Archive of SID

شماره ۷۱، تابستان ۱۳۸۵

در زراعت و باغبانی

ارزیابی کارایی مصرف نور، ضریب استهلاک نوری و دریافت تابش در ارقام مختلف لوبیا چشم بلبلی، ماش و لوبیا قرمز در کشت دوم

• **احمد علیمددی**، دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه تهران
• **محمدرضا جهانسوز**، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران
• **علی احمدی**، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران
• **رضا توکل افشاری**، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران
• **مینا رستم‌زا**، دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: فروردین ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۳۸۴

Email: ahmad_alimadadi@yahoo.com

چکیده

استفاده از مدلسازی رشد گیاهان برای پیش بینی فرآیند های مختلف گیاهی و سهم آنها در میزان عملکرد گیاه، یکی از راه‌های بهبود مدیریت زراعی است. این آزمایش جهت ارزیابی بهره وری نور در ارقام مختلف ماش، لوبیا قرمز و لوبیا چشم بلبلی در کشت دوم، به صورت طرح بلوک‌های متعادل گروهی در چهار تکرار، در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران اجرا شد. نتایج نشان داد اختلاف بین انواع حبوبات از نظر تولید زیست توده هوایی معنی دار بود ($p<0/05$) و لوبیا چشم بلبلی با اختلاف زیاد نسبت به ماش و لوبیا قرمز و با تولید ۵۸۷۶/۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار را داشت. مقایسه عملکرد حبوبات با پتانسیل عملکرد آنها در تک کشتی نشان داد ماش، لوبیا چشم بلبلی و لوبیا قرمز به ترتیب ۵۸٪، ۴۰٪ ، ۳۷٪ پتانسیل عملکرد تک کشتی خود را تولید کرده‌اند. در اواخر رشد رویشی، لوبیا چشم بلبلی، ماش و لوبیا قرمز به طور متوسط به ترتیب قادر به جذب ۹۰، ۳۳ و ۳۶ درصد از تابش فعال فتوسنتزی بودند. اختلاف معنی دار بین کارایی مصرف نور انواع حبوبات وجود داشت ($p<0/05$) و میانگین کارایی مصرف نور برای لوبیا چشم بلبلی، لوبیا قرمز و ماش به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۸۲ و ۰/۹۹ گرم بر مگاژول بود. از بین کلیه ارقام، ماش پرتو بالاترین کارایی مصرف نور را دارا بود. بین ضریب استهلاک نوری انواع حبوبات، اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p<0/01$) و لوبیا چشم بلبلی با ۰/۶۰۵ بالاترین مقدار و ماش و لوبیا قرمز به ترتیب با ۰/۴۵۸ و ۰/۳۴۴ در رتبه بعدی قرار داشتند. نتایج نشان داد با کاهش ضریب استهلاک نوری و افزایش شاخص سطح برگ، امکان افزایش کارایی مصرف نور تا دو برابر وجود دارد.

کلمات کلیدی: کارایی مصرف نور، ضریب استهلاک نوری، جذب تابش فعال فتوسنتزی، لوبیا چشم بلبلی، لوبیا قرمز، ماش

Pajouhesh & Sazandegi No 71 pp: 67-75

Cowpea, common bean and mung bean radiation use efficiency, light extinction coefficient and radiation interception in double cropping

By: A. Alimadadi, and M. Rostamza, Ph.D Students of Agronomy, University of Tehran, M.R.Jahansooz, A. Ahmadi Associate Professor, University of Tehran, and R. Tavakol Afshari, Assistants Professor, University of Tehran.

www.SID.ir

Archive of SID

Crop growth modeling for forecasting various plant's functions and their contribution to yield, is one of the ways to improve field management. This trial was set up to evaluate radiation use efficiency of mung bean, common bean and cowpea cultivars in a double cropping system. Field experiment was conducted at Research Farm of College of Agriculture, University of Tehran, Karaj. A 4-replicate group balanced block field experiment was set up. Results showed that the differences among three pulses were significant in terms of biomass ($p<0.05$). Cowpea, producing 5876.8 Kg/ha, had the highest yield among the species used in this study. Comparison of grain yield observed in this experiment with mono crop yield potential, showed that cowpea, common bean and mung bean produced 40%, 37% and 58% of their mono crop grain yield potential, respectively. In the late vegetative growth period, cowpea, mung bean and common bean absorbed 90%, 33% and 36% of photosynthetic active radiation, respectively. There was a significant difference among pulses, in terms of their radiation use efficiency and light extinction coefficient ($p<0.05$ and $p<0.01$, respectively). Cowpea, common bean and mung bean had radiation use efficiencies of 0.84, 0.82 and 0.99, g/MJ and light extinction coefficients of 0.605, 0.344 and 0.458, respectively. Results indicated that in some cultivars, when K decreases and LAI increases, LUE might be increased twice.

Keywords: Radiation use efficiency, Light extinction coefficient, PAR interception, Cowpea, Common bean, Mung bean.

مقدمه

با افزایش روزافزون جمعیت در کشور و محدود بودن اراضی مناسب کاشت، استفاده از سیستم کشت دوگانه برای تولید بیشتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در اکثر نقاط ایران خصوصاً مناطق مرکزی، تک کشتی محصولات جالیزی، تک کشتی غلات زمستانه و تابستانه و یا کشت دوگانه غلات تابستانه -غلات زمستانه (مانند کشت دوگانه گندم یا جو با ذرت سیلویی) رایج می‌باشد. این امر باعث کاهش تنوع گیاهان زراعی، کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش بیماری‌ها و آفات شده، ریسک اقتصادی را افزایش داده و در نتیجه باعث کاهش پایداری می‌شود (۳، ۵، ۳۳). جایگزین کردن حبوبات در کشت دوم یکی از راه‌های کاهش مشکلات فوق و در مقابل، افزایش تنوع گیاهی، و حل مشکل تولید پروتئین و کاربرد بی‌رویه کودهای نیتروژنه می‌باشد (۲، ۱۷).

کشت دوگانه از نظر مدیریتی از حساسیت بیشتری نسبت به تک کشتی برخوردار است و این حساسیت در مناطق خشک به دلیل وجود محدودیت‌ها و مشکلات محیطی افزایش می‌یابد. در این بین استفاده از مدلسازی رشد گیاهان برای فهم بهتر فرآیند های مختلف گیاهی و سهم آنها در میزان عملکرد گیاه یکی از راه‌های بهبود جنبه های مختلف مدیریت زراعی است (۲۲). مدلسازی موفق رشد گیاهان بستگی زیادی به توصیف کامل شاخص سطح برگ (Leaf Area Index)، ضریب استهلاک نوری (Light Extinction Coefficient) و کارایی مصرف نور (Radiation Use Efficiency) دارد (۲۶). در شرایطی که کمبود آب و مواد غذایی وجود نداشته باشد و در غیاب مشکل آفات و بیماری‌ها، تولیدات گیاهی اغلب یک رابطه خطی با مقدار تابش تجمعی دریافتی دارند و تابش فعال فتوسنتزی جذب شده به عنوان مهمترین عامل رشد گیاه خواهد بود. کارایی مصرف نور (RUE) یک راهکار موثر و کارا برای کمی‌کردن تجمع ماده خشک است و به صورت افزایش ماده خشک به ازای جذب هر واحد تابش فعال فتوسنتزی تعریف شده (۱۹) و اغلب به صورت شیب رگرسیون خطی زیست توده در مقابل تابش جذب شده تجمعی محاسبه می‌شود (۱).

این، یکی از اولین پارامترهای بکار رفته در بسیاری از مدل‌های شبیه سازی رشد گیاهان است که برای تجزیه و تحلیل تولید گیاه در مناطق مختلف و بهبود برنامه ریزی و فنون مدیریتی، خصوصا در محیط‌های ناهمگن مانند مناطق خشک می‌باشد (۱۵).

در غیاب تنش، کارایی مصرف نور برای گونه های C_3 مناطق معتدله بین ۱ تا ۱/۵ گرم بر مگاژول و برای گونه های C_3 گرمسیری بین ۱/۵ تا ۱/۷ گرم بر مگاژول تغییر می‌کند (۶). در مورد گیاهان لوبیا چشم بلبلی مقادیر ۲/۹۵ – ۱/۰۵ (۱۵، ۲۲)، ماش ۰/۹۴ (۲۲) و لوبیا معمولی ۱/۶ گرم بر مگاژول (۹) گزارش شده است. مقادیر کارایی مصرف نور با توجه به گونه گیاهی، شرایط آب و هوایی، مدیریت زراعی، مرحله رشدی گیاه، نحوه اندازه گیری و ترکیبات گیاهی تغییر می‌کند و بنابراین مدل‌های توسعه یافته باید برای همان گونه و همان شرایط محیطی بکار روند (۲۶). ساختار تاج پوشش، پخش انرژی نوری در آن و شاخص سطح برگ نیز، کارایی مصرف نور توسط گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهند. اختلاف در ساختار تاج پوشش که بوسیله ضریب استهلاک نوری (K) در قانون لامبرت- بیر شرح داده می‌شود، به همراه شاخص سطح برگ می‌توانند دلایل اختلاف گونه ها در کارایی مصرف نور را روشن تر کنند (۱۹). استفاده از نور می‌تواند بر پایه این اصل مدلسازی شود که جذب تابش، با افزایش سطح برگ افزایش می‌یابد، اما سایه اندازی متقابل برگ‌ها بر روی یکدیگر، قابلیت استفاده از نور را کاهش می‌دهد. این عامل باعث کاهش تصاعدی نور می‌شود که بوسیله قانون لامبرت-بیر شرح داده می‌شود (۲۲).

Pengelly و همکاران (۲۸) بیان کردند تحت شرایط مختلف محیطی ضریب استهلاک نوری (K) برای ماش، سویا و لوبیا چشم بلبلی از ۰/۴ تا ۰/۸ می‌تواند متغیر باشد. Wien (۳۴) ضریب استهلاک نوری برای لوبیا چشم بلبلی را ۰/۸۵ و برای لوبیا معمولی ۰/۷ ذکر کرد. Tsubo و همکاران (۳۱) نیز مقدار ۰/۶۴ را برای لوبیا معمولی گزارش کردند. در کل مقدار K ممکن است از ۰/۳ تا ۱/۵ تغییر کند. مقدار K کمتر از ۱ بیانگر برگ‌های عمودی تر یا پراکنش فشرده و K بزرگتر از ۱ نشان دهنده برگ‌های

www.SID.ir

Archive of SID

افقی یا پخش منظم آنها می‌باشد (۱۶). کاهش مقدار ضریب استهلاک (برگ‌های عمودی تر) برای اجازه نفوذ نور به داخل تاج پوشش و برخورد نور به برگ‌های بیشتر در مقادیر کم تابش باعث افزایش سرعت تبادل کربن می‌شود. این عامل باعث افزایش کارایی مصرف نور در گیاهانی که منبع در آنها محدود است، خواهد شد (۲۰). در مورد بادام زمینی با کاربرد تیمارهای تاریخ کاشت، ارقام و تراکم‌های مختلف نشان داده شد که وقتی K از ۰/۳ به ۱ افزایش یافت، کارایی مصرف نور از ۲/۷۵ به ۱/۵ گرم بر مگاژول کاهش یافت (۴). در عکس العمل مشابهی در مورد گراس‌های C_4 مشاهده شد که در این گیاهان LAI بالا و K کم باعث افزایش کارایی مصرف نور و LAI کم و K بالا باعث کاهش کارایی مصرف نور می‌شود. در مورد گیاهان C_3 نیز سرعت رشد با kدر گونه های مختلف گراس‌های C_3 همبستگی منفی دارد و این موارد فواید برگ‌های عمودی را حمایت می‌کند (۱۹).

اندازه گیری این خصوصیات مهم تاج پوشش در مناطق خشک، که معمولاً پوشش گیاهی سطح زمین کامل نمی‌شود، از اهمیت ویژه ای برخوردار است. اگرچه در مورد بسیاری از گیاهان در شرایط مختلف، اندازه گیری و شبیه سازی مربوط به ساختار تاج پوشش و استفاده از نور انجام شده است ولی هنوز در مورد حبوبات تحقیقات کافی در داخل و خارج ازکشور صورت نگرفته است. هدف از این تحقیق ارزیابی کارایی مصرف نور و رابطه شاخص سطح برگ و ضریب استهلاک نوری با آن در سه نوع حبوبات تابستانه شامل لوبیا چشم بلبلی، لوبیا قرمز و ماش در کشت دوم بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۱ در مزرعه پژوهشی و آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، واقع در کرج (با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا و عرض جغرافیایی '۳۵ °۴۸ شمالی و طول جغرافیایی '۵۱ °۱۰ شرقی) اجرا شد. میانگین حداقل و حداکثر دما در طی ماه‌های آزمایش به ترتیب ۲۴/۴۶ و ۳۴/۱۴ درجه سانتیگراد و میزان بارندگی کرج در سال زراعی ۸۲ـ۱۳۸۱، ۳۲۹/۸ میلیمتر بود. بر اساس آزمایشات خاک‌شناسی، بافت خاک محل آزمایش رسی لومی‌با pH برابر ۷/۵ بود. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های متعادل گروهی در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی سه نوع حبوبات شامل ماش (*Vigna radiata* (L.) Wilczek)، لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) و لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L) بودند که از هر گیاه سه رقم (با نظر کارشناسان موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر) به شرح زیر انتخاب شدند: لوبیا چشم بلبلی: پرستو، مشهد و کامران، لوبیا قرمز: صیاد، گلی و ناز و ماش: پرتو، گوهر و مهر. جهت کاشت، ابتدا سه نوع حبوبات در هر بلوک به صورت تصادفی قرار داده شدند و سپس ارقام مربوط به هر کدام از حبوبات نیز بطور تصادفی در کنار هم قرار گرفتند.

پس از برداشت محصول قبلی (گندم) عملیات خاک‌ورزی شامل شخم به عمق ۳۰-۲۵ سانتیمتر همراه با دیسک و ماله انجام شد. طول خطوط کاشت، فاصله خطوط از یکدیگر، فاصله بذور بر روی خط و تعداد خطوط کاشت به ترتیب، ۴ متر، ۵۰ سانتی متر، ۱۰ سانتیمتر و ۵ عدد بودند و بذور در تاریخ ۱۳۸۱/۴/۲۸ کاشته شدند. کود فسفات آمونیوم و اوره مورد نیاز به ترتیب به مقدار ۱۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت نواری داده شد. پس از کاشت بذور حبوبات، بلافاصله آبیاری اول انجام شد و به منظور تسهیل و تسریع در جوانه زنی،آبیاری دوم ۴ روز پس از آبیاری اول و آبیاریهای بعدی با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه هر ۷ روز یک بار به صورت نشتی صورت گرفت.

به منظور بررسی تغییرات شاخص سطح برگ و وزن خشک در هر رقم، ۶ مرحله نمونه‌برداری در طول دوره رشد از مزرعه انجام گرفت. در هر نمونه برداری، حداقل ۴ گیاه که نمایانگر وضع گیاهان داخل هر کرت بود، برداشت شد و از آنها میانگین گرفته شد. سطح برگ گیاهان توسط دستگاه Leaf Area Meter (Delta-T, MK۲, ENGLAND) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها در پاکت های کاغذی به آون منتقل و در دمای ۷۵-۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس توزین شدند. عملکرد دانه بدون در نظر گرفتن ۰/۵ متر ابتدا و انتهای خط و دو ردیف کناری هر کرت - به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای- محاسبه گردید. برای محاسبه کارایی مصرف نور و ضریب استهلاک نوری، مقدار تابش فعال فتوسنتزی رسیده به زمین و مقدار عبور کرده از گیاه از دستگاه SunScan (Canopy Analysis System, Delta-T Devices), CAMBRIDGE-ENGELAND بین ساعت ۱۱ تا ۱ ظهر، استفاده شد.

کارایی مصرف نور با استفاده از روش Akmal و Janssens (۱) به صورت زیر محاسبه گردید. ابتدا مقدار تابش فعال فتوسنتزی جذب شده توسط گیاه توسط فرمول ۱ بدست آمد.

فرمول-۱
$$PAR_i = PAR_0 - PAR_t$$

در این فرمول PAR_i بیانگر تابش فعال فتوسنتزی جذب شده به وسیله تاج پوشش گیاه، PAR_0 تابش فعال فتوسنتزی رسیده به بالای سایه انداز، PAR_t مقدار تابش فعال فتوسنتزی در زیر سایه انداز (جذب نشده توسط گیاه) بودند. کل PAR جذب شده در طی یک هفته توسط سایه انداز گیاه، پس از محاسبه نسبت جذب (PAR_i / PAR_0) و با استفاده از اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه، با استفاده از فرمول ۲ محاسبه گردید.

SR_d در این فرمول مجموع تابش خورشیدی هفتگی بدست آمده از ایستگاه هواشناسی محلی و ۰/۴۷ سهم تابش فعال فتوسنتزی از مجموع تابش خورشیدی است (۲۳). در نهایت کارایی مصرف نور (گرم ماده خشک بر مگاژول) از شیب رگرسیون خطی مجموع زیست توده و PAR_{ID} تجمعی محاسبه شد.

ضریب استهلاک نوری با استفاده از روش Curt و همکاران (۱۰) و O'Connell و همکاران (۲۶) محاسبه شد. پس از اندازه گیری مقدار کل تابش فعال فتوسنتزی رسیده به بالای سایه انداز (PAR_0) و همچنین قسمت نفوذ کرده به پایین سایه انداز PAR_t و(PART)، نسبت تابش جذب شده به کل تابش (f) از طریق فرمول ۳ محاسبه گردید.

فرمول-۲
$$PAR_{ID} = PAR_i(SR_d * 0.47) / PAR_0$$

فرمول-۳
$$f = 1 - (PAR_t / PAR_0)$$

www.SID.ir

Archive of SID

بـا توجه بـه اینکه جذب نـور در لایه های برگ‌های گیاهـی از قانون لامبـرت- بیر (فرمول ۴) پیروی می‌کند (۲۶) و با اسـتفاده از فرمول ۵ ، معادله ۶ را می‌توان بدست آورد.

فرمول ۴- $I/I_0 = e^{-K*L}$

فرمول ۵- $f = 1 - e^{-K*L}$

فرمول ۶- $Ln(1-f) = -K*L$

که در فرمول‌ها، I_0 مقدار تابش در بالای تاج پوشـش، I مقدار تابش در زیر لایه L ام برگ، K ضریب استهلاک نوری، L شاخص سطح برگ و e پایه لگاریتم طبیعی که مساوی ۲/۷۱۸۲۸ است، می‌باشند. با توجه به توضیحات داده شـده ضریب اسـتهلاک نوری به صورت شـیب رگرسیون خطی بین Ln (۱-f) و سطح برگ محاسبه شد.

پیش از انـجام محاسـبات آماری ابـتـدا با نـرم افـزار Minitab ver 11 و SPSS ver 10 نرمال بودن داده ها ارزیابی شـد. محاسـبات آماری با اسـتفاده از نـرم افزارهـای SAS ver.6.12, MSTATC ver. 1.42 و Minitab و رسـم نمودارها و جداول آماری نیز توسـط نرم افزار EXCEL, Minitab صـورت گرفت. مقایسـه میانگین صفات مورد نظر با اسـتفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ و ۱٪ انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه حبوبات

متوسـط عملکرد دانه لوبیا چشـم بلبلی، لوبیا قرمـز و ماش به ترتیب ۸۲۵، ۸۱۸ و ۶۹۹ کیلوگرم در هکتار بود و لوبیا قرمز گلی و ناز به ترتیب با تولید ۱۱۵۴ و ۵۶۵ کیلوگرم در هکتار دانه، بیشترین و کمترین عملکردها را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). اختلاف بین ارقام لوبیا قرمز در سطح ۱٪ معنـی دار بود و در مورد ارقام ماش و ارقام لوبیا چشـم بلبلی اختلاف معنی داری مشاهده نشـد (جدول ۱). مقایسه میانگین عملکرد حبوبات با پتانسـیل عملکرد آنها در شرایط مطلوب آزمایشی در تک کشتی نشان داد لوبیا چشـم بلبلی، لوبیا قرمز و ماش به ترتیب ۴۰٪ ، ۳۷٪ و ۵۸٪ پتانسیل عملکرد تک کشتی خود را تولید کرده اند. در این میان ماش به علت دوره رشـد کوتاه تر توانست رشد خود را کامل ترکند و به پتانسیل عملکرد خود در تک کشـتی نزدیک تر شود. با این حال رقم لوبیا قرمز گلی نیز توانست بـا تولید ۵۳٪ عملکرد تک کشـتی، از بقیه ارقام لوبیا قرمز پیشـی بگیرد. در کشـت دوگانه به علت محدودیت‌هایی که بـرای هر دو محصول بوجود می‌آید، عملکرد گیاهان از کشت تنهای آنها کمتر خواهد بود. از علل اصلی کاهش عملکرد، تاخیر در کشت گیاهان و کاهش توسعه سطح برگ گیاهان است (۸).

اگرچـه کاهـش عملکرد هر یـک محصولات در کشـت دوم غیر قابل اجتناب می‌باشد، ولی کاشت هر چه سریع‌تر آنها از این زیان خواهد کاست. به عنوان مثال کاهش عملکرد سـویا به ازای هر روز تاخیر کاشت در کشت دوم تا ۶۷ کیلوگرم در هکتار نیز بیان شـده است (۵). از راهکارهای کاشت زودتر محصول تابسـتانه، انتخاب واریته زودرس گیاه زمستانه و یا برداشت زودتر محصول آن اسـت که ممکن است کشت زودتر گیاه تابستانه را ۵-۳ روز ممکن سازد (۵، ۲۷).

زیست توده هوایی تولید شده توسط حبوبات

نتایج تجزیه واریانس نشـان داد از نظر زیسـت توده هوایی تولید شده توسـط حبوبات در کشـت دوم، اختلاف بین انواع حبوبـات معنی دار بود ($p<0/05$) (جدول ۱) و در این بین لوبیا چشم بلبلی با اختلاف زیاد نسبت به ماش و لوبیا قرمز و با تولید ۵۸۷۶/۸ کیلوگرم در هکتار در رتبه اول قرار داشـت. بعد از لوبیا چشـم بلبلی، لوبیا قرمز و ماش بـه ترتیب با ۳۳۷۰/۹ و ۲۹۱۸/۶ کیلوگرم در هکتار قرار داشـتند. شـاخه دهی زیاد لوبیا چشـم بلبلی و رشـد سریع و رشـد تا آخرین روزهای فصل رشد و همچنین شکل رونده بودن آن باعث تولید حجم زیادی ازشاخ و برگ و پوشش کامل سطح زمین می‌شود (۷). در مقابل مشاهده شد که ماش و لوبیا قرمز پس از رشد کند اولیه، رشـد رویشـی خود را زودتر متوقف کردند و فقط رشـد زایشی ادامه پیدا کرد.

اختلاف بین ارقام در داخل هر یک از حبوبات در مورد لوبیا چشم بلبلی و ماش معنی دار نبود ولی بین ارقام لوبیا قرمز در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار وجود داشت (جدول ۱). از بین ارقام لوبیا قرمز، لوبیا ناز و گلی به ترتیب با تولید ۲۴۷۸ و ۴۶۶۱ کیلوگرم در هکتار کمترین و بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ۲).

تولید قابل توجه زیسـت توده توسط ارقام لوبیا چشم بلبلی، با توجه به محتوای بالای پروتئین در شـاخ و بـرگ آن، می‌تواند از نظر مصارف علوفه ای، مورد توجه قرار گیرد. همچنین تولید زیسـت توده هوایی زیاد توسـط گیاهان لگومینوز، با نسـبت کربن به نیتـروژن (C/N) پایین در حدود ۲۰، می‌تواند از نظر بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک، افزایش مقدار نیتروژن خاک و کشت به عنوان کود سبز مورد توجه قرار گیرد (۷، ۱۱).

شاخص سطح برگ و جذب نور

تمامی‌گیاهان با سپری شدن زمان، سطح برگ خود را افزایش دادند اما روند افزایش در همه گیاهان یکسان نبود. همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شـود، از هفته ششـم به بعد اختلاف در شـاخص سـطح برگ افزایش یافته و این اختلاف به علت رشـد سـریع‌تر گیاهانی مثل لوبیا چشم بلبلی در مقابل رشـد کندتر ماش و لوبیا قرمز بود. ماش و لوبیا قرمز نتوانسـتند شـاخص سـطح برگ خود را به بیش از ۲ افزایش دهند و کمترین LAI از هفته ششم به بعد (۰/۷) نیز مربوط به ماش پرتو بود. در حالیکه لوبیا چشم بلبلی در حدود ۱/۵ ماه پس از کاشت به شدت رشد کرده و LAI ارقام آن شـامل کامران، مشهد و پرستو به ترتیب، به ۵/۵، ۶/۲ و ۶/۵ رسیدند. کلیه ارقام لوبیا چشـم بلبلی پوشش تقریباً کاملی در سطح زمین ایجاد کردند و این پوشش تا اواخر رشد گیاه حفظ شد. در حالیکه ارقام ماش و لوبیا قرمز همان LAI کم را نیز نتوانستند حفظ کنند و از حدود ۲ ماه پس از کاشت تغییرات LAI تمامی ارقام این دو گیاه از یک روند کاهشی تبعیت کردند.

شـکل ۲ چگونگی جذب نور خورشـید توسط گیاهان تا ۷۷ روز بعد از کاشـت را نشـان می‌دهد. چنانچه مشاهده می‌شـود تمامی‌گیاهان با ادامه رشد، درصد بیشتری از نور خورشید را جذب کردند که علت این امر افزایش شـاخص سطح برگ و کاملتر شدن پوشـش بود. در آخرین اندازه گیری با نورسـنج (هفته یازدهم بعد از کاشـت) ارقام لوبیا چشم بلبلی، ماش و لوبیا

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- میانگین مربعات عملکرد و زیست توده حبوبات در کشت دوم

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد حبوبات (کیلوگرم در هکتار)	ماده خشک تولید شده توسط حبوبات (کیلوگرم در هکتار)
بلوک	۳	۳۱۰۵۱ n.s	۳۸۱۸۷۳۰/۴۹ n.s
گروه	۲	۲۳۷۱/۰۶	۳۰۴۷۰۵۹۸/۱۴**
خطای اول	۶	۹۴/۲	۱۰۶۲۱۱۶/۶۴
لوبیا قرمز	۲	۶۳۶/۵**	۵۲۴۲۴۰۱/۱*
لوبیا چشم بلبلی	۲	۲۵۵/۴ n.s	۱۵۳۰۷۹۹/۲ n.s
ماش	۲	۳۱۳/۵ n.s	۳۶۵۰۸۰۶/۲ n.s
خطای دوم	۱۸	۳۸/۲	۶۱۱۶۱۱/۳

n.s : غیرمعنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ ٪

جدول ۲ – مقایسه میانگین (دانکن) عملکرد و زیست توده حبوبات در کشت دوم

	لوبیا چشم بلبلی			لوبیا قرمز			ماش		
	کامران	مشهد	پرستو	گلی	ناز	صیاد	پرتو	گوهر	مهر
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۸۲۷ a	۸۴۴ a	۸۰۳ a	۱۱۵۴ a	۵۶۵ b	۷۳۴ b	۷۲۰ a	۶۲۱ a	۷۵۵ a
زیست توده هوایی (کیلوگرم در هکتار)	۵۳۸۸ a	۵۶۷۰ a	۶۵۷۲ a	۴۶۶۱ a	۲۴۷۸ b	۲۹۷۴ b	۳۱۷۷ a	۱۸۶۲ a	۳۷۱۸ a

در هر گروه حبوبات، مقادیر با حروف انگلیسی یکسان، تفاوت معنی دار (در سطح ۵٪) ندارند

قرمز به طور متوسط به ترتیب قادر به جذب ۹۰، ۳۳ و ۳۶ درصد از تابش فعال فتوسنتزی بودند. از بین تیمارها لوبیا قرمز ناز و لوبیا چشم بلبلی پرستو به ترتیب با مقادیر ۲۰ و ۹۶ درصد کمترین و بیشترین مقدار جذب را در آخرین نمونه برداری داشتند

شرایط فصلی، عملیات زراعی (مانند تاریخ کاشت، مقادیر نهاده بکار رفته، تراکم، ...) و نوع گیاه بر شاخص سطح برگ و پوشش سطح زمین تاثیر گذاشته و در نتیجه جذب تابش خورشیدی را تحت تاثیر قرار می‌دهند. مقدار جذب تابش خورشیدی توسط ارقام لوبیا چشم بلبلی ۷۰ روز بعد از کاشت با LAI=۲/۹ در حدود ۶۰-۵۰ درصد (۱۵) و ۶۶-۶۰٪ (۱۳) گزارش شده است. Wien (۳۴) بیان کرد حداکثر جذب تابش توسط لوبیا چشم بلبلی در شرایط گرمسیری مرطوب با LAI=۳ ایجاد می‌شود. ارقام گزارش شده برای درصد جذب لوبیا چشم بلبلی نسبت به مقادیر بدست آمده در این آزمایش کمتر هستند. یکی از عواملی که بر روی پوشش گیاهی و جذب تابش اثر می‌گذارد تراکم گیاهی است. به عنوان مثال در آزمایش Idinoba و همکاران (۱۵) تراکم بکار رفته برای لوبیا چشم بلبلی ۶۶۰۰۰ بوته در هکتار در مقایسه با ۲۰۰۰۰۰ بوته در هکتار در این آزمایش است.

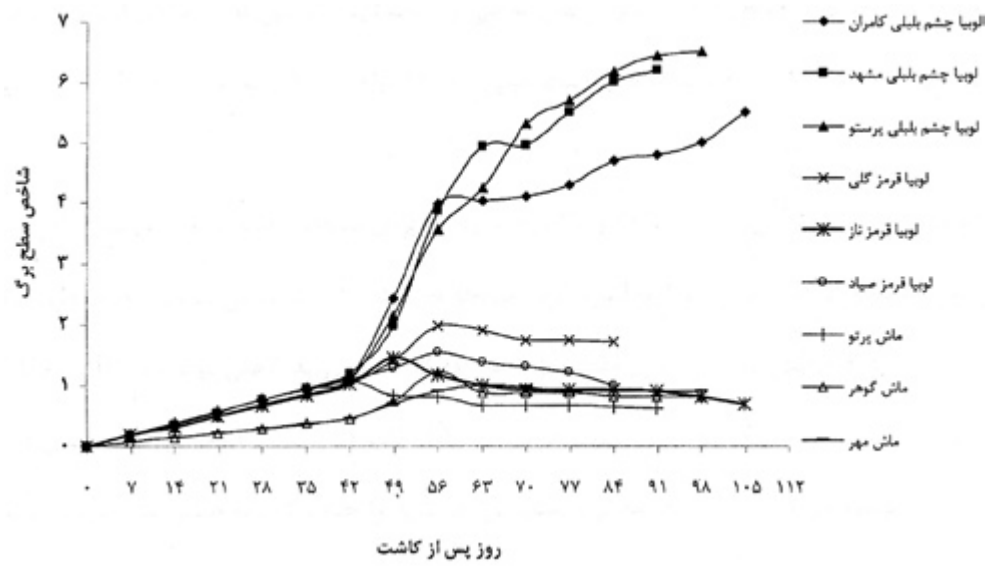
درصد جذب تابش لوبیا و ماش در این آزمایش، به ترتیب ۳۶ و ۳۳ درصد بود که برای استفاده بهینه از نور خورشید کافی نیست. از علل کم بودن درصد جذب تابش، می‌توان به سطح برگ کم این دو گیاه اشاره کرد. چنانچه در شکل ۱ مشاهده می‌شود ارقام لوبیا قرمز و ماش نتوانستند شاخص سطح برگ خود را بیش از ۲ افزایش دهند و همین مقدار نیز ۲ ماه بعد از کاشت رو به کاهش نهاد. Brian و همکاران (۸) بیان کردند در کشت دوگانه به علت تاخیر در کشت، احتمال مواجه شدن گیاه با عوامل نامساعد، تاثیر فتوپریود و همچنین کوتاه شدن دوره رشد رویشی گیاه، سطح برگ گیاه به حد مطلوب نرسیده و گیاه نمی‌تواند مقادیر مناسب نور خورشید را جذب کند. به همین علت باید مدیریت زراعی جهت استفاده بیشتر و بهتر از منابع از جمله نورخورشید، که در سطح مزرعه قابل ذخیره هم نیست، بکار برده شود که از جمله می‌توان به استفاده از ارقام با رشد سریع‌تر، بالا بردن تراکم، مدیریت خوب آفات، بیماریها و علفهای هرز و مواد غذایی کافی اشاره کرد (۲۶). به عنوان مثال تراکم بکار رفته در این آزمایش (۵۰ x ۱۰ سانتیمتر) برای تمامی‌حبوبات یکسان بود. این تراکم برای لوبیا چشم بلبلی مناسب بود اما برای لوبیا قرمز و ماش به علت اینکه رشد آنها نسبت به تک کشتی کاهش زیادی داشت، کم بود و گیاهان نتوانستند پوشش مناسبی ایجاد کنند.

کارایی مصرف نور

کارایی مصرف نور، از شیب رابطه خطی بین زیست توده هوایی تولید شده و تابش فعال فتوسنتزی تجمعی بدست آمد. نتایج تجزیه واریانس

www.SID.ir

Archive of SID

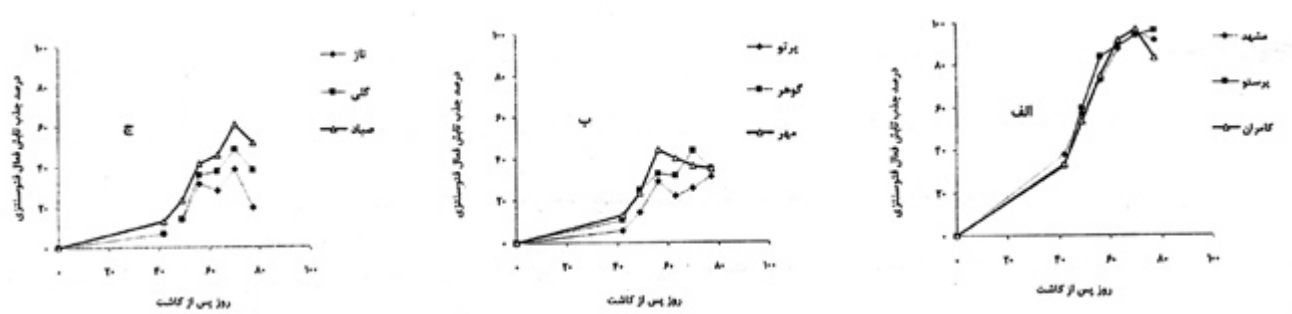


شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به زمان در ارقام مختلف حبوبات در کشت دوم

(جدول ۳) نشـان داد بین کارایی مصرف نور انواع حبوبات اختلاف معنی دار وجود دارد. ماش با مقدار ۰/۹۹ در رتبه اول و لوبیا قرمز و لوبیا چشم بلبلـی به ترتیب با ۸۲/. و ۸۴/. گرم بر مگاژول در رتبه بعدی قرار گرفتند ($p<0/05$). کارایی مصرف نور بیشـتر ماش نسبت به دو لوبیا چشم بلبلی و لوبیا قرمز نشـان دهنده این اسـت که این گیـاه در تبدیل نور به ماده خشـک بهتر عمل می‌کند و از یک واحد نور، مقدار بیشـتری زیست توده تولید می‌کند. اختلاف بین ارقام داخل هر کدام از حبوبات بجز لوبیا چشم بلبلی، در مورد لوبیا قرمز و ماش معنی دار بود ($p<0/01$) (جدول ۳). از بیـن ارقام، ماش پرتو، ماش مهر و لوبیا قرمز گلی به ترتیب با ۱/۲۹، ۱/۲۲ و ۱/۱۸ گرم بر مگاژول بیشـترین و ماش گوهر با ۴۶/. گرم بر مگاژول کمترین کارایی مصرف نور را داشـتند (جدول ۴).

در حالیکـه کارایی مصرف نور برای گونه های C_3 در حدود ۱/۸- ۱/۷ (۳۲) و ۱/۹۳ گرم بر مگاژول (۲۴) بیان شـده است، Sinclair (۳۰) حدود آن را برای حبوبات ۱/۰۲ – ۰/۸۴ می‌داند. مقادیر کارایی مصرف نور گزارش شـده بـرای لوبیا چشـم بلبلـی، ۱/۰۱ (۲۱)، ۱/۰۵ (۲۵) و ۲/۹۵ گرم بر مگاژول (۱۵) می‌باشند و مشاهده می‌شود که در این آزمایش تمامی‌مقادیر بدست آمده برای لوبیا چشم بلبلی پایین تر از مقادیر گزارش شده است. در مـورد ماش اختلاف بیـن رقم گوهر و ارقام مهر و پرتو در حدود ۰/۷۵ گرم بر مگاژول بود که بیانگر اسـتعداد متفـاوت ارقام یک گیاه در تبدیل تابش به ماده خشک می‌باشد. Muchow و همکاران (۲۵) ۰/۹۴ گرم بر مگاژول و Littleton و همـکاران (۲۱) ۱ گرم بر مگاژول را برای ماش بیان کردند که در محدوده مقادیر بدست آمده در این آزمایش قرار می‌گیرند. در مورد لوبیا قرمـز نیـز رقم گلی با ۱/۲۲ گرم بر مگاژول اختلافـی در حدود ۰/۵۵ گرم بر مگاژول با دو رقم دیگر داشـت. Coulson (۹) مقدار ۱/۶ گرم بر مگاژول را برای لوبیا ذکر کرد که مقدار گزارش شـده با اختلاف زیاد، بالاتر از ارقام بدست آمده در این آزمایش است.

اختـلاف بین مقادیر گزارش شـده برای کارایی مصـرف نور ارقام یک گونه می‌تواند به علت نوع ترکیباتی که تولید می‌کنند، باشد. به عنوان مثال



شکل ۲ - درصد جذب تابش فعال فتوسنتزی توسط ارقام لوبیا چشم بلبلی (الف)، ماش (ب) و لوبیا قرمز (ج) تا روز ۷۷ پس از کاشت

www.SID.ir

Archive of SID

تولید مقدار پروتئین و روغن بیشتر در دانه که به انرژی بیشتری نسبت به تولید کربوهیدرات‌ها احتیاج دارند، می‌تواند کارایی مصرف نور را کاهش دهد (۱۸). تغییرات کارایی مصرف نور می‌تواند به علت شرایط محیطی از جمله میزان تابش، کمبود آب، تنش مواد غذایی، بیماریها و یا دمای کم باشد (۲۶). اختلاف در تسهیم مواد بین قسمت هوایی و زیرزمینی، هنگامیکه فقط زیست توده هوایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند اثر مهمی‌بر روی محاسبه کارایی مصرف نور داشته باشد (۲۹). به هر حال چون عوامل مختلف محیطی، گیاهی و مدیریت زراعی بر روی کارایی مصرف نور بدست آمده تاثیر دارند، باید توجه داشت که مدل‌های توسعه یافته از این مقادیر فقط جهت استفاده در شرایط مشابه می‌توانند کاربرد مفیدی داشته باشند.

اگرچه کارایی مصرف نور بالاتر نشانگر استعداد بهتر گیاه در تبدیل نور به زیست توده می‌باشد، ولی تولید زیست توده و در نهایت عملکرد بستگی زیادی به مقدار تابش جذب شده توسط گیاه نیز دارد. به عنوان مثال مشاهده می‌شود که ارقام ماش مهر و پرتو نسبت به ارقام لوبیا چشم بلبلی، کارایی مصرف نور بالاتری در حدود ۰/۴ گرم بر مگاژول دارند ولی مقدار زیست توده تولیدی آنها در حدود ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کمتر است. علت این امر می‌تواند دریافت تابش کمتر توسط ارقام ماش باشد. ارقام ماش به علت شاخص سطح برگ کم (کمتر از ۲) ۷۷ روز بعد از کاشت، بیش از ۵۰٪ کمتر از ارقام لوبیا چشم بلبلی قادر به جذب تابش بودند. به نظر می‌رسد با تاریخ کاشت زودتر و بالا بردن تراکم ارقام ماش بتوان در زمان مناسب سطح برگ مناسب را ایجاد و از پتانسیل خوب بعضی ارقام ماش در استفاده از تابش خورشیدی بهره برد.

ضریب استهلاک نوری

مقدار تابش دریافت شده توسط گیاه تابعی از شاخص سطح برگ و ضریب استهلاک نوری (K) است (۲۸). ضریب استهلاک نوری که به زاویه تابش، زاویه برگ و وضعیت قرار گرفتن آن بستگی دارد، نقش مهمی‌در استفاده بهینه از نور دارد (۱۲). در این آزمایش بین ضریب استهلاک نوری انواع حبوبات، اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p<0/01$) (جدول ۳). لوبیا با ۰/۶۰۵ بالاترین مقدار را دارا بود و ماش و لوبیا قرمز به ترتیب با ۰/۴۵۸ و ۰/۳۴۴ در رتبه بعدی قرار گرفتند. اختلاف بین ضریب استهلاک گیاهان فوق می‌تواند به علت اختلاف در ساختار تاج پوشش بخصوص آرایش برگ‌ها و شاخص سطح برگ گیاهان باشد (۱۴). بین

جدول ۳- میانگین مربعات کارایی مصرف نور و ضریب استهلاک نوری حبوبات در کشت دوم

منابع تغییر	درجه آزادی	ضریب استهلاک نوری	کارایی مصرف نور (گرم بر مگاژول)
بلوک	۲	۰/۰۱۹۲۰۲۵۱ n.s	۰/۰۰۱۱۲۵۹۹ n.s
گروه	۲	۰/۱۵۴۴۵۹۵۳**	۰/۰۷۵۷۶۹۴۶*
خطای اول	۴	۰/۰۰۳۳۵۸۴	۰/۰۰۵۵۰۱۸۴
لوبیا قرمز	۲	۰/۰۸۴۵۵۸۱۲**	۰/۲۸۷۸۹۳**
لوبیا چشم بلبلی	۲	۰/۰۱۱۱۹۸۷۳ n.s	۰/۰۱۷۷۷۳ n.s
ماش	۲	۰/۰۶۳۴۷۵*	۰/۶۲۷۵۱۴**
خطای دوم	۱۲	۰/۰۱۲۱۵۷۳	۰/۰۰۶۶۸۷

n.s : غیرمعنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ ٪

جدول ۴ – مقایسه میانگین (دانکن) کارایی مصرف نور و ضریب استهلاک نوری حبوبات در کشت دوم.

	لوبیا چشم بلبلی			لوبیا قرمز			ماش		
	کامران	مشهد	پرستو	گلی	ناز	صیاد	پرتو	گوهر	مهر
کارایی مصرف نور (گرم بر مگاژول)	۰/۷۷ a	۰/۸۳۶ a	۰/۹۲۴ a	۱/۱۷۵ a	۰/۶۰۲ b	۰/۶۸۵ b	۱/۲۹ a	۰/۴۶۳ b	۱/۲۲ a
ضریب استهلاک نوری	۰/۶۵۳ a	۰/۵۳۹ a	۰/۶۱۳ a	۰/۱۷۹ b	۰/۳۳۷ ab	۰/۵۱۵ a	۰/۳۲ b	۰/۶۱ a	۰/۴۴۵ ab

در هر گروه حبوبات، مقادیر با حروف انگلیسی یکسان، تفاوت معنی‌دار ندارند

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب اســتهلاک نوری ارقام لوبیا قرمز و ماش اختلاف معنی دار مشــاهده شد (به ترتیب $p<0/01$ و $p<0/05$) و بین ارقام لوبیا چشم بلبلی اختلاف معنی داری وجود نداشــت. از بین ارقام لوبیــا قرمز، گلی با ۰/۱۷۹ و صیاد با ۰/۵۱۵ کمترین و بیشــترین و از بین ارقام ماش، پرتو با ۰/۳۲ و گوهر با ۰/۶۱ کمترین و بیشترین مقدار را دارا بودند. Jones (۱۶) بیان کرد مقدار K ممکن است از ۰/۳ تا ۱/۵ تغییر کند که این بستگی به وضعیت قرار گرفتن برگ‌ها و زاویه آنها در تاج پوشش دارد. Pengelly و همکاران (۲۸) مقادیر K برای ماش، ســویا و لوبیا چشم بلبلی را ۰/۴ تا ۰/۸، Wien (۳۴) برای لوبیا چشــم بلبلی ۰/۸۵ و برای لوبیا معمولی ۰/۷ و Tsubo و همکاران (۳۱) نیز مقدار ۰/۶۴ را برای لوبیا معمولی گزارش کردند. در مورد لوبیا چشم بلبلی، ارقام بدست آمده در محدوده اعداد گزارش شده می‌باشد ولی در مورد لوبیا قرمز نتایج بدســت آمده پایین تر از اعداد گزارش شــده است. از علل پایین بودن مقدار K در بعضی ارقام لوبیا چشم قرمز و ماش، می‌توان به کم بودن تراکم این گیاهان و ایجاد شاخص سطح برگ کم اشاره کرد.

Kiniry و همکاران (۱۹) بیان کردند در گیاهان C_3 ســرعت رشد با k همبســتگی منفی دارد. در این رابطــه Bell و همکاران (۴) در بادام زمینی نشــان دادند با افزایش K از ۰/۳ به ۱، کارایی مصــرف نور از ۲/۷۵ به ۱/۵ گرم بر مگاژول کاهش یافت. در عکس العمل مشــابهی در مورد گراس‌های C_4 مشــاهده شد که در این گیاهان LAI بالا و K کم باعث افزایش کارایی مصــرف نور و LAI کــم و K بالا باعث کاهش کارایی مصرف نور می‌شــود (۱۹). در مقایسه LAI، K و LUE گیاهان در این آزمایش (شکل ۱ و جدول ۴)، در مورد لوبیا چشــم بلبلی، رابطه خاصی بین این ســه صفت مشــاهده نشد. در مورد لوبیا قرمز، مقایسه بین رقم گلی با ارقام ناز و صیاد نشان داد، با افزایش ســطح برگ رقم گلی نســبت به دو رقم دیگر در حدود ۲ برابر و کاهش ضریب اســتهلاک نوری تا ۲/۲ برابر، کارایی مصرف رقم گلی نسبت بــه دو رقــم دیگر در حدود ۱/۸ برابر افزایش یافت. روند مشــابهی در مورد ماش مهر و گوهر اتفاق افتاد. با افزایش شاخص سطح برگ و کاهش ضریب اســتهلاک رقم مهر نسبت به رقم گوهر، کارایی مصرف نور این رقم افزایش قابــل توجهی (در حــدود ۲ برابر) داشــت. نتایج مذکور، گــزارش Kiniry و همــکاران (۱۹) را تاییــد کرد. Kiniry و همــکاران (۲۰) نیز بیان کردند کاهش مقدار k (برگ‌های عمودی بیشتر) برای اجازه نفوذ نور به داخل تاج پوشــش و برخورد نور به برگ‌های بیشتر در مقادیر کم تابش باعث افزایش ســرعت تبادل کربن می‌شود که این عامل باعث افزایش کارایی مصرف نور در گیاهانی که منبع در آنها محدود است، خواهد شد.

سپاسگزاری

بدین وســیله از معاونت پژوهشی دانشــگاه تهران که هزینه اجرای این تحقیق را پرداخت نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

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

2- Alvey, S., M. Bagayoko, G. Neumann and A. Buerkert. 2000; Cereal/legume rotation in two West African soils under controlled conditions. Plant and Soil, 231: 45–54.

3- Bagayoko, M., A. Buerkert, G. Lung, A. Bationo and V. Römheld. 2000; Cereal/legume rotation effects on cereal growth in Sudano-Sahelian West Africa: Soil mineral nitrogen, mycorrhizae and nematodes. Plant and Soil, 218: 103-116.

4- Bell, M. J., G. C. Wright, G. R. Harch. 1993; Environmental and agronomic effects on the growth of four peanut cultivars in a subtropical environment I. Dry matter accumulation and radiation use efficiency. Experimental Agriculture, 29: 473–490.

5- Beuerlein, J. 2001; Double- cropping soybeans following wheat. Ohio State University Extension Fact Sheet.

6- Black, C. and C Ong. 2000; Utilization of light and water in tropical agriculture. Agricultural and Forest Meteorology, 104: 25-47.

7- Braunwart, K., D. Putnam and G. Fohner. 2001; Alternative annual forages. Proceedings 31st California Alfalfa and Forage Symposium, 2001.

8- Brian P. J., L. David, B. Holshouser, M. A. Marcus, J. K. F. Roygardc and C. M. Anderson-Cookd. 2003; Double-crop soybean leaf area and yield responses to mid-Atlantic soils and cropping systems. Agronomy Journal, 95:436-445.

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

10- Curt, M. D., J. Fernandez and M. Martinez .1998; Productivity and radiation use efficiency of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. Keller in central Spain. Biomass and Bioenergy. 14: 169-178.

11- Davis, D.W., E.A. Oelke, E.S. Oplinger, J.D. Doll, C.V. Hanson, and D.H. Putnam. 1991; Alternative field crop manual. Minnesota Extension Service Publication.

12- De Wit, C. T. 1965; Photosynthesis of leaf canopies. Agricultural Research Report, 663. Pudoc, Wageningen, 57 pp.

13- Gillbert, R. A., J. L. Heilman and A. S. R. Juo. 2003; Diurnal and seasonal light transmission to cowpea in sorghum cowpea intercrops in Mali. Journal of Agronomy and Crop Science. 189: 21- 29.

14- Goudriaan, J. 1988; The bare bones of leaf-angle distribution in radiation models for canopy photosynthesis and energy exchange. Agriculturel and Forest Meteorology, 34: 155–169.

15- Idinoba, M. E., P. A. Idinoba and A. S. Gbadegesin. 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.

16- Jones, H. G., 1992; Plants and Microclimate, 2nd Edition.

www.SID.ir

Archive of SID

A quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge University Press, Cambridge.

17- Kessel, C. V. and C. Hartley. 2000; Agricultural management of grain legumes: Has it led to an increase in nitrogen fixation?. Field Crops Research, 65:165-181.

18- Kiniry, J. R., C. A. Jones, J. C. O'Toole, R. Blanchet, M. Cabelguenne and D. A. Spanel. 1989; Radiation-use efficiency in biomass accumulation prior to grain-filling for five grain-crop species. Field Crops Research, 20: 51-64.

19- Kiniry, J. R., C. R. Tischler, and G. A. van Esbroeck. 1999; Radiation use efficiency and leaf $C0_2$ exchange for divers C_4 grasses. Biomass and Bioenergy.17: 95-112.

20- Kiniry, J. R., C. E. Simpson, A. M. Schubert and J. D. Reed. 2004; Peanut leaf area index, light interception, radiation use efficiency, and harvest index at three sites in Texas. Field Crops Research, Article in press.

21- Littleton E. J., M. D. Denneth, J. L. Monteith and J. Elston.1979; The growth and development of cowpeas *(Vigna unguiculata)* under tropical field conditions. 2. Accumulation and partition of dry weight. Journal of Agricultural Science, 93: 309–326.

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

23- Meek, D. W., J. A. Hatfield, T. A. Howell, S. B. Idso, and J. R. Reginato. 1984; A generalized relationship between photosynthetically active radiation and solar radiation. Agronomy Journal, 76: 936–945.

24- Monteith, J. L. 1978; Reassessment of maximum growth rates for C3 and C4 plants. Experimental Agriculture, 14: 1-5.

25- Muchow, R. C., M. J. Robertson and B. C. Pengelly. 1993; Radiation use efficiency of soybean, mung bean and cowpea under different environmental conditions. Field Crops Research, 32: 1-16.

26- O'Connell, M. G., G. J. O'Leary, D.M. Whitfield and D.J. Connor. 2004; Interception of photosynthetically active radiation and radiation-use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. Field Crops Research, 85: 111–124.

27- Parsch, L. D., M. J. Cochran, K. L. Trice, H. D. Scott, J. Hanks and J. T. Richie. 1991; Biophysical simulation of wheat and soybean to assess the impact of timeliness on double cropping economics. Modeling Plant and Soil Systems, 31: 511-534.

28- Pengelly, B. C., F. P. C. Blamey and R. C. Muchow. 1999; Radiation interception and the accumulation of biomass and nitrogen by soybean and three tropical annual forage legumes. Field Crops Research, 63: 99-112.

29- Siddique, K. H. M., R. K. Belford, M. W. Perry and D. Tennant. 1989; Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. Australian Journal of Experimental Agriculture, 40: 473–487.

30- Sinclair, T. R. 2004; Increasing yield potential of legume crops – similarities and contrasts with cereals. 4th International Crop Science Congress. Brisbane. 2004.

31- Tsubo, M., S. Walker and E. Mukhala. 2001; Comparison of radiation use efficiency of mono-/inter –cropping systems with different row orientations. Field Crop Research, 71: 17-29.

32- Versteeg, M. N. and H. Keulen. 1986; Potential crop production prediction by some simple calculation methods, as compared with computer simulations. Agricultural Systems, 19: 249-272.

33- Wani, S. P., O. p. Rupela and K. K. Lee. 1995; Sustainable agriculture in the semi-arid tropic through biological nitrogen fixation in grain legumes. Plant and Soil, 174: 29-49.

34- Wien, H. C. 1982; Dry matter production, leaf area development and light interception of cowpea lines with broad and narrow leaflet shape. Crop Science, 22: 733-737.

www.SID.ir