



## اثر تراکم‌های مختلف کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بر قابلیت جذب و کارایی مصرف نور

لیدا رستمی<sup>۱\*</sup>، علیرضا کوچکی<sup>۲</sup> و مهدی نصیری محلاتی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۷

### چکیده

بمنظور بررسی اثر تراکم‌های مختلف کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بر میزان جذب و کارایی مصرف نور، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۱ تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد، به اجرا درآمد. این آزمایش بصورت نظام کم نهاده اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ لوبیای بیشتر، کشت مخلوط لوبیا با تراکم معمول ذرت باضافه ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ ذرت بیشتر، کشت مخلوط لوبیا با تراکم معمول باضافه ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ لوبیای بیشتر با ذرت تراکم معمول باضافه ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ ذرت بیشتر، کشت خالص ذرت و کشت خالص لوبیا بود. نتایج آزمایش نشان داد که شاخص سطح برگ، میزان جذب نور، تجمع ماده خشک و کارایی مصرف نور ذرت در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی ذرت افزایش یافت، در حالی که صفات نامبرده در لوبیا در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی کاهش یافتند. اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی کشت مخلوط بر صفات مورد بررسی برای ذرت بیشتر از لوبیا بود. کارایی مصرف نور ذرت در طول فصل رشد به ترتیب از ۱/۹۲ (کشت خالص ذرت) تا ۲/۳۰ (تیمار کشت مخلوط تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر) و میانگین کارایی مصرف نور لوبیا به ترتیب ۰/۷۲ (تیمار کشت مخلوط ذرت باضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر با لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر) تا ۱/۴۵ (تیمار کشت خالص) گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی، متغیر بود.

**واژه‌های کلیدی:** جذب نور، شاخص سطح برگ، کارایی مصرف نور، کشت مخلوط ردیفی، ماده خشک کل

### مقدمه

کشت مخلوط یکی از راهکارهای مدیریت زراعی است که بر کارایی مصرف نور در گیاهان تأثیر بسزایی دارد و باعث افزایش بهره‌وری تولید در ارتباط با نور، از طریق افزایش جذب تشعشع خورشیدی، کارایی مصرف نور و یا ترکیبی از هر دو می‌گردد (Zhang & Li, 2003). در کشورهای در حال توسعه، کشت مخلوط نقش مهمی در تولید غذا و معیشت مردم ایفا می‌کند (Tsubo & Walker, 2002). نتایج برخی آزمایشات نشان‌دهنده کارایی بهتر مصرف نور (Awal et al., 2005; Tsubo et al., 2006; al., 2006) و عناصر غذایی (Rowe et al., 2005) در نظام‌های کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد. در طراحی یک نظام کشت مخلوط انتخاب نوع گونه‌ها به نحوی که اثرات تکمیل‌کنندگی بر یکدیگر داشته باشند شرط اصلی موفقیت می‌باشد که لازمه این کار شناخت کامل گیاه در ارتباط با نیازهای اکولوژیکی آن و نحوه واکنش آن به محیط است (Nachigera et al., 2008). معمولاً افزایش عملکرد در نظام کشت مخلوط، زمانی ایجاد می‌شود که گیاهان تشکیل‌دهنده مخلوط از نظر نحوه و میزان

اکثر منابع موجود در یک بوم‌نظام از جمله نور، دی‌اکسید کربن و آب به گونه‌ای در طبیعت محدود هستند و از طرفی، تفکر پایداری در کشاورزی اجازه استفاده از این منابع به هر میزان و هر طریقی را نمی‌دهد. لذا، این منابع باید به گونه‌ای مصرف شوند که نه تنها نیاز غذای امروز بشر تامین شود، بلکه برای آیندگان نیز قابل دسترس و استفاده باشد (Nassiri Mahallati et al., 2001). جهت نیل به این مهم، لزوم تجدیدنظر در ارتباط با مصرف منابع احساس می‌شود. یکی از بهترین راهکارها در راستای اهداف توسعه پایدار کشاورزی با هدف مصرف درست و معقولانه منابع و بهبود کارایی مصرف منابع می‌باشد (Baumann et al., 2002).

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

\*- نویسنده مسئول: (E-mail: Li.rostami@yahoo.com)

توجه به اهمیت موضوع، این تحقیق با هدف ارزیابی جذب و کارایی مصرف نور در کشت مخلوط ردیفی ذرت (*Zea mays L.*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) در شرایط آب و هوایی مشهد اجرا شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر مشهد (عرض جغرافیایی، ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی، ۵۶ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۸۵ متر) انجام 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 طبق روش تقسیم بندی اقلیمی آمبرژه، سرد و خشک می‌باشد (Koocheki et al., 2008).

در این آزمایش از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۱ تیمار استفاده شد. تیمارهای آزمایشی شامل کشت خالص ذرت (MC)، کشت خالص لوبیا (MB)، کشت مخلوط تراکم معمول لوبیا با تراکم معمول ذرت باضافه ۱۰٪ ذرت بیشتر (B(C+10%)، تراکم معمول لوبیا با تراکم معمول ذرت باضافه ۲۰٪ ذرت بیشتر (B(C+20%)، تراکم معمول لوبیا با تراکم معمول ذرت باضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر (B(C+30%)، تراکم معمول لوبیا با تراکم معمول ذرت باضافه ۱۰٪ لوبیای بیشتر (C(B+10%)، تراکم معمول لوبیا باضافه ۲۰٪ لوبیای بیشتر (C(B+20%)، تراکم معمول لوبیا با تراکم معمول ذرت باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر (C(B+30%)، تراکم معمول لوبیا با تراکم معمول ذرت باضافه ۱۰٪ ذرت بیشتر با تراکم معمول لوبیا باضافه ۱۰٪ لوبیای بیشتر (B+10%)(C+10%)، تراکم معمول ذرت باضافه ۲۰٪ ذرت بیشتر با تراکم معمول لوبیا باضافه ۲۰٪ لوبیای بیشتر (B+20%)(C+20%)، تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر (B+30%)(C+30%). در این آزمایش از ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ که یک رقم دو منظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) و لوبیا رقم درخشان (k-r-d-26) که رقمی ایستاده و مناسب برای برداشت مکانیزه می‌باشد، استفاده شد. کشت دو گونه در نیمه دوم اردیبهشت سال ۱۳۸۷ با دست، به صورت خشکه‌کاری و همزمان انجام شد. در تمام کرت‌های آزمایشی، شش ردیف پشته به طول چهار متر و با فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر ایجاد شد. کشت بصورت مخلوط ردیفی، متراکم بر روی خطوط کشت انجام شد. پس از سبز شدن گیاهان عملیات تنک انجام و تراکم مورد نظر اعمال گردید. تراکم معمول در کشت خالص ذرت و لوبیا به ترتیب ۶۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. از ۲۵ روز پس از سبز شدن تا مرحله رسیدگی، نمونه‌های

استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند، اگر گونه‌های مخلوط از نظر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متفاوت باشند، می‌توانند از عوامل محیطی استفاده بهینه کنند (Baumann et al., 2002).

نور یکی از عوامل محیطی است که معمولاً میزان تولید گیاهان رابطه مستقیم به ازای مقدار نور جذب شده آن دارد (Tsubo et al., 2001). به عبارت دیگر، مقدار تشعشع دریافتی و نسبت جذب شده از این تشعشع توسط گیاه زراعی تعیین‌کننده سرعت رشد محصول می‌باشد. در زراعت‌های تک‌کشتی همواره مقادیر زیادی از نور در طول فصل رشد، بویژه در اوایل فصل از میان کانوپی عبور می‌کند، این بخش از نور علاوه بر اینکه بدون استفاده می‌ماند سبب افزایش تبخیر و دمای خاک می‌شود که این تلفات در کشت‌های مخلوط به علت پوشش بیشتر سطح خاک، اختلاف ارتفاع گیاهان و موج‌دار شدن سطح کانوپی به حداقل رسیده و سطح بیشتری از گیاهان در معرض نور قرار می‌دهد و این امر باعث استفاده بیشتر و بهتر از نور می‌شود (Tsubo et al., 2001). در مزرعه تک‌کشتی ذرت (*Zea mays L.*) به دلیل وجود فضای خالی در کانوپی، تلفات نور به مراتب بیشتر از بسیاری از گیاهان زراعی دیگر می‌باشد، لذا این فضای خالی امکان همراهی گیاهان دیگر با ذرت را آسان‌تر می‌سازد (Baumann et al., 2002). به همین دلیل امروزه گیاهان زیادی به خصوص از تیره بقولات (به دلیل قابلیت تثبیت نیتروژن) به صورت مخلوط با کشت می‌شوند. البته در کشت مخلوط، خصوصیات فیزیولوژیکی و ریخت‌شناسی گونه‌های موجود در نظام تعیین‌کننده‌ی رقابت نوری است (Baumann et al., 2002; Nassiri Mahalati et al., 1380). در آزمایشی دیگر کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) نیز گزارش کردند که شاخص سطح برگ، میزان جذب نور، تجمع ماده خشک و کارایی مصرف نور ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) در تمام تیمارهای کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا نسبت به تک‌کشتی آنها افزایش یافت. نامبردگان اظهار داشتند به استثنای کارایی مصرف نور (۸/۳ و ۱۴/۵ درصد)، افزایش عرض نوار در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمار عرض نوار دو ردیفی، منجر به کاهش شاخص سطح برگ (۳۴/۲ و ۵/۵ درصد)، میزان جذب نور (۲۰/۵ و ۱۱/۲ درصد) و تجمع ماده خشک (۱۳/۱ و ۱/۵ درصد) به ترتیب در ذرت و لوبیا شد. در این بررسی میانگین کارایی مصرف نور ذرت و لوبیا در طول فصل رشد به ترتیب از ۱/۶۵ و ۰/۹۸ در تیمار کشت خالص تا ۱/۹۴ و ۱/۱۵ گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی در تیمار عرض نوار دو ردیفی متغیر بود.

نتایج بررسی‌های مختلف نشان از انجام مطالعات زیادی روی کارایی مصرف نور در نظام‌های کشت مخلوط با دامنه وسیعی از ترکیب گیاهان زراعی در سایر نقاط دنیا در طی سه دهه گذشته می‌باشد (Corlett et al., 1992; Black & Ong, 2000)، با اینحال کمبود این نوع مطالعات در ایران کاملاً محسوس می‌باشد. بنابراین با

طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین ماده خشک (گرم بر متر مربع) و میزان تشعشع فعال تجمعی (مگاژول بر متر مربع) محاسبه گردید (Monteith, 1977).

$$\% I_{abs} = \left( \frac{I_0 - I}{I_0} \right) \times 100 \quad (5)$$

به منظور برآورد مقادیر تجمع ماده خشک روزانه نیز از معادله (۶) استفاده شد (Koocheki et al., 2008):

$$TDM = a / (1 + b \times \exp(-c \times x)) \quad (6)$$

که در این معادله، TDM: ماده‌ی خشک تجمعی بر حسب گرم بر متر مربع، a: حداکثر تجمع ماده خشک، b: ضریب ثابت، c: سرعت رشد نسبی و x: زمان بر حسب روز پس از کاشت است. داده‌های آزمایش توسط نرم افزار SAS Ver. 9.1 تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم اشکال نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### شاخص سطح برگ

نتایج حاکی از روند مشابه تغییرات شاخص سطح برگ ذرت و لوبیا در طول فصل رشد، صرف نظر از تراکم، برای تمامی تیمارها بود، بطوری که در طول فصل رشد با افزایش تعداد روزهای پس از سبز شدن، شاخص سطح برگ دو گیاه افزایش یافته و در اواخر فصل رشد به دلیل پیری و ریزش برگ‌های پایین کانونی و جایگزینی آنها با برگ‌های کوچک و نزدیک شدن به مرحله رسیدگی، در تمام تیمارها کاهش یافت (شکل ۱). وجود اثرات تسهیل کنندگی و تکمیل کنندگی ذرت و لوبیا در کنار یکدیگر، منجر به افزایش شاخص سطح برگ هر یک از گیاهان به تنهایی شد. موکالا و همکاران (Mukhala et al., 1999) نیز افزایش شاخص سطح برگ گیاهان مخلوط شده نسبت به حالت تک کشتی آنها را گزارش کردند.

در میان تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت، افزایش تراکم روی ردیف‌های کشت به دلیل ایجاد کانونی بسته‌تر، عامل افزایش شاخص سطح برگ این گیاه بود، اما در تیمار کشت خالص ذرت، کمتر بودن فاصله ردیف‌های کشت نسبت به تیمارهای کشت مخلوط باعث افزایش رقابت درون گونه‌ای برای جذب نور و در نتیجه کاهش سطح برگ ذرت در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط شد. بطوریکه بیشترین میزان شاخص سطح برگ ذرت در تیمار کشت مخلوط تراکم معمول ذرت با اضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر با تراکم معمول لوبیا با اضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر با ۴/۰۷ و کمترین میزان شاخص سطح برگ ذرت در تیمار کشت مخلوط تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا با اضافه ۱۰٪ ذرت بیشتر با ۲/۰۹ بدست آمد.

تصادفی (در هر کرت و برای هر کدام از گیاهان دو بوته) به فواصل تقریبی دو هفته یک بار، جهت محاسبات تغییرات سطح برگ و وزن خشک، برداشت شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Li-cor) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت زمان ۴۸ ساعت قرار گرفتند.

میزان تشعشع خورشیدی روزانه برای عرض جغرافیایی مشهد به روش ارائه شده توسط گودریان و وان لار (Goudriaan & Van laar, 1993) محاسبه شد. سپس، این مقادیر بر اساس تعداد ساعات آفتابی استخراج شده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مرکز اقلیم‌شناسی خراسان (سایت هواشناسی استان خراسان رضوی، ۱۳۸۸) اصلاح و تشعشع جذب شده روزانه برای هر دو گونه بر اساس معادلات (۱) تا (۳) محاسبه شد (Tsubo et al., 2005):

$$I_{abs} = I_0 \times (1 - \rho) \times (1 - \exp(-K_C \times LAI_C) - (-K_B \times LAI_B)) \quad (1)$$

$$I_C = I_{abs} \times ((K_C \times LAI_C) / ((K_C \times LAI_C) + (K_B \times LAI_B))) \quad (2)$$

$$I_B = I_{abs} - I_C \quad (3)$$

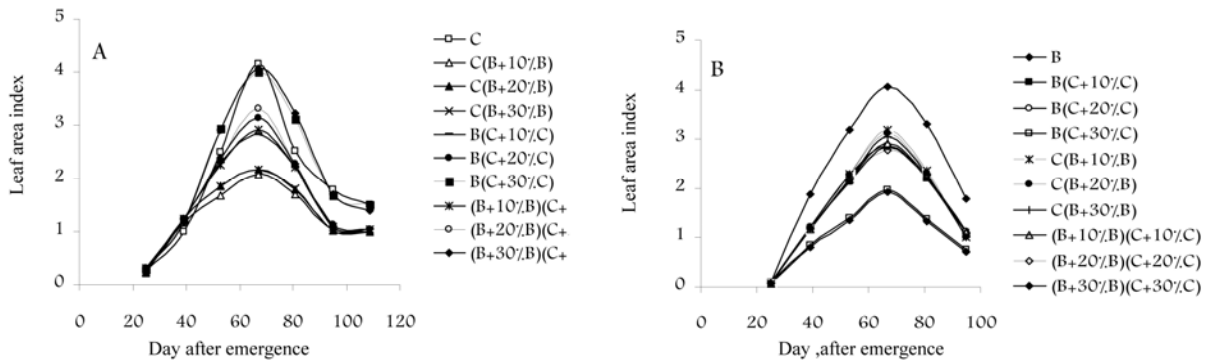
که در این معادله،  $I_{abs}$ : نور جذب شده توسط کانونی مخلوط (مگاژول بر متر مربع)،  $I_0$ : نور رسیده به بالای کانونی (مگاژول بر متر مربع) و  $\rho$ : ضریب انعکاس که برای ذرت و لوبیا ۰/۰۸ منظور شد،  $K_C$  و  $K_B$ : ضریب خاموشی نور به ترتیب برای ذرت (۰/۶) (Boons-prinz et al., 1993) و لوبیا (۰/۸) (Tsubo et al., 2001) و  $LAI_C$  و  $LAI_B$ : به ترتیب شاخص سطح برگ ذرت و لوبیا و  $I_C$  و  $I_B$ : به ترتیب نور جذب شده توسط کانونی ذرت و لوبیا است. به منظور برآورد مقادیر شاخص سطح برگ روزانه از معادله (۴) استفاده شد (Koocheki et al., 2008):

$$LAI = a + b \times 4 \times (\exp(-(x-c)/d)) / (1 + \exp(-(x-c)/d))^2 \quad (4)$$

که در این معادله، a: عرض از مبدأ، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI، c: حداکثر LAI، d: نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x: زمان بر حسب روز پس از کاشت است.

سپس تشعشع جذب شده در هر مرحله از حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد نور جذب شده (معادله ۵) بدست آمد و مقدار کل تشعشع جذب شده به صورت تجمعی از طریق حاصل ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی<sup>۱</sup> (PAR) جذب شده نسبت به زمان محاسبه گردید (Mondani et al., 2007). کارایی مصرف نور<sup>۲</sup> (RUE) بر حسب گرم بر مگاژول، از

1- Photosynthetically Active Radiation  
2- Radiation Use Efficiency



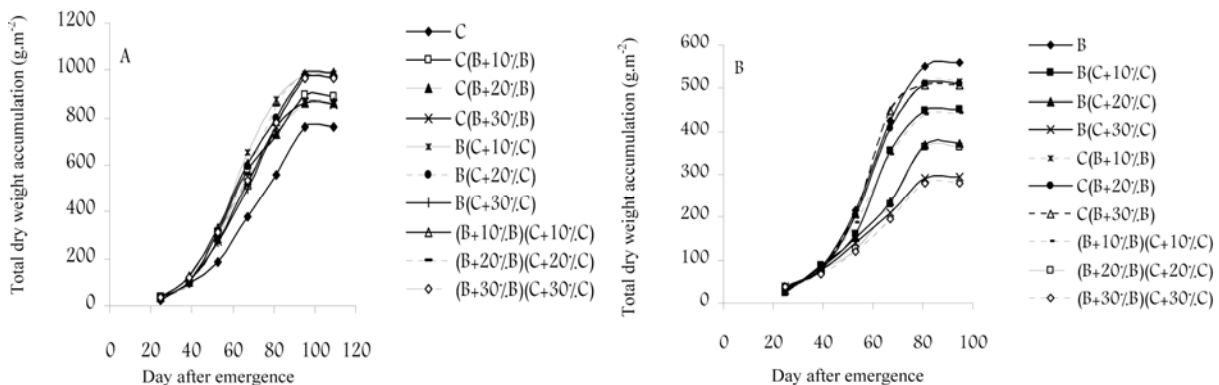
شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر شاخص سطح برگ ذرت (A) و لوبیا (B) طی روزهای پس از سبز شدن  
 Fig. 1- Effect of intercropping treatments on corn (A) and bean (B) leaf area index at day after emergence

شدن، تجمع ماده‌ی خشک کل وارد مرحله‌ی رشد خطی شد و به سرعت شروع به افزایش نمود و در حدود ۹۰ روز پس از سبز شدن (مرحله‌ی رسیدن به حداکثر تجمع ماده‌ی خشک)، به بیشترین میزان خود رسید و سپس روند تقریباً ثابتی را در پیش گرفت (شکل ۲). بدین ترتیب نتایج نشان داد که تجمع ماده‌ی خشک ذرت و لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت، بطوری که در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمار کشت خالص، ذرت دارای تجمع ماده‌ی خشک بیشتری بود که این موضوع می‌تواند به علت جذب بیشتر نور توسط کانوپی کشت مخلوط باشد (شکل ۲، حسین-پناهی ۲۰۰۸) (Hossienpanahi, 2008) نیز افزایش تجمع ماده‌ی خشک ذرت را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گزارش کرده است. افزایش تجمع ماده خشک در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی را احتمالاً می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لوبیا نسبت داد.

بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ لوبیا در ۶۵-۷۰ روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار کشت خالص لوبیا، (۴/۰۶) و کشت مخلوط تراکم معمول لوبیا با اضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر یا تراکم معمول ذرت با اضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر، (۱/۹۲) مشاهده شد. اختلاف سطح برگ لوبیا در کشت خالص و مخلوط، علاوه بر جذب کمتر منابع در کشت مخلوط توسط لوبیا به جذب بیشتر تشعشع توسط ذرت در بالای کانوپی و مانع از رسیدن نور به پایین کانوپی بستگی دارد. پاندیتا و همکاران (Pandita et al., 2000) نیز در بررسی کشت مخلوط ذرت و ماش (*Vigna radiata* L.) بیان کردند که بیشترین سطح برگ ماش در تیمار کشت خالص آن بدست آمد.

### تجمع ماده خشک

در ابتدای دوره‌ی رشد، به دلیل کوچک بودن بوته‌ها، تفاوت چندانی بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر روند افزایش وزن خشک کل ذرت و لوبیا مشاهده نشد، ولی از حدود ۴۰ روز پس از سبز



شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر روند تجمع ماده خشک (گرم بر متر مربع) کل ذرت (A) و لوبیا (B) طی روزهای پس از سبز شدن  
 Fig. 2- Effect of intercropping treatments on total dry weight accumulation ( $g.m^{-2}$ ) of corn (A) and bean (B) at day after emergence

شیب این خط بیانگر کارایی مصرف نور می‌باشد (Monteith, 1977) و میانگین آن در طول فصل رشد برای ذرت از ۱/۹۲ گرم بر مگاژول در تیمار کشت خالص تا ۲/۳۰ گرم بر مگاژول در تیمار کشت مخلوط تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر، بود، که این تفاوت در میان تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود (شکل ۴). افزایش فاصله ردیف‌های کاشت ذرت در تیمارهای مخلوط نسبت به تیمار تک کشتی، در طی فصل رشد باعث توزیع بهتر نور در کانوپی شد و بنظر می‌رسد که این مسئله منجر به افزایش کارایی مصرف نور شد.

از آنجا که در کشت مخلوط ذرت با گیاهانی که ارتفاع کمتری از ذرت دارند، ذرت گیاه غالب بوده و ساختار هندسی و میزان نور جذب شده توسط آن تحت تأثیر گیاه همراه قرار نمی‌گیرد (Awal et al., 2006)، این موضوع دور از انتظار نبود.

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که کارایی مصرف نور لوبیا در طی فصل رشد، در تیمار کشت مخلوط با تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر با تراکم معمول ذرت باضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر از ۰/۷۲ گرم بر مگاژول تا ۱/۴۵ گرم بر مگاژول در تیمار کشت خالص لوبیا متغیر بود که این تفاوت در میان تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود (شکل ۵). از آنجا که کانوپی ذرت دارای حجم و ارتفاع بیشتری در مقایسه با کانوپی لوبیا بود، عدم سایه‌اندازی ذرت بر لوبیا باعث افزایش کارایی مصرف نور در تیمار کشت خالص لوبیا شد، اما در تیمارهای مخلوط با افزایش تراکم ذرت و تسخیر بیشتر نور در قسمت‌های فوقانی کانوپی، رقابت درون گونه‌ای بوته‌های لوبیا افزایش یافت و همراه با افزایش تراکم آنها، باعث کاهش کارایی مصرف نور در لوبیا شد.

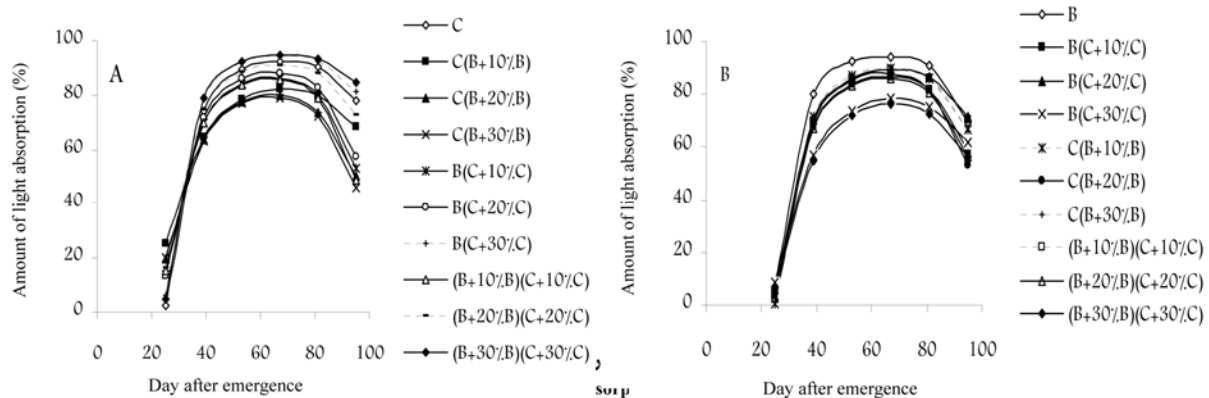
از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان تجمع ماده خشک گیاهان می‌باشد (Zhang & Li, 2003)، بنابراین حضور لوبیا در کنار ذرت منجر به افزایش تجمع ماده خشک کل در کانوپی کشت مخلوط شد، اما برای لوبیا عدم سایه‌اندازی ذرت بر لوبیا و در نتیجه عدم وجود رقابت بین گونه‌ای با آن برای کسب منابع در کشت خالص باعث افزایش تجمع ماده خشک تولیدی در تیمار کشت خالص لوبیا در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط شد. لیندیکویست و مرتنسن (Lindquist & Mortensen, 1999) نیز در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان کردند که میزان تشعشع نفوذی به درون کانوپی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت که این امر منجر به کاهش میزان تولید و تجمع ماده خشک در لوبیا شد.

### روند جذب نور

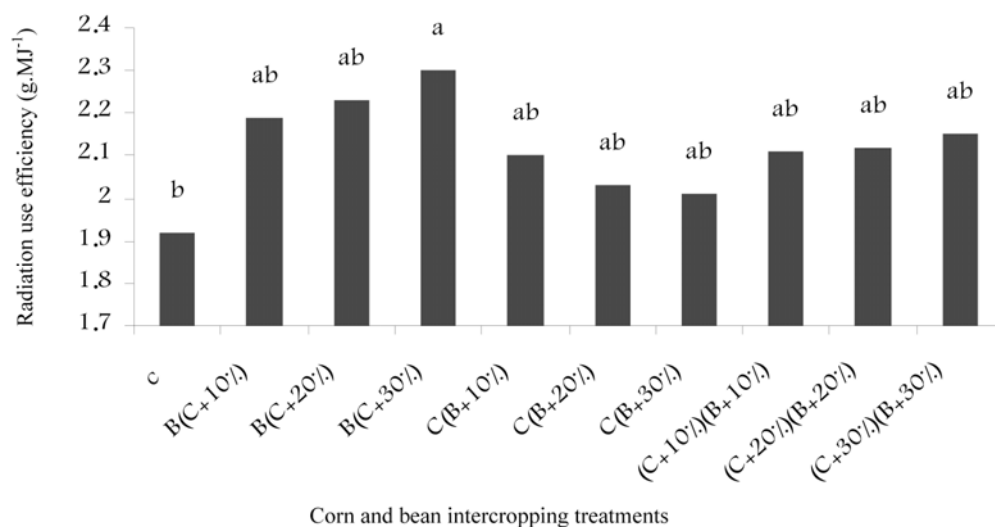
همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، متناسب با افزایش شاخص سطح برگ، میزان نور جذب شده توسط کانوپی ذرت، لوبیا در کشت خالص و مخلوط نیز به تدریج افزایش یافت و در حدود ۶۵ روز پس از سبز شدن به حداکثر میزان خود رسید، سپس به علت کاهش شاخص سطح برگ تا انتهای دوره‌ی رشد، روند نزولی داشت. قابل ذکر است که در مراحل انتهایی رشد، در تراکم بالاتر به دلیل رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای و ریزش سریع‌تر برگ‌ها نسبت به تراکم‌های پایین‌تر، جذب نور کاهش یافت.

### کارایی مصرف نور

در تمام تیمارهای کشت مخلوط، تجمع ماده‌ی خشک ذرت و لوبیا با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی، رابطه خطی داشت که



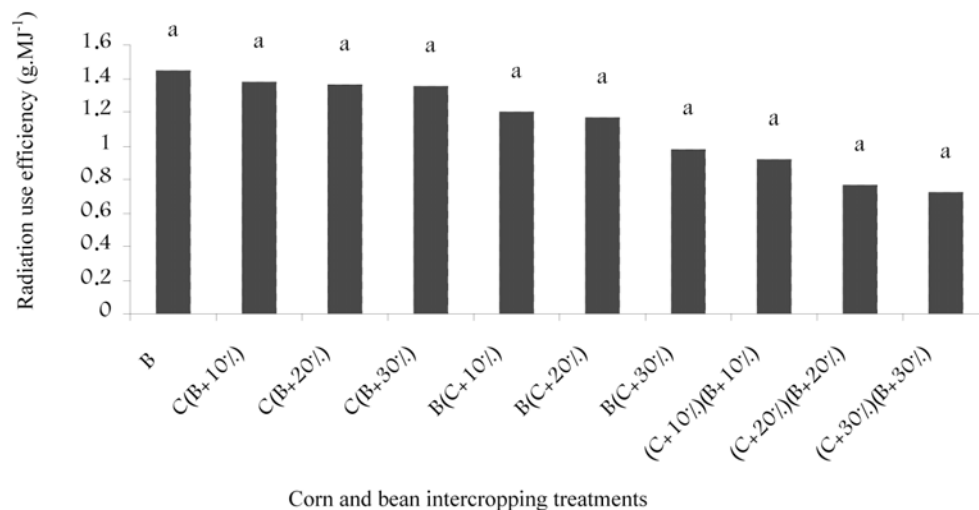
شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر روند جذب نور (درصد ذرت (A) و لوبیا (B) طی روزهای پس از سبز شدن  
 Fig. 3- Effect of intercropping treatments on light absorption (%) of corn (A) and bean (B) at after emergence



شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر کارایی مصرف نور ذرت (گرم بر مگاژول)  
**Fig. 4- Effect of corn and bean intercropping treatments on corn radiation use efficiency (g.MJ<sup>-1</sup>)**

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters in each component haven't significant difference based on Duncan's test at the 5% probability level.



شکل ۵- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر کارایی مصرف نور لوبیا (گرم بر مگاژول)  
**Fig. 5- Effect of corn and bean intercropping treatments on bean radiation use efficiency (g.MJ<sup>-1</sup>)**

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters in each component haven't significant difference based on Duncan's test at the 5% probability level.

مخلوط را بر کارایی مصرف نور گزارش کرده‌اند، اما آنچه که بسیار اهمیت دارد بهبود بهره‌وری تولید در نظام‌های مخلوط، در ارتباط با نور می‌باشد که این امر می‌تواند از طریق افزایش جذب تشعشع خورشیدی، کارایی مصرف نور یا ترکیبی از هر دو بهبود یابد (Awal et al., 2006; Zhang et al., 2008). در مجموع اعتقاد بر این است که کشت‌های مخلوط بیشتر به واسطه افزایش جذب نور، از طریق

بطور کلی، تولید ماده خشک در گیاهان، اغلب با مقدار تشعشع جذب شده توسط گیاه زراعی در تک کشتی (Monteilh, 1977) و در نظام‌های کشت مخلوط (Sinclair & Murhow, 1999) همبستگی مثبت دارد، در نتیجه یکی از راهکارهای مدیریت محصولات زراعی که می‌تواند باعث تغییر کارایی مصرف نور در آنها شود، کشت مخلوط می‌باشد. محققان متعددی افزایش، کاهش و یا تاثیر ناچیز کشت

خشک و کارایی مصرف نور ذرت شد، که این موضوع نشان دهنده تأثیر مثبت لوبیا بر ذرت می‌باشد، در حالی که لوبیا به دلیل مغلوب بودن، نسبت به ذرت (به دلیل ارتفاع بلندتر، توزیع عمودی برگ‌ها و سرعت رشد بیشتر در ذرت) در جذب منابع موجود بویژه نور، در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی کاهش داشت. از آنجا که این آزمایش در نظام کم نهاده اجرا شد، بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب علوفه یا دانه با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی می‌باشد.

افزایش طول دوره جذب نور یا پوشش بیشتر سطح خاک (Awal et al., 2006) سبب افزایش بهره‌وری نظام‌های زراعی می‌شوند. در زراعت‌های تک‌کشتی همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به دلیل وجود فضاهای خالی در بین گیاهان تلف می‌شود که مقدار این تلفات در زراعت‌های مخلوط به دلیل پوشش بیشتر گیاه بر سطح خاک کاهش می‌یابد.

### نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که کشت مخلوط ذرت و لوبیا منجر به بهبود شاخص سطح برگ، میزان جذب نور، تجمع ماده

### منابع

- 1- 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.
- 2- Baumann, D.T., Bastiaans, L., Goudriaan, J., VanLaar, H.H., and Kropff, M.J. 2002. Analyzing crop yield and plant quality in an intercropping system using an eco-physiological model for interplant competition. *Agricultural Systems* 73: 173-203.
- 3- Black, C., and Ong, C. 2000. Utilization of light and water in tropical agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 104: 25-47.
- 4- Boons-prinz, E.R., De Koning, G.H.J., Van Diepen, C.D., and Penning De Vries, F.W.T. 1993. Crop specific simulation parameters for yield forecasting across the European Community. *Simulation Reports, CABO-TT, No. 32.*
- 5- Corlett, J.E., Black, C.R., Ong, C.K., and Monteith, J.L. 1992. Above- and below-ground interactions in a leucaena/millet alley cropping system. II. Light interception and dry matter production. *Agricultural and Forest Meteorology* 60: 73-91.
- 6- Gao, Y., Duan, A., Sun, J., Li, F., Liu, Z., Liu, H., and Liu, Z. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. *Field Crops Research* 111: 65-73.
- 7- Goudriaan, J., and Van Laar, H.H. 1993. *Modeling Potential Crop Growth Processes*. Kluwer Academic Press 239 pp.
- 8- Hossienpanahi, F. 2008. Evaluation of yield and component yield in the corn and potato intercropping. M.Sc. Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- 9- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2008. Evaluation of radiation interception and use efficiency by maize and been intercropping canopy. *Agroecology* 1: 23-31. (In Persian with English Summary)
- 10- Lindquist, J.L., and Mortensen, D.A. 1999. Ecophysiological characteristics of four maize hybrids and *Abutilon theophrasti*. *Weed Research* 39: 271-285.
- 11- Mondani, F., Golzardi, F., Ahmadvand, G., Sepehri, A., and Jahedi, A. 2007. The effect of weed infestation periods on light absorption and use efficiency by canopy of seed producing and commercial plant density of potato (*Solanum tuberosum*). *Agricultural Research (Water, Soil and Plant Agriculture)* 7: 7-26. (In Persian with English Summary)
- 12- Monteith, J.L. 1977. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 9: 747-766.
- 13- Mukhala, E., Juger, J.M., and Vanrensburg, L.D. 1999. Dietary nutrient deficiency in small-scale farming communities in South Africa benefits of intercropping maize and beans. *Nutrition Research* 19: 629-641.
- 14- Nachigera, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany*. 64: 180-188.
- 15- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. *Agroecology*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran 453 pp. (In Persian)
- 16- Pandita, A.K., Saha, M.H., and Bail, A.S. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir conditions. *Indian Journal of Agronomy* 45:48-53.
- 17- Rowe, E.C., Noordwijk, M.V., Suprayogo, D., and Cadisch, G. 2005. Nitrogen use efficiency of monoculture and hedgerow intercropping in the humid tropics. *Plant and Soil* 268: 61-74.

- 18- Sinclair, T.R., and Muchow, R.C. 1999. Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy* 65: 215-265.
- 19- Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono-/inter-cropping systems with different row orientations. *Field Crops Research* 71: 17-29.
- 20- 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.
- 21- 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 Crops Research* 93: 10-22.
- 22- Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interaction in intercropping systems enhances crops productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil* 248: 305-312.
- 23- Zhang, L., Vander Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research* 107: 29-42.