشعشع (RUE) بین ۲/۸۳- /۲/۰۳ گرم بر مگاژول متغیر بود (داده‌ها نشان داده نشده است). در هر تاریخ کاشت، تراکم گیاهی اثری بر RUE نداشت. همچنین با برازش مدل رگرسیون خطی ساده برای داده‌های هر تاریخ کاشت، مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری بین تاریخ کاشت‌ها وجود داشت.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

منابع

Bakhshandeh E., Soltani A., Ghadiryan R. 2011. Leaf area index measurement by AccuPAR instrument in wheat. Journal of Plant Production, 18(4):97- 102. (In Persian).

Carretero R., Serrago R.A., Bancal M.O., Perello A.E, Miralles D.J. 2010. Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. Field Crops Research, 116: 184-195.

Confalon A., Lizaso J., Ruiz-nogueira B., Lopez-cedron F.X., Sau F. 2010. Growth, par use efficiency, and yield components of field-grown *Vicia faba* under different temperature and photoperiod regimes. Filed Crop Research, 115: 140-148.

Coulson C.L. 1985. Radiant energy conversion in three cultivars of *Phaseolus vulgaris*. Agricultural and Forest Meteorology, 35: 21–29.

Daur I., Sepetoglu H., Marwarth K.B., Hassan G., Khan I.A. 2008. Effect of different levels of nitrogen on dry matter and grain yield of faba bean. Pakistan Journal of Botany, 40(6):2453-2459.

Evangelos D.G., Derrick M.O., Bruce A.R. 2012. Radiation use efficiency of cotton in contrasting environments. American Journal of Plant Science, 3: 649-654.

Fasheun A., Dennett M.D., 1982. Interception of radiation and growth efficiency in field beans (*Vicia faba* L.). Agricultural Meteorology, 26: 221–229.

Ghadaksaz S., Saki Nejad T., Shokohfar A.R. 2011. Assessment characteristics morphophysiology of plant varieties horse Bean (*Vicia faba* L.) in different plant densities. Life Science Journal, 8(3): 40- 42.

Husain M.M., Hill G.D., Gallager J.N. 1988. The response of field beans (*Vicia faba* L.) to irrigation and sowing date. II: Growth and development in relation to yield. Journal of Agricultural Science, 111: 233–254.

Idinoba M.E., Idinoba P.A., Gbadegesin A.S. 2002. Radiation interception and its efficiency for dry matter production in three crop species in the transitional humid zone of Nigeria. Agronomie, 22: 273-281.

Khan H.R., Paull J.G., Siddique KH.M., Stoddard F.L. 2010. Faba bean breeding for drought-affected environments. A physiological and agronomic perspective. Field Crops Research, 115: 279-286.

Kiniry J.R., Simpson C.E., Schubert A.M., Reed J.D. 2005. Peanut leaf area index, light interception, radiation use efficiency and harvest index at three sites in Texas. Field Crops Research, 91: 297-306.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

Madeira A.C., Clark J.A., Rossall S. 1988. Growth, light interception and disease in field bean (*Vicia faba* L.): The effect of late infection by *Ascochyta fabae*. Annals of Applied Biology, 112: 585–595.

Marcelis L.F.M., Heuvelink E., Goudriaan J. 1998. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: A review. Scientia Horticulture, 74: 83–111.

Mınguez M.I., Ruiz-Nogueira B., Sau F. 1993. Faba bean productivity and optimum canopy development under a Mediterranean climate. Field Crops Research, 33: 435–447.

Monsi M., Saeki T., 1953. Uber den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Journal of Japanese Botany, 14: 22-52.

Ouzuni Douji A.A., Esfahani M., Samizadeh Lahiji H.A., Rabiei M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Science, 9: 400–328. (In Persian).

Rahemi Karizaki A. 2011. Investigation the changes of physiological and morphological traits associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) yield, Ph.D Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 104p. (In Persian).

Rahemi Karizaki A., Soltani A., Purreza J., Zainali E. 2008. Estimation of extinction coefficient and radiation use efficiency in field-grown chickpea. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(15): 211-221.

Ruiz R.A., Bertero H.D, 2008. Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivars. European Journal of Agronomy, 29: 144-152.

Silim S.N., Saxena M.C. 1993. Yield and water use efficiency of faba bean sown at two row spacings and seed densities. Experimental Agriculture, 29: 173–181.

Sinclair T.R., Horie T. 1989. Leaf nitrogen, phenology, and crop radiation use efficiency: a Review. Crop Sciences, 29: 90- 98.

Soltani A. 2007. Using the SAS software the Statistical Analysis. Mashhad University Jihad Publications, 166p. (In Persian).

Soltani A., Yazdi V. 2009. Simple applications for teaching and research in agriculture. NIAC Press. (In Persian).

Stutzel H., Aufhammer W. 1991. Light interception and utilization in determinate and indeterminate cultivars of *Vicia faba* under contrasting plant distributions and population densities. Journal of Agricultural Science, 116: 395-407.

Yahuza I. 2011. Review of radiation interception and radiation use efficiency in intercropping in relation to the analysis of wheat/faba bean intercropping system. Journal of Biological and Environmental Sciences, 1(5): 1- 15.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]

Yano T., Aydin M., Haraguchi T. 2007. Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. Sensors, 7: 2297-2315.

Yin X., Gouadrian J., Latinga E.A., Vos J., Spiertz J.H. 2003. A flexible sigmoid growth function of determinate growth. Annal Botany, 91: 361-371.

Zhang Y., Tang Q., Zou Y., li D., Qin J., Yang S., Chen L., Xia B., Peng S. 2009. Yield potential and radiation use efficiency of super hybrid rice grown under subtropical conditions. Field Crops Research, 114: 91-98.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2026-11-06]