نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۱، بهار ۱۳۸۹، ص. ۹۴-۸۵

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 1, Spning 2010, p. 85-94

بررسی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان رویشی (*Ocimum basilicum* L.)

یاسر علی زاده[1*]، علیرضا کوچکی[2] و مهدی نصیری محلاتی[2]

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۷
تاریخ پذیرش:۸۹/۳/۲۲

چکیده

به منظور بررسی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان رویشی (*Ocimum basilicum* L.)، آزمایشی در سال زراعی۸۷- ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و پنج تیمار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: (۱- کشت خالص لوبیا، ۲- کشت خالص ریحان، ۳- کشت مخلوط نواری چهار ردیف ریحان و دو ردیف لوبیا ، ۴- کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا و دو ردیف ریحان و ۵ - کشت مخلوط ردیفی). برداشت گیاه ریحان در دو چین انجام گرفت. در این آزمایش میزان جذب نور در تیمارهای کشت مخلوط به طور معنی داری بالاتر از کشت خالص بود. کارایی مصرف نور لوبیا در کشت ردیفی (۲/۴ گرم بر مگاژول) بالاتر از تیمارهای دیگر بود و کمترین کارایی نور لوبیا درتیمار ۴ردیف ریحان و ۲ردیف لوبیا با ۱/۶ گرم بر مگاژول به دست آمد. در برداشت اول گیاه ریحان، کشت خالص کارایی نور بالاتری نسبت به تیمارهای دیگر داشت (۱/۲۷ گرم بر مگاژول). به طور کلی در چین دوم کارایی مصرف نور در تمامی تیمارها بالاتر از چین اول بود و کشت ردیفی با ۳/۴ گرم بر مگاژول بالاترین کارایی مصرف نور را به خود اختصاص داد. ضریب استهلاک نوری در این آزمایش برای ریحان ۰/۴۷ و برای لوبیا ۰/۵۵ به دست آمد. بالاترین شاخص سطح برگ لوبیا (۴/۳) در کشت خالص حاصل شد. بالاترین شاخص سطح برگ ریحان (۳/۲) در برداشت اول در کشت نواری با ۴ ردیف ریحان و در چین دوم در کشت خالص (۲/۵) بدست آمد.

واژه های کلیدی: ضریب استهلاک نوری، شاخص سطح برگ، کشت مخلوط ردیفی، کشت مخلوط نواری

مقدمه

در نظام‌های چند کشتی، همواره باید به دنبال روش هایی برای افزایش تولید عملکرد در گیاهان بود از روش‌های مهم برای رسیدن به این امر بالا بردن بهره‌وری استفاده از منابع طبیعی مانند آب و مواد غذایی خاک، تشعشع خورشید، دی اکسید کربن اتمسفر و استفاده موثر از سطح زمین های کشاورزی می باشد. از این منابع طبیعی، نور که قابل ذخیره شدن نیست می‌تواند محدودیت بیشتری را در پی داشته باشد (Awal et al., 2006)، نور یکی از منابع طبیعی مهم می‌باشد که با افزایش کارایی آن می‌توان سطح تولید محصولات را افزایش داد (Awal et al., 2006). میزان زمین های قابل کشت در طی سال های اخیر به دلیل شهرسازی و سرعت بالای صنعتی شدن، کاهش یافته است و این به همراه قوانین ارث و میراث در بسیاری از کشورها موجب هرچه کوچک تر شدن قطعات زمین‌های کشت به ویژه در آفریقا و آسیا شده است (Faostat, 2008). در چنین شرایطی ممکن است بیش از افزایش تولید یک محصول، تولید تعداد بیشتری محصول که مورد نیاز کشاورزان در چنین مناطقی می باشد در این زمین‌های کوچک مدنظر قرار گیرد و زمینه بسیار مناسبی برای استفاده از شیوه‌های چند کشتی وجود دارد (Ceotto & Castelli, 2002).

کشت مخلوط یک روش مناسب برای افزایش استفاده بهینه از نور خورشید می باشد به علاوه بسیاری از مطالعات مبنی بر افزایش استفاده از انرژی خورشیدی در کانوپی کشت مخلوط انجام گرفته است (Tsubo et al., 2001، Black & Ong, 2000). در کشت مخلوط استفاده ترکیبی از گیاهان مختلف به شکل هندسی کانوپی این گیاهان بسیار وابسته بوده و علاوه بر آن شرایط محیطی، مدیریت، طول دوره رشد گیاه، مسایل اقتصادی و ثبات و پایداری نیز

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
(*- نویسنده مسئول: Email: ya_al993@stu-mail.um.ac.ir)

موثر می‌باشند (Conolly et al., 2001).

در شرایط مطلوب زراعی که هیچ عامل محدود کننده دیگری وجود ندارد بین وزن خشک تولیدی با میزان نور جذب شده، به ویژه تشعشع فعال فتوسنتزی[1] (PAR) جذب شده یک رابطه خطی وجود دارد (Gallagher& Biscoe, 1978). شیب رگرسیون خطی بین جذب تشعشع تجمعی و بیوماس تولیدی گیاه، کارایی مصرف نور را تعیین می کند (Ceotto & Castelli, 2002). همچنین با توسعه این رابطه ساده در گیاهان، از آن به عنوان مدل استفاده می شود. به عنوان مثال توسوبو و والکر (Tsubo & Walker, 2002) بیان کرده‌اند که تولید ماده خشک در شرایط بدون تنش تابعی از زمان و تلفیقی از میزان تشعشع فعال فتوسنتزی دریافت شده، کسری از تشعشع که توسط گیاه جذب می‌شود و کارایی استفاده از تشعشع جذب شده در تبدیل به ماده خشک می‌باشد و همچنین در گیاهان زراعی که عملکرد اقتصادی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، جزء شاخص برداشت نیز به عوامل فوق اضافه می‌شود. بسیاری از مدل های استفاده شده برای ارزیابی کارایی نور در گیاهان بر اساس قانون بیر می باشند که این قانون به طور کامل در لایه های مختلف در کانوپی کشت مخلوط قابل استفاده می‌باشد (McMurtrie & Wolf, 1983). ضریب استهلاک نوری (K) یکی از اجزا اصلی در قانون بیر بوده که میزان ممانعت گیاه از عبور نور را نشان می‌دهد. ضریب استهلاک نوری تحت تاثیر شاخص سطح برگ، شیب برگ، زاویه خورشید در بالاترین نقطه خود و زاویه برگ قرار دارد (Graf et al., 1990; Keating & Carberry, 1993). با این حال در بسیاری از مدل ها ضریب استهلاک نوری را چندان تاثیر گذار ندانسته و آن را وارد نمی کنند (Rimmington, 1984; Rimmington, 1985). در کل بهبود بهره وری استفاده از نور هم می تواند در اثر بیشتر شدن جذب نور باشد و هم بالاتر رفتن کارایی مصرف نور (Willey, 1990). به طور معمول جذب نور در شرایط کشت چند گیاه به جای یک گیاه افزایش می یابد چون هم زمان بیشتری و هم از نظر مکانی فضای بیشتری تحت پوشش گیاه زراعی قرار می گیرد (Keating & Carberry, 1993). اما در مورد کارایی مصرف نور نمی‌توان قویاً عنوان نمود که در کشت های مخلوط بالاتر از کشت های خالص می باشد بلکه این موضوع به اجزای کشت مخلوط وابسته بوده و اینکه چه گیاهانی و در چه شرایطی در کنار هم قرار گرفته اند (Fukai & Trenbath, 1993). کسری از تشعشع فعال فتوسنتزی که توسط کانوپی گیاهان مختلف در کشت مخلوط جذب می‌گردد بیشترین وابستگی را به شاخص سطح برگ و ساختار کانوپی دارد (Bastiaan et al., 2000). اگرچه اندازه گیری نور جذب شده توسط هریک از گیاهان مختلف در کشت مخلوط کار دشواری است ولی مدل های مختلفی برای محاسبه آن وجود دارد (Tsubo et al., 2005; Wilkerson et al., 1990).

کشت گیاهان دارویی و معطر از دیرباز از جایگاه ویژه ای در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران برخوردار بوده است و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری نقش مهمی ایفا می‌کرده‌اند (Koocheki et al., 2004). گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله و اسانس دار از خانواده نعناع می باشد (Omidbeigi, 2000) که این خانواده بیشترین تعداد گونه‌های کشت شده در ایران را دارا می‌باشد (Koocheki et al., 2004). نقش بقولات نیز به عنوان منبع مهمی در جیره غذایی انسان، تغذیه دام و افزایش حاصلخیزی خاک شناخته شده است (Bhatti et al., 2006). لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مهم‌ترین گیاه خانواده بقولات به شمار می رود که با توجه به پروتئین بالا وسایر خصوصیات زراعی بالاترین سطح کشت را بین حبوبات به خود اختصاص داده است (Majnoon hosseini, 1993). کشت مخلوط بقولات با گیاهان دارویی توسط بسیاری از محققین مطالعه شده است و بسیاری از آن‌ها افزایش بهره وری در استفاده از منابع را گزارش کرده‌اند (Singh & Maeffei & Mucciarelli, 2003; Ram, 1991). در شرایط کشت مخلوط ریحان رویشی و لوبیا شرایط به گونه‌ای است که با برداشت ریحان در شرایط کشت مخلوط زمین کاملاً خالی از گیاه نمانده و حضور گیاه دوم مانع از هدر روی تمامی منابع نوری رسیده به سطح زمین می گردد واین چیزی است که در کشت ریحان خالص وجود ندارد به طور کلی حضور چند گیاه در کشت مخلوط نسبت به یک گیاه در کشت خالص می تواند در صورت انتخاب درست گیاهان میزان جذب نور را از نظر زمانی و مکانی افزایش داده و بهره وری بالاتری از منابع نوری را به همراه داشته باشد (Keating & Carberry, 1993). در همین راستا این آزمایش به منظور بررسی کارایی مصرف نور در کشت مخلوط لوبیا و ریحان رویشی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد. این مزرعه در سال قبل زیر کشت گیاه جو قرار گرفته بود. شرایط شیمیایی خاک در سال مورد آزمایش به شرح زیر بود (جدول۱).

1- Photosynthetically active radiation

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه

Table 1-Soil chemical properties for field trial

نیتروژن (ppm) Nitrogen (ppm)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (ppm) Potassium (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC(dS/m)
15.5	25	119	7.47	1.2

آزمایش بصورت طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و پنج تیمار اجرا شد. تیمارها شامل (کشت خالص ریحان ، کشت خالص لوبیا، کشت مخلوط نواری چهار ردیف ریحان+ دو ردیف لوبیا ، چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان و کشت مخلوط ردیفی (یک به یک) بودند. در این آزمایش هر بوته لوبیا معادل با ۱/۵ بوته ریحان بود و در نتیجه فاصله دو بوته در روی ردیف چه در کشت مخلوط و چه در کشت خالص یکسان بوده و تراکم ها با افزایش و یا کاهش تعداد ردیف ایجاد شده بود.

کرت‌هایی به ابعاد ۵×۳ متر مربع ایجاد شد و در هر کرت شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ cm از یکدیگر در نظر گرفته شد و بذور ریحان از توده بومی مشهد بوده که به فاصله ۶/۵cm روی ردیف ها (تراکم ۳۰ بوته در متر مربع) و عمق ۲-۳ سانتی متر، و بذور لوبیا از رقم ناز بوده که به فاصله ۱۰cm روی ردیف ها (تراکم ۲۰ بوته در متر مربع) و عمق ۵ سانتی متر در۱۰ اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۷ کاشته شد. فاصله بین کرت ها نیز در هر بلوک ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر ۱۰ روز یکبار بصورت نشتی صورت گرفت. عملیات تنک کاری به منظور رسیدن به تراکم مورد نظر در مرحله ۳-۴ برگی گیاهان انجام گرفت. مبارزه با علف های هرز به صورت دستی در ۴ نوبت انجام گرفت ضمنا به منظور بررسی آزمایش در شرایط کم نهاده و بیشتر نمود پیدا کردن تاثیر تثبیت نیتروژن گیاه لوبیا در کشت مخلوط از هیچگونه کود (اعم از شیمیایی و غیر شیمیایی) در تیمارها استفاده نشد و به دلیل عدم نیاز سم نیز به کار نرفته بود. برداشت لوبیا در ۱۵ مرداد ماه انجام گرفته و ریحان در دو چین برداشت گردید که چین اول در ۲۰ تیر ماه در ارتفاع ۸-۱۰ سانتی متری سطح زمین قطع گردید و چین دوم در حدود یکماه پس از چین اول در تاریخ ۲۵ مرداد صورت گرفت.

در ابتدای فصل هر کرت به دو قسمت تقسیم شد که در یک قسمت نمونه گیری های تخریبی و قسمت دیگر به برآورد عملکرد اختصاص گرفت. ۵۵ روز پس از کاشت تا اوایل رسیدگی، هر هفته یک بار از هرگیاه سه بوته به طور کاملا تصادفی برای اندازه گیری سطح برگ و وزن خشک برداشت شد. برای اندازه گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (مدل Li-Cor) استفاده گردید و جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان کافی قرار می‌گرفتند.

برآورد مقادیر LAI روزانه لوبیا از طریق برازش معادله زیر بدست آمد (Hosseinpanahi, 2008).

معادله (۱) $y = a + b \times 4 \times (\exp(-(x-c)/d))/(1+\exp(-(x-c)/d))^2$

a: عرض از مبداء، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI ، c: حداکثر LAI و d: نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود.

برآورد روزانه مقادیر ریحان با توجه به چین رویشی در ریحان و ثابت نشدن LAI از معادله خطی استفاده شده است.

میزان نور بالا و پائین کانوپی توسط دستگاه SSI- UM -Sunscan مدل 1.05 همزمان با نمونه برداری‌های سطح برگ و ماده خشک اندازه گیری شد. انداز ه‌گیری‌ها در سه نقطه از هر کرت و در فاصله ساعات ۱۱ تا ۱۳ انجام گرفت.

با توجه به معادله (۲) و با داشتن شاخص سطح برگ و اندازه گیری نور در بالا و پایین کانوپی ، ضریب استهلاک نوری (K) با رگرسیون گیری از لگاریتم طبیعی مقدار نور عبور کرده (I_i / I_0) در مقابل شاخص سطح برگ به دست آمد، قابل ذکر است که محاسبه ضریب خاموشی در تیمارهای خالص انجام گرفت (Keating & Carberry, 1993).

$$\frac{I_i}{I_0} = e^{-k.LAI}$$ معادله (۲)

I.: مقدار تشعشع در بالای کانوپی، Ii: مقدار تشعشع در پایین کانوپی، K: ضریب استهلاک نوری، LAI: شاخص سطح برگ.

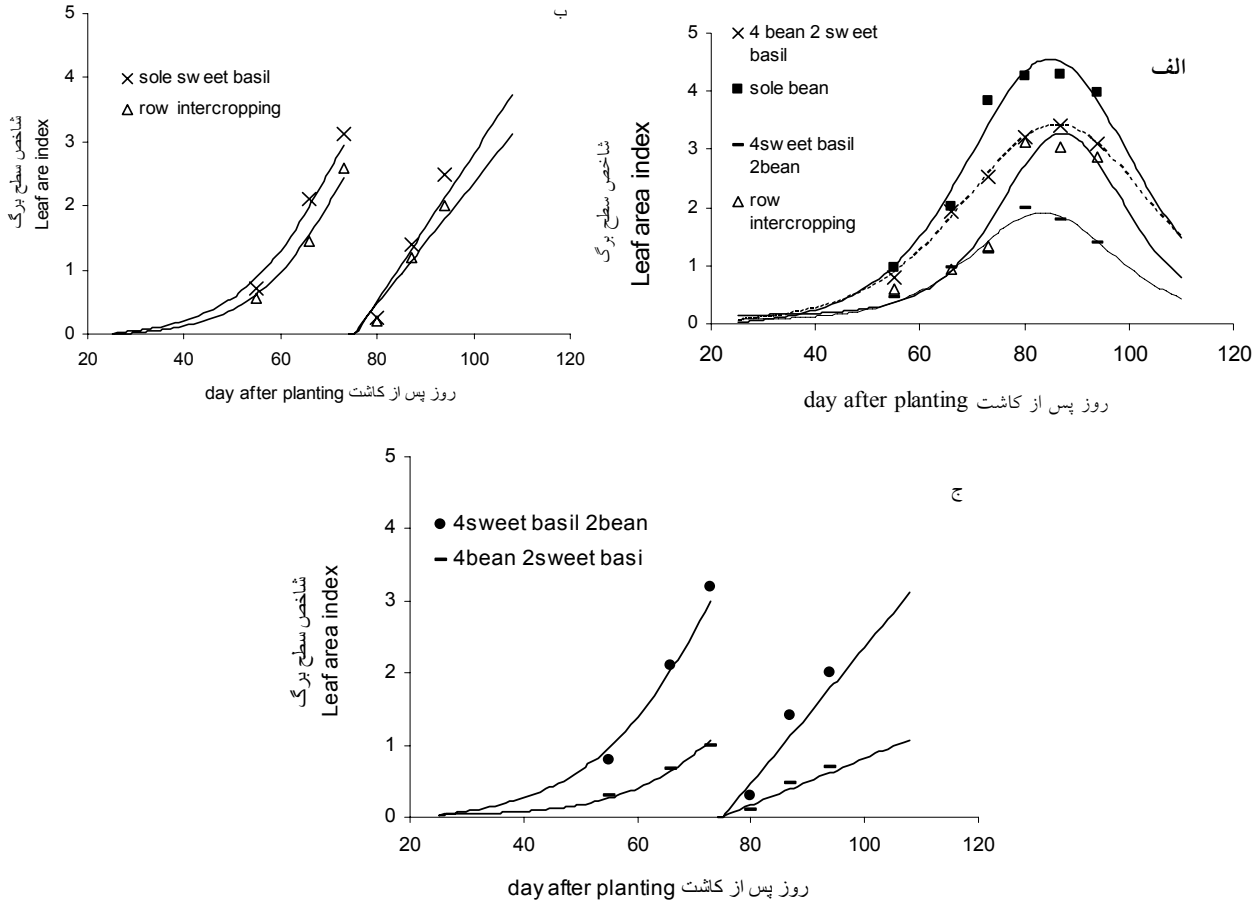
با استفاده از ساعت آفتابی استخراج شده از موسسه اقلیم شناسی استان خراسان برای عرض جغرافیایی مشهد، میزان تشعشع روزانه خورشیدی از روش خودریان و فان لار محاسبه گردید (Nassiri, 2000).

نور جذب شده روزانه برای هر دو گونه بر اساس معادلات ۳ تا ۵ محاسبه شد (Francescangeli et al., 2006).

$$I_i = I_\circ \cdot (1 - \exp^{((-Kb.Lb) + (-Ks.Ls))})$$ معادله (۳)

$$I_s = I_i \left(\frac{(K_s L_s)}{((K_s L_s) + (K_b L_b))}\right)$$ معادله (۴)

$$I_b = I_i - I_s$$ معادله (۵)



شکل۱- تاثیر تیمارهای مختلف بر شاخص سطح برگ، الف: گیاه لوبیا، ب و ج: گیاه ریحان
Fig.1- The effect of different treatments on leaf area index in A: bean B and C: sweet basil

در این معادلات، I_0: مقدار تشعشع رسیده به بالای کانوپی، I_i: مقدار تشعشع جذب شده در کل مخلوط، I_s: مقدار تشعشع جذب شده توسط ریحان، I_b: مقدار تشعشع جذب شده توسط لوبیا، K_s: ضریب خاموشی نور ریحان، K_b: ضریب خاموشی نور لوبیا، L_s: شاخص سطح برگ ریحان و L_b شاخص سطح برگ لوبیا می‌باشد.

در نهایت کارایی مصرف نور از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع تجمعی (مگاژول بر متر مربع) محاسبه گردید (Tsubo & Walker, 2002).

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف لوبیا و ریحان

تا حدود ۶۰ روز پس از کاشت اختلاف زیادی بین تیمارهای مختلف از نظر LAI وجود نداشت (شکل ۱-الف). ولی پس از آن و با شروع رشد سریع لوبیا، اختلاف بین تیمارها مشخص گردید به خصوص اینکه حدود ۷۴ روز پس از کاشت که برداشت رویشی ریحان انجام گرفت، شاخص سطح برگ در تیمارهای کشت مخلوط افزایش چشم گیری داشت به خصوص کشت مخلوط ردیفی چون با برداشت ریحان بیشترین فضا در این تیمار برای لوبیا فراهم شد وافزایش سطح برگ در تیمار ردیفی زیاد بود. بالاترین شاخص سطح برگ در کشت خالص لوبیا بود (۴/۳) که البته با توجه به تراکم بالاتر در این تیمار طبیعی به نظر می رسد و کمترین شاخص سطح برگ لوبیا در تیماری به دست آمد که لوبیا در آن کمترین تراکم را داشت. در کشت مخلوط لوبیا با ذرت نیز کاهش سطح برگ لوبیا در کشت مخلوط گزارش شد (Tsubo & Walker, 2002).

شاخص سطح برگ ریحان در چین اول در تیمار چهار ردیف ریحان+ دو ردیف لوبیا (۳/۲) بالاتر از تمامی تیمارها بود که برتری این تیمار نسبت به تیمار کشت خالص با توجه به تراکم پایین تر می‌تواند دو دلیل عمده داشته باشد یکی کاهش رقابت درون گونه ای در کشت مخلوط و دیگری اثرات مثبت گیاه لگوم برای ریحان در

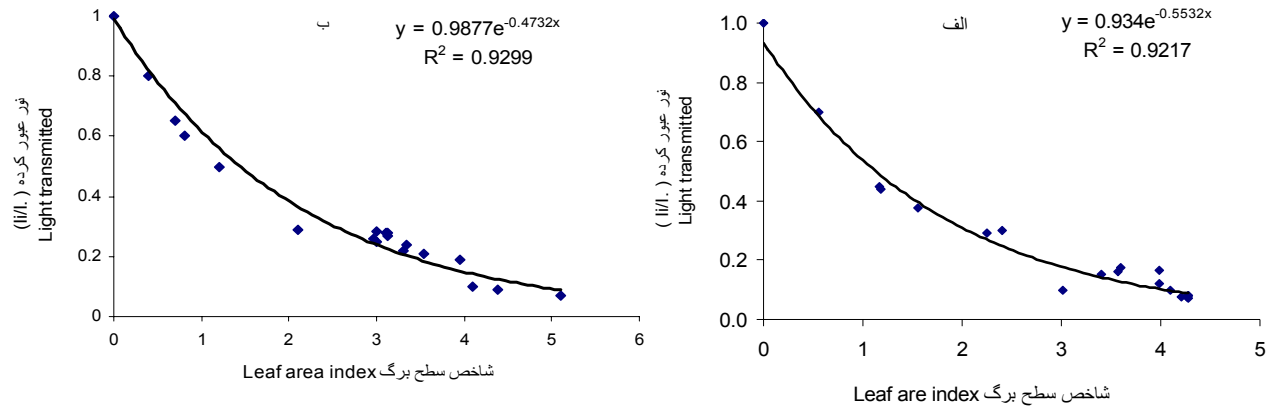
کشت مخلوط ولی درچین دوم ریحان خالص به طور جزیی از تیمارهای کشت مخلوط شاخص سطح برگ بالاتری را به دست آورد و LAI تقریبا به ۲/۵ رسید که دلیل عمده این بود که پس از برداشت ریحان در کشت مخلوط سایه اندازی لوبیا برای ریحان یک عامل کاهش دهنده شاخص سطح برگ ریحان بود به طوریکه کمترین شاخص سطح برگ ریحان در کشت مخلوط چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان در چین دوم به دست آمد در کشت مخلوط مرزه و شبدر ایرانی بالاترین LAI شبدر در کشت مخلوط بود و در کمترین تراکم مرزه، شبدر بالاترین سطح برگ را دارا بود ولی با افزایش تراکم مرزه سطح برگ شبدر کاهش یافت (Hasanzadeh aval, 2007).

ضریب استهلاک نوری در دو گیاه لوبیا و ریحان

ضریب استهلاک نوری برای لوبیا ۰/۵۵ و برای ریحان نیز ۰/۴۷ به دست آمد (شکل۲) گزارشات قبلی نیز میزان ضریب استهلاک نوری لوبیا را ۰/۶۴ (Tsubo & Walker, 2002) ودر برخی دیگر از ۰/۴تا ۰/۸ متغییر اعلام کرده اند (Pengelly et al., 1999). از آنجاییکه ارقام مورد استفاده در آزمایشات مختلف یکسان نبوده و همین طور در شرایط مختلفی این آزمایشات انجام گرفته است اختلافات بین این نتایج در آزمایش‌های مختلف طبیعی به نظر می رسد. ضریب استهلاک نوری تحت تاثیر شرایط محیطی، زاویه خورشید در زمانی که در بالاترین نقطه آسمان قرار دارد، شیب برگ، زاویه برگ و شاخص سطح برگ قرار دارد (Graf, 1990، Keating & Carberry, 1993). از طرفی بیان شده است تراکم های متفاوت نیز می تواند بر ضریب استهلاک نوری تاثیر داشته باشد به طوریکه با افزایش تراکم در کلم بروکلی به دلیل عمودی تر شدن برگ ها و افزایش ارتفاع از میزان ضریب استهلاک نوری کاسته شد (Francescangeli et al., 2006). همه اینها تغییر بالای ضریب استهلاک نوری تحت شرایط مختلف را نشان می دهد

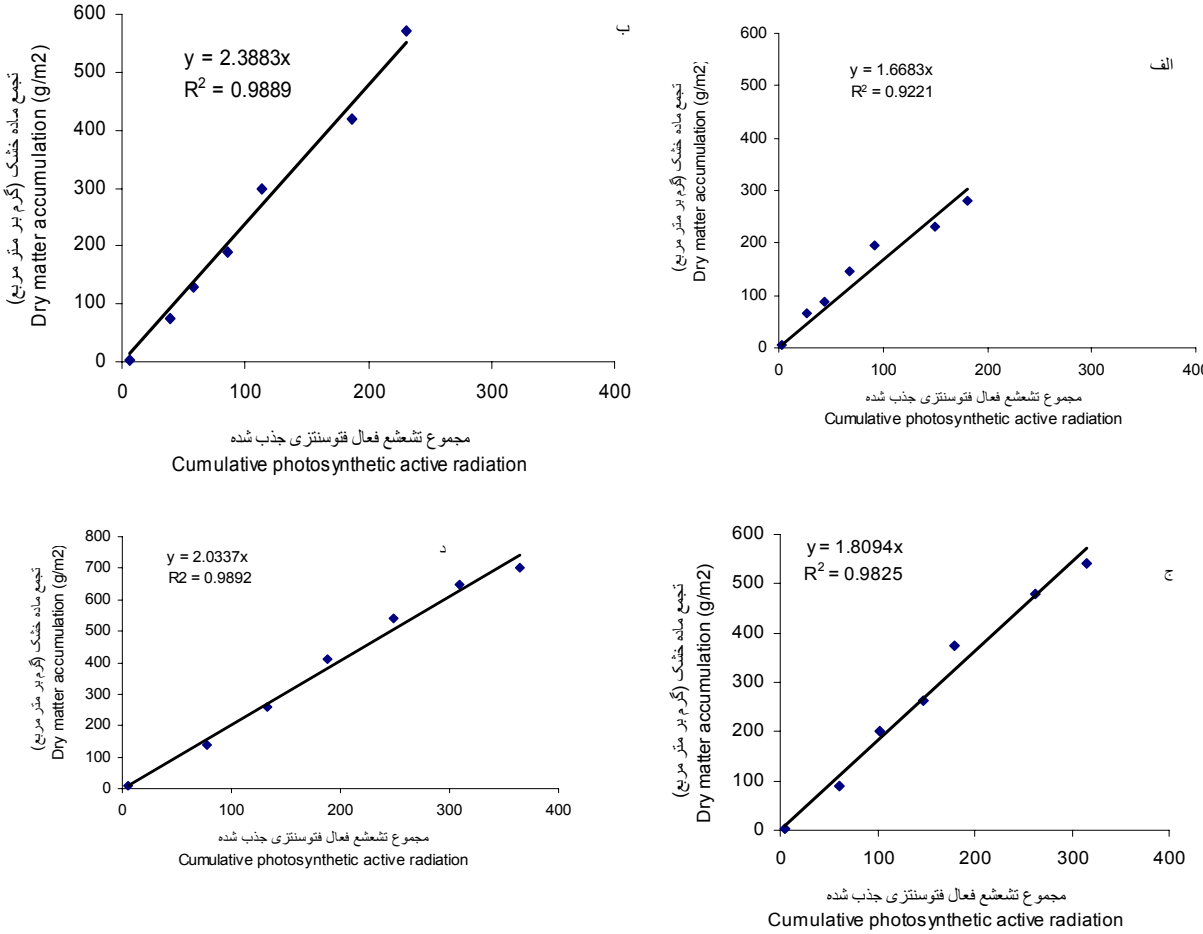
کارایی مصرف نور در گیاه لوبیا

همانطور که در شکل ۳ مشخص است کمترین کارایی مصرف نور لوبیا در تیمار چهار ردیف ریحان+ دو ردیف لوبیا (۱/۶) و بالاترین کارایی نور لوبیا در کشت مخلوط ردیفی (۲/۳۸) به دست آمد. دراین آزمایش کارایی نور به دست آمده برای لوبیا تا حدودی منطبق بر گزارش‌های قبلی می باشد به طوریکه کارایی مصرف نور لوبیا در منابع مختلف ۱/۵ (Muchow et al., 1993) و ۲/۹۵ گرم بر مگاژول (Idinoba et al., 2002) ذکر شده است. به نظر می‌رسد به دلیل تراکم پایین لوبیا در تیمار چهار ردیف ریحان+ دو ردیف لوبیا و به دلیل کاهش شاخص سطح برگ در این تیمار (شکل۱) کاهش کارایی مصرف نور قابل توجیه باشد زیرا به خاطر کم شدن تراکم، وزن خشک تولیدی لوبیا در این تیمار بسیار افت کرد دو ردیف لوبیا که در کنار هم قرار داشتند از یک سمت شرایط کشت خالص برای آنها وجود داشت (به دلیل حضور ردیف ها کنار هم) و نفوذ نور در آنها به خوبی انجام نمی‌گرفت و از طرف دیگر با برداشت ریحان و خالی شدن ردیف های کشت ریحان چون سطح برگ لوبیا کم بود برگ های سمت ردیف های ریحان به حالت اشباع نوری می رسیدند یعنی از یک طرف لوبیا کمبود و از طرف دیگر با بیش بود نور مواجه بود و این موجب افت کارایی نور در این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر گردید. گزارش شده است که با کاهش تراکم کلم بروکلی از میزان کارایی مصرف نور آن کاسته شد (Muchow et al., 1993). گزارش شده است که توزیع مناسب نور یکی از مهم‌ترین دلایل بالا رفتن کارایی مصرف نور در بسیاری از گیاهان از جمله گیاهان با برگ های عمودی تر است (Gallagher & Biscoe. 1978; Graf et al., 1990) اما در تیمار کشت مخلوط ردیفی به دلیل اینکه ردیف‌های لوبیا بیشترین فاصله را از هم داشتند در زمان برداشت ریحان بهترین شرایط توزیع نور درکانوپی آنها وجود داشت به طوریکه وزن خشک تولیدی در کشت ردیفی با توجه به تراکم کمتر نسبت به کشت نواری با چهار ردیف لوبیا از آن بیشتر شده است و شاخص سطح برگ نیز نشان می دهد که لوبیا در کشت ردیفی حدودا به شاخص سطح برگ تیمارهای با تراکم بیشتر لوبیا رسیده است. گزارشات متفاوتی مبنی بر افزایش و کاهش کارایی مصرف نور گیاهان در شرایط کشت مخلوط وجود دارد، توسوبو و همکاران (Tsubo et al., 2001) در کشت مخلوط لوبیا با ذرت بیان نمودند که کارایی نور لوبیا در کشت مخلوط بالاتر بود. همین طور در کشت مخلوط بادام زمینی و ذرت نیز افزایش کارایی مصرف نور در بادام زمینی گزارش شد (Awal et al., 2006). از طرفی در کشت مخلوط سیب زمینی و ذرت گزارش شده است که کارایی مصرف نور در سیب زمینی کاهش یافت (Hosseinpanahi, 2008) دلیل اصلی کاهش در کارایی مصرف نور لوبیا در دو کشت مخلوط نواری را می‌توان اینگونه عنوان کرد که به دلیل تراکم کم، لوبیا نتوانست از نور زیادی که با برداشت رویشی ریحان دراختیارش قرار گرفت ماده خشک بالایی تولید کند که یک دلیل عمده توزیع نامناسب نور در کشت نواری بود و دقیقا عکس این موضوع، یعنی توزیع یکنواخت نور در کشت ردیفی حاصل شد.



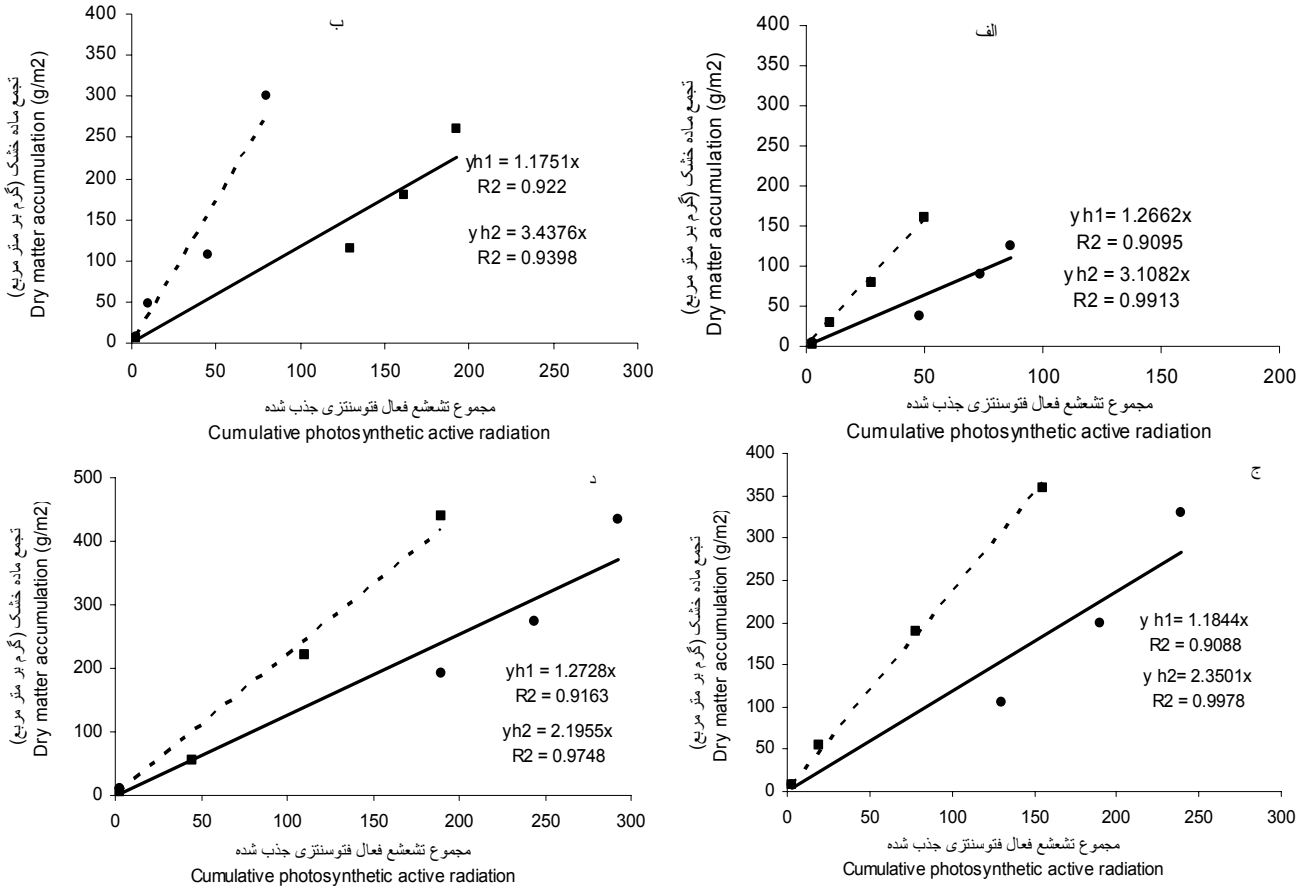
شکل۲- الف) میزان نور عبور کرده از کانوپی در برابر شاخص سطح برگ لوبیا ب) میزان نور عبور کرده از کانوپی در برابر شاخص سطح برگ ریحان (شیب منحنی ضریب استهلاک نوری گیاه مربوطه می باشد).

Fig. 2- A) Proportion of light transmitted amount with in the canopy by LAI bean B) Relation of amount of light transition from the canopy with LAI bean (The slope of equation is light extinction coefficient).



شکل ۳- ارتباط بین مجموع تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده و وزن خشک لوبیا ، در تیمارهای مختلف: الف) کشت مخلوط نواری چهار ردیف ریحان دو ردیف لوبیا، ب) کشت مخلوط ردیفی، ج) کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان و د) کشت خالص

Fig. 3- Relationship between Cumulative photosynthetic active radiation and dry mater of bean, A) strip intercropping of four rows sweet of basil +two rows of bean, B) row intercropping C) strip intercropping of two rows sweet basil+ four rows bean and D) sole crop



شکل ٤- ارتباط بین مجموع تشعشع فعال فتوسنتزی جذب شده و وزن خشک ریحان رویشی در چینهای اول و دوم، در تیمارهای مختلف: الف) کشت مخلوط نواری چهار ردیف ریحان دو ردیف لوبیا، ب) کشت مخلوط ردیفی، ج) کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان و د) کشت خالص

* خط چین در نمودار مربوط به چین دوم می باشد. Yh_1= کارایی مصرف نور چین اول، Yh_2= کارایی مصرف نور چین دوم

Fig. 4- Relationship between cumulative Photosynthetic active radiation and dry mater of sweet basil in first and second harvest, A) strip intercropping of four rows sweet of basil +two rows of bean, B) row intercropping C) strip intercropping of two rows sweet basil+ four rows bean and D) sole crop

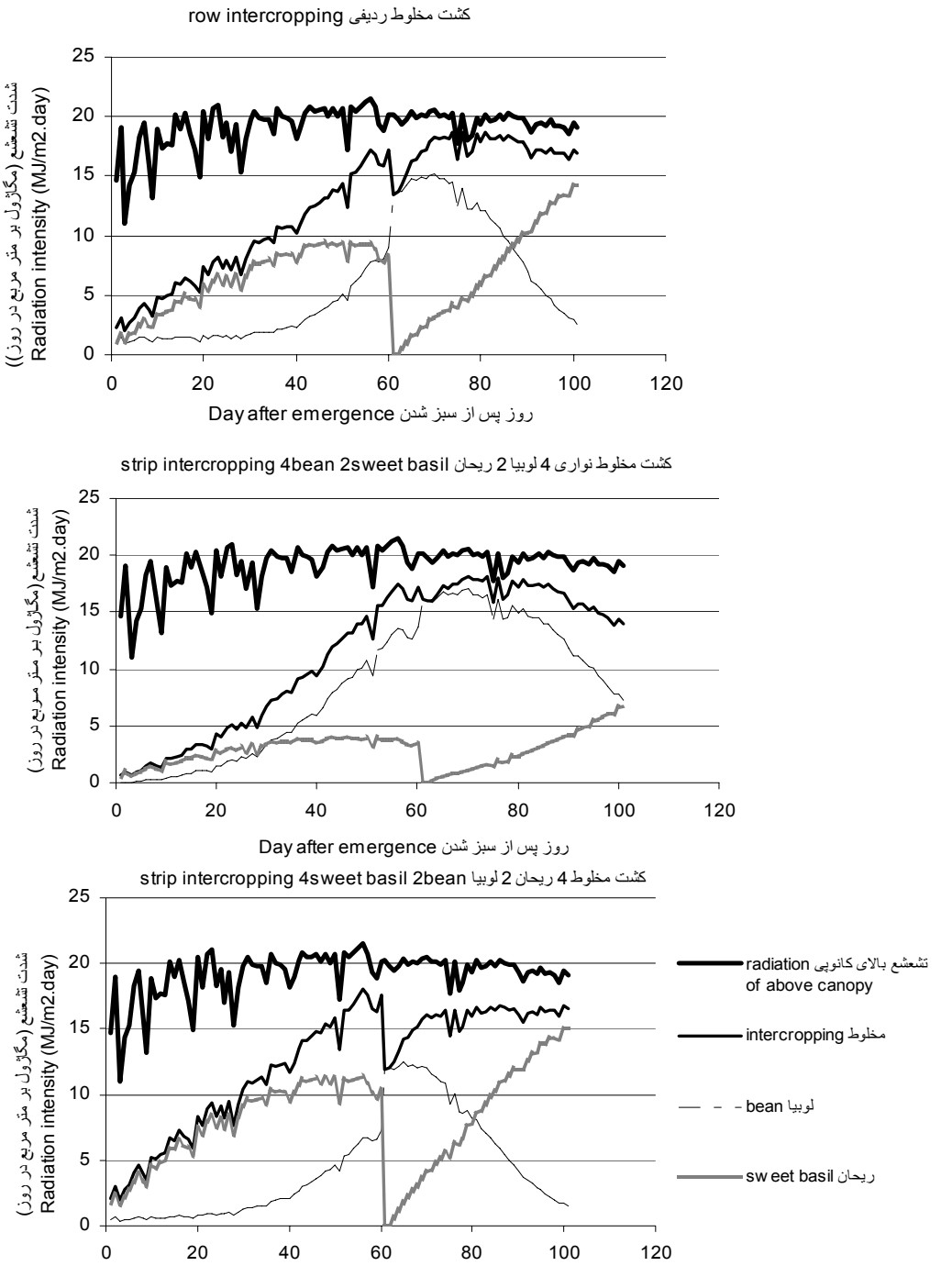
*Interrupted line showed second harvest. Yh_1- radiation use efficiency of first harvest Yh_2- radiation use efficiency of second harvest

کارایی مصرف نور در گیاه ریحان رویشی

در تمام تیمارها در هردو چین ارتباط بین تولید ماده خشک ریحان و تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی به صورت خطی بود و در همه موارد ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۹ بود (شکل۴). در چین اول کارایی نور در تمامی تیمارها پایین تر از چین دوم بود و کشت خالص دارای بالاترین کارایی نور در چین اول بود (۱/۲۷ مگاژول بر متر مربع). به دلیل رشد کند در ابتدای رشد و سطح برگ پایین (شکل۱) از نور رسیده در ابتدای رشد به صورت کارا استفاده نگشته و کارایی نور در چین اول نسبت به چین دوم بسیار پایین تر بود از آنجایی که پس از چین اول که از حدود ۱۰ سانتی متری سطح زمین انجام گرفت، در مدت کوتاهی گیاه در اثر رشد سریع به ماده خشک بالایی دست یافت و این موجب شد تا هدر رفت نور به حداقل ممکن رسیده و در نتیجه به طور چشم گیری میزان کارایی نور در چین دوم بالاتر از چین اول باشد همانطور که در شکل۴ مشخص است در برداشت اول گیاه ریحان تفاوت چندانی بین تیمارها وجود نداشته و حدودا کارایی مصرف نور در تیمارها مختلف مشابه می باشد.

در اوایل فصل رشد به دلیل تراکم کمتر گیاه ریحان در تیمارهای کشت مخلوط از میزان نور رسیده به طور بهینه استفاده نشده و دقیقا زمانی که می بایست اثرات مثبت کشت مخلوط خود را نشان دهد گیاه برداشت شد به همین دلیل در چین دوم این اثرات مشهود بوده و

در چین اول در زمانی که ریحان برداشت شد ارتفاع آن اندکی کمتر از لوبیا و حدودا برابر با آن بوده و گاهاً تحت سایه انـدازی کـانوپی لوبیـا قرار گرفته بود زیرا به دلیل زودتر سبز شدن لوبیا علارقم ارتفاع نهایی کمتر لوبیا تا زمان برداشت اول ریحان، لوبیا ارتفاع برابر یا بعضاً بالاتر از ریحان داشت و این موجب شد که شرایط کانوپی موجی در مزرعـه به چشم نخورد و حتی رقابت بر سر نور نیز بین لوبیا و ریحان به وجود آید و دقیقا در همین زمان و قبل از آن که ارتفاع ریحان از لوبیا پیشی بگیرد برداشت ریحان انجام گرفت.



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف بر روند جذب نور ریحان و لوبیا طی روزهای بعد از سبز شدن

Fig. 5- The effect of different treatments on sweet basil and bean light absorption at days after emergence

در چین دوم بالاترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار کشت ردیفی بود (۳/۴) و پایین ترین کارایی نور در کشت خالص ریحان بود (۲/۲). زیرا پس از برداشت اول سطح برگ ریحان بسیار کاهش یافت به طوری که در کشت خالص ریحان به دلیل نور فراوان و شاخص سطح برگ بسیار پایین عملا تمامی سطح برگ مانده در شرایط اشباع نوری قرار گرفته و این موجب شد تا کاریی نوری پایین تری در کشت خالص نسبت به تیمارهای کشت مخلوط در چین دوم به دست آید در تیمارهای کشت مخلوط به دلیل سایه اندازی لوبیا (شکل۵) شرایط به گونه‌ای بوده که برگ‌ها در بهترین وضعیت نوری قرار گرفته و این موجب بالا رفتن میزان کارایی نور درتیمارهای کشت مخلوط گشت.

قبلا نیز گزارش شده است که تجمع بیشتر وزن خشک به ازاء هر واحد تشعشع جذب شده در ۷۵٪ تشعشع کامل بیشتر از تشعشع کامل بود (Midmore et al., 1988). بالا ترین کارایی نور در زمانی حاصل می گردد که گیاه در سریع ترین مرحله رشد خود قرار دارد (Gallagher& Biscoe, 1978). برداشت از ارتفاع مناسب و به موقع در گیاهان رویشی موجب بالا رفتن سرعت رشد گیاه می گردد (Singh & Ram, 1991). افزایش کارایی مصرف نور در کشت خلوط توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (Ceotto & Castelli, 2002; Tsubo & Walker, 2002 ; Willey, 1990; Keating & Carberry, 1993).

همان گونه که در شکل ۵ مشخص است جذب نور به طور کل در کشت مخلوط بالاتر بوده که این قبلا نیز گزارش شده است (Keating & Carberry, 1993; Tsubo et al., 2001). کارایی مصرف نور در کشت ردیفی بالاتر از تمامی تیمارهای آزمایش بود که همانطور که گفته شد به دلیل توزیع یکنواخت نور بوده و همین طور یک دلیل عمده بالا رفتن کارایی مصرف نور در ریحان به خصوص در چین دوم را می توان استفاده از نیتروژن تثبیت شده توسط گیاه لگوم دانست که در گزارشات زیادی بر تاثیر مثبت نیتروژن بر کارایی مصرف نور تاکید شده است در گندم بیان شده است که افزایش نیتروژن موجب بالا رفتن کارایی مصرف نور می‌گردد (Caviglia & Sadras, 2001).

آکمال و جانسن (Akmal & Janssens, 2004) نیز کاهش کارایی مصرف نور در اثر کمبود نیتروژن در گیاه را گزارش کرده و اینگونه عنوان نمودند که در شرایط کمبود نیتروژن افزایش کم نیتروژن بیشترین تاثیر را در افزایش کارایی مصرف نور دارد. در این آزمایش نیز با توجه به استفاده نکردن از هرگونه کودی محتمل به نظر می‌رسد که افزایش هرچند مقدار کمی نیتروژن توسط گیاه لگوم یکی از دلایل افزایش کارایی مصرف نور در ریحان در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در چین دوم باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش نشان داد که کشت مخلوط ریحان و لوبیا به طور مشخص جذب نور بالاتر از کشت خالص داشته و هم در لوبیا و هم در ریحان کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ردیفی بالاتر از تمامی تیمارها بود. در تمامی تیمارها چین دوم نسبت به چین اول ریحان، کارایی مصرف نور افزایش یافته و این افزایش کارایی به خصوص در کشت مخلوط بالاتر بود. به نظر می رسد در شرایطی که ریحان به صورت رویشی برداشت می شود بهترین نوع کشت از نظر کارایی مصرف نور کشت ردیفی باشد.

منابع

1- Akmal, M., and Janssens, M.J.J. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. Field Crops Research 88: 143-155.
2- Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 139: 74-83.
3- Bastiaans, L., Kropff, M.J., Goudriaan, J., and Van Laar, H.H. 2000. Design of weed management systems with a reduced reliance on herbicides poses new challenges and prerequisites for modelling crop-weed interactions. Field Crops Research 67:161–179.
4- Bhatti, I. H., Ahmad, R., Jabbar, A., Nazir, M.S., and Mahmood, T. 2006. Competitive behaviour of component crops in different sesame–legume intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology 2: 165-167.
5- Black, C., and Ong, C. 2000. Utilization of light and water in tropical agriculture. Agricultural and Forest Meteorology 104: 25–47.
6- Caviglia, O.P., and Sadras, V.O. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water- and radiation-use efficiency of wheat. Fields Crop Research 69: 259-266.
7- Ceotto, E., and Castelli, F. 2002. Radiation use efficiency in flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.): response to nitrogen supply, climate variability and sink limitations. Field Crops Research 74: 117-130.
8- Connolly, J., Goma, H.C., and Rahim, K. 2001. The information content of indicators in intercropping research.

Agricalture, Ecosystems and Environment 87: 191–207.
9- FAOSTAT. Http://faostat.fao.org (Available at 2008).
10- Francescangeli, N., Sangiacomo, M.A., and Marti, H. 2006. Effects of plant density in broccoli on yield and radiation use efficiency. Scientia Horticulturae 110: 135-143.
11- Fukai, S., and Trenbath, B.R. 1993. Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. Field Crops Research 34: 247–271.
12- Gallagher, J.L., and Biscoe, P.V. 1978. Radiation absorption, growth and yield of cereals. Journal of Agricultural Science 91: 47- 60.
13- Graf, B., Gutierrez, A.P., Rakotobe, O., Zahner, P., and Delucchi, V. 1990. A simulation model for the dynamics of rice growth and development. Part II. The competition with weeds for nitrogen and light. Agricultural Systems 32: 367–392.
14- Hasanzadeh aval, F. 2007. Effect of Density on agronomic characteristics and yield of savory and Iranian clover in intercropping. M.Sc. Thesis. Fac. Agric. Ferdowsi Univ. Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
15- Hossienpanahi, F. 2008. Evaluation of yield and component yield in the corn and potato intercropping. M.SC. Thesis. Fac. Agric. Ferdowsi Univ_ Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
16- Idinoba, M. E., Idinoba, P.A., and 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.
17- Keating, B.A., and Carberry, P.S. 1993. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. Field Crops Res. 34: 273–301.
18- Koocheki, A., Nassiri Mahallati M., and Najafi, F. 2004. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Iranian Journal of Field Crop Research 2: 208-214. (In Persian with English Summary).
19- Maeffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crop Research 84: 229-240.
20- Majnoon hosseini, N. 1993. Beans in Iran. J.had Daneshgahi, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary).
21- McMurtrie, R., and Wolf, L. 1983. A model of competition between trees and grass for radiation, water and nutrients. Annals of botany 52: 449–458.
22- Midmore, D.J., Roca, J., and Berrios, D. 1988. Potato (*Solanum* spp.) in the hot tropics. IV. Intercropping with maize and the influence of shade on potato microenvironment and crop growth. Field Crops Research 18: 141-157.
23- Muchow, R.C., Robertson M.J., and Pengelly, B.C. 1993. Radiation use efficiency of soybean, mung bean and cowpea under different environmental conditions. Field Crops Research 32: 1-16.
24- Nasiri Mahallati, M. 2000. Modelling of Crops Growth Processes. J.had Daneshgahi, Mashhad, Iran. (In Persian).
25- Omidbeigi, R. 2000. Production and Processing Medicinal Plants. Beh Nashr Pub. Mashhad, Iran. In Persian with English Summary).
26- 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 Research 63: 99-112.
27- Rimmington, G.M., 1984. A model of the effect of interspecies competition for light on dry-matter production. Aust. J. Plant Physiology 11: 277–286.
28- Rimmington, G.M., 1985. A test of a model for light interception by mixtures. Aust. J. Plant Physiology 12: 681–683.
29- Singh, K., and Ram, P. 1991. Production potential in intercropping of citronella Java with cowpea and mint species. Ann. Agric. Res. 12:128–133.
30- Tsubo, M., and Walker, S. 2002. A model of radiation interception and use by a maize/bean intercrop canopy. Agricultural and Forest Meteorology 110: 203-215.
31- Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono-/inter –cropping systems with different row orientations. Field Crop Research 71: 17-29.
32- Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal–legume intercropping systems for semi-arid regions I. Model development. Field Crop Research 93: 10-22.
33- Wilkerson, G.G., Jones, J.W., Coble, H.D., and Gunsolus, J.L. 1990. SOYWEED: asimulation model of soybean and common cocklebur growth and competition. Agronomy Journal 82: 1003–1010.
34- Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping systems. Agricultural Water Management 17: 215–231.