نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۰، ص. ۲۹۷-۲۹۰

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 3, Fall 2011, p. 290-297

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

لیدا رستمی[1*]، علیرضا کوچکی[2] و مهدی نصیری محلاتی[2]

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 در آمد. 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 مادهٔ 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، مادهٔ خشک کل

مقدمه

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).

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 نشاندهندهٔ کارایی بهتر مصرف نور (Awal et al., 2006; Tsubo et al., 2005) و عناصر غذایی (Rowe et al., 2005) در نظام‌های کشت مخلوط نسبت به تک کشتی 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

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: E-mail: Li.rostami@yahoo.com)

Archive of SID
www.SID.ir

استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر کاملاً متفاوت باشند، اگر گونه‌های مخلوط از نظر خصوصیات مرفولوژیکی 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 ریخت شناسی گونه‌های موجود در نظام تعیین‌کننده‌ی رقابت نوری است (Nassiri Mahalati et al., 1380 ,Baumann et al., 2002). در آزمایشی دیگر کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) نیز گزارش کردند که شاخص سطح برگ، میزان جذب نور، تجمع مادهٔ 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 مادهٔ 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 دامنهٔ 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 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 باضافه۳۰٪ ذرت بیشتر (B(C+30%)، تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۱۰٪ لوبیای بیشتر (C(B+10%)، تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۲۰٪ لوبیای بیشتر (C(B+20%)، تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر (C(B+30%)، 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 باضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر 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 ۶۰۰۰۰ و ۱۶۰۰۰۰بوته در هکتار در نظر گرفته شد.

از ۲۵ روز پس از سبز شدن تا مرحله رسیدگی، نمونه‌های

Archive of SID

www.SID.ir

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 وان‌لار (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):

$I_{abs} = I_0 \times (1 - \rho) \times (1 - \exp(-K_C \times LAI_C) + (-K_B \times LAI_B))$ معادله (۱)

$I_C = I_{abs} \times ((K_C \times LAI_C) / ((K_C \times LAI_C) + (K_B \times LAI_B)))$ معادله (۲)

$I_B = I_{abs} - I_C$ معادله (۳)

که در این معادله، I_{abs}: نور جذب شده توسط کانوپی مخلوط (مگاژول بر متر مربع)، I_0: نور رسیده به بالای کانوپی (مگاژول بر متر مربع) و ρ: 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 کانوپی ذرت و لوبیا است. به منظور برآورد مقادیر شاخص سطح برگ روزانه از معادله (۴) استفاده شد (Koocheki et al., 2008):

$LAI = a + b \times 4 \times (\exp(-(x-c)/d))/(1+\exp(-(x-c)/d))^2$ معادله (۴)

که در این معادله، a: عرض از مبداء، 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 حاصل‌ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در درصد نور جذب شده (معادله ۵) بدست آمد و مقدار کل تشعشع جذب شده به صورت تجمعی از طریق حاصل‌ضرب نور ورودی شبیه‌سازی شده در انتگرال کسر تشعشع فعال فتوسنتزی[1] (PAR) جذب شده نسبت به زمان محاسبه گردید (Mondani et al., 2007). کارایی مصرف نور[2] (RUE) بر حسب گرم بر مگاژول، از 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).

$\%I_{abs} = (\frac{I_0 - I}{I_0}) \times 100$ معادله (۵)

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

$TDM = a / (1 + b \times \exp(-c \times x))$ معادله (۶)

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

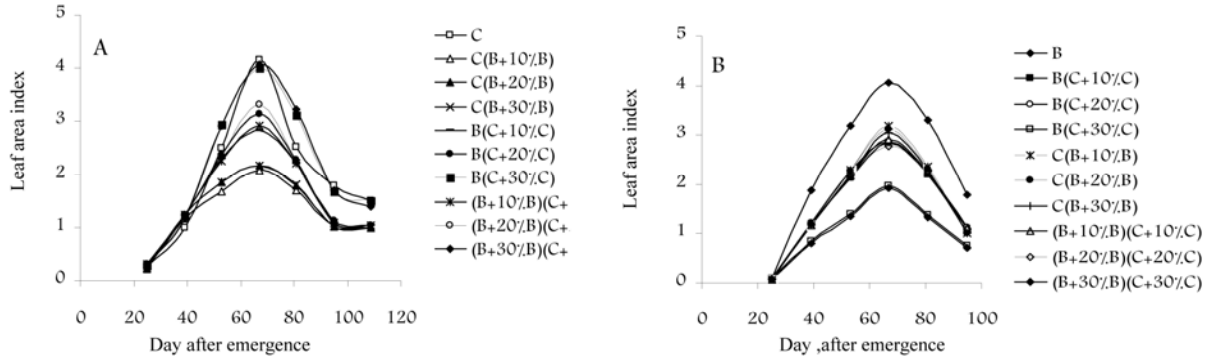
نتایج حاکی از روند مشابه تغییرات شاخص سطح برگ ذرت و لوبیا در طول فصل رشد، صرف نظر از تراکم، برای تمامی تیمارها بود، بطوری که در طول فصل رشد با افزایش تعداد روزهای پس از سبز شدن، شاخص سطح برگ دو گیاه افزایش یافته و در اواخر فصل رشد به دلیل پیری و ریزش برگ‌های پایین کانوپی و جایگزینی آنها با برگهای کوچک 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 کانوپی 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 باضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر با تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر با ۴/۰۷ و کمترین میزان شاخص سطح برگ ذرت در تیمار کشت مخلوط تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضافه ۱۰٪ ذرت بیشتر با ۲/۰۹ بدست آمد.

1- Photosynthetically Active Radiation
2- Radiation Use Efficiency

Archive of SID

www.SID.ir



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

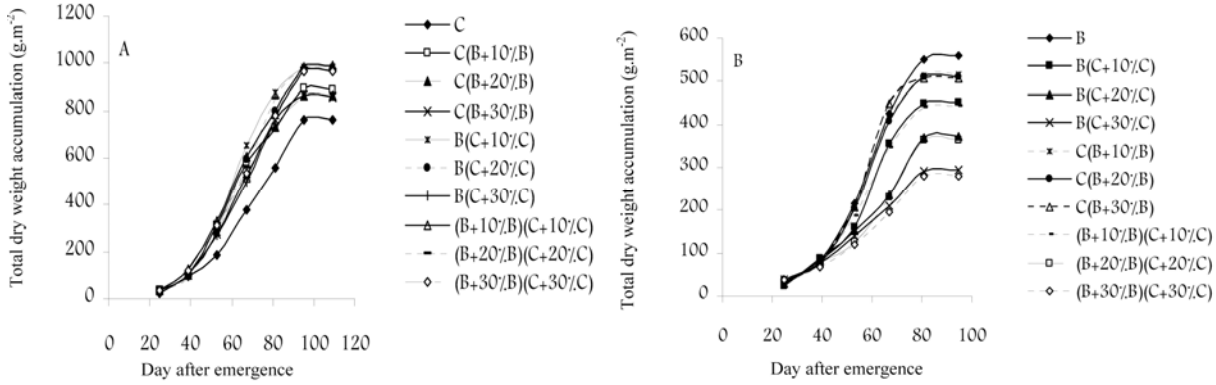
بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ لوبیا در ۷۰-۶۵ روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار کشت خالص لوبیا، (۴/۰۶) و کشت مخلوط تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر با تراکم معمول ذرت باضافه ۳۰٪ ذرت بیشتر، (۱/۹۲) مشاهده شد. اختلاف سطح برگ لوبیا در کشت خالص و مخلوط، علاوه بر جذب کمتر منابع در کشت مخلوط توسط لوبیا به جذب بیشتر تشعشع توسط ذرت در بالای کانوپی و ممانعت 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 مادهٔ 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 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، بطوری‌که در تمام تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمار کشت خالص، ذرت دارای تجمع مادهٔ خشک بیشتری بود که این موضوع می‌تواند به علت جذب بیشتر نور توسط کانوپی کشت مخلوط باشد (شکل ۲). حسین-پناهی (Hossienpanahi, 2008) نیز افزایش تجمع مادهٔ 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.



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

Archive of SID

www.SID.ir

از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی موثر بر میـزان فعالیـت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان تجمع ماده خشک گیاهان می-باشد (Zhang & Li, 2003)، بنابراین حضور لوبیا در کنار ذرت منجر به افزایش تجمع مادهٔ خشک کل در کانوپی کشت مخلـوط شـد، امـا برای لوبیا عدم سایه‌اندازی ذرت بر لوبیا و در نتیجه عدم وجود رقابـت بین گونه‌ای با آن برای کسب منابع در کشت خـالص باعـث افـزایش تجمع ماده خشک تولیدی در تیمار کشت خالص لوبیـا در مقایسـه بـا تیمارهای کشت مخلوط شد. لیندیکوئیست و مرتنسـن (Lindiquist & Mortensen, 1999) نیز در بررسی کشـت مخلـوط ذرت و لوبیـا بیان کردند کـه میـزان تشعشـع نفـوذی بـه درون کـانوپی در کشـت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت کـه ایـن امـر منجـر بـه کاهش میزان تولید و تجمع ماده خشک در لوبیا شد.

روند جذب نور

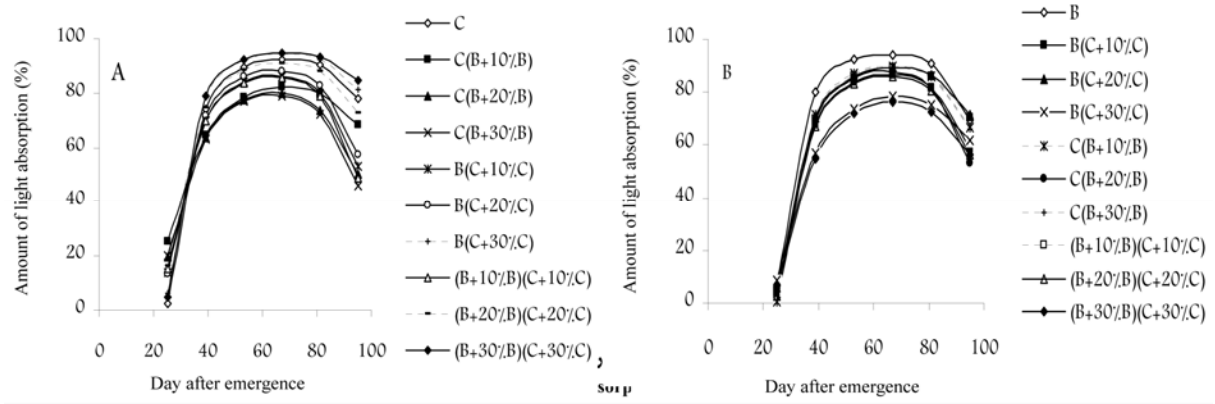
همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، متناسـب بـا افـزایش شاخص سطح برگ، میزان نور جذب شده توسط کانوپی ذرت، لوبیا در کشت خالص و مخلوط نیز به تدریج افزایش یافت و در حدود ۶۵ روز پس از سبز شدن به حداکثر میزان خود رسید، سپس به علت کـاهش شاخص سطح برگ تا انتهای دوره‌ی رشد، روند نزولـی داشـت. قابـل ذرک است که در مراحل انتهایی رشد، در تراکم بالاتر به دلیل رقابـت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای و ریزش سـریع‌تـر بـرگ‌هـا نسـبت بـه تراکم‌های پایین‌تر، جذب نور کاهش یافت.

کارآیی مصرف نور

در تمام تیمارهای کشت مخلوط، تجمـع مـاده‌ی خشـک ذرت و لوبیا با میزان تشعشع فعال فتوسنتزی تجمعی، رابطه خطی داشت کـه شیب این خط بیانگر کارآیی مصرف نور می‌باشد (Monteith, 1977) و میانگین آن در طول فصل رشد برای ذرت از ۱/۹۲ گرم بر مگاژول در تیمارکشت خالص تا ۲/۳۰ گرم بر مگاژول در تیمارکشـت مخلـوط تراکم معمول ذرت با تراکم معمول لوبیا باضـافه ۳۰٪ لوبیـای بیشـتر، بود، که این تفاوت در میان تیمارهای مختلف معنی‌دار نبود (شـکل۴). افزایش فاصله ردیف‌های کاشت ذرت در تیمارهای مخلوط نسبت بـه تیمار تک کشتی، در طی فصل رشد باعث توزیع بهتر نـور در کـانوپی شد و بنظر می‌رسد که این مسئله منجر به افزایش کارآیی مصرف نور شد.

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

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که کارآیی مصرف نور لوبیـا در طی فصل رشد، در تیمارکشت مخلوط با تراکم معمول لوبیا باضافه ۳۰٪ لوبیای بیشتر با تراکم معمول ذرت باضـافه ۳۰٪ ذرت بیشـتر از ۰/۷۲ گرم بر مگاژول تا ۱/۴۵گرم بر مگـاژول در تیمارکشـت خـالص لوبیا متغیر بود که این تفاوت در میان تیمارهای مختلف معنی‌دار نبـود (شکل ۵). از آنجا که کانوپی ذرت دارای حجـم و ارتفـاع بیشـتری در مقایسه با کانوپی لوبیا بـود، عـدم سـایه‌انـدازی ذرت بـر لوبیـا باعـث افزایش کارایی مصرف نور در تیمار کشـت خـالص لوبیـا شـد، امـا در تیمارهای مخلـوط بـا افـزایش تـراکم ذرت و تسـخیر بیشـتر نـور در قسمت‌های فوقـانی کـانوپی، رقابـت درون گونـه‌ای بوتـه‌هـای لوبیـا افزایش یافت و همراه با افزایش تـراکم آنهـا، باعـث کـاهش کـارآیی مصرف نور در لوبیا شد.

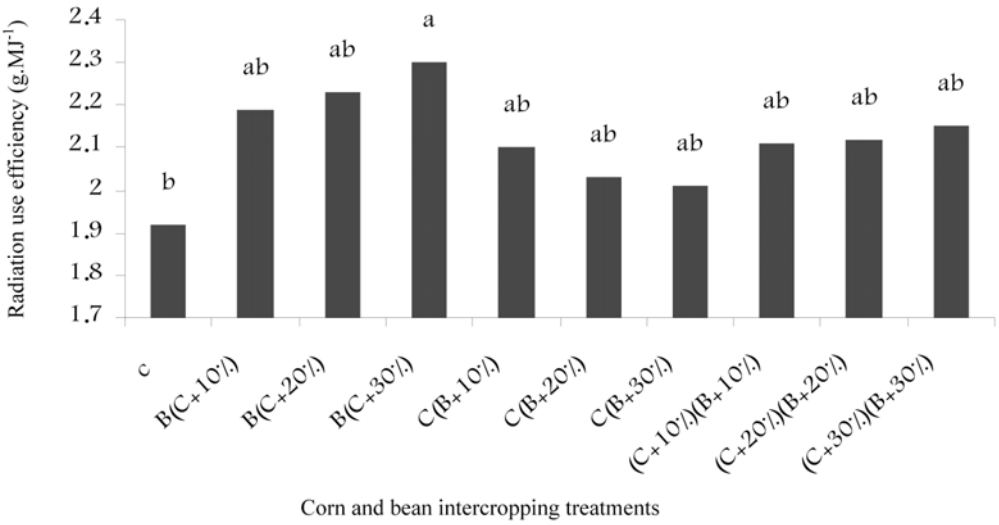


شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر روند جذب نور (درصد) ذرت (A) و لوبیا (B) طی روزهای پس از سبز شدن

Fig. 3- Effect of intercropping treatments on light absorption (%) of corn (A) and bean (B) at after emergence

Archive of SID

www.SID.ir

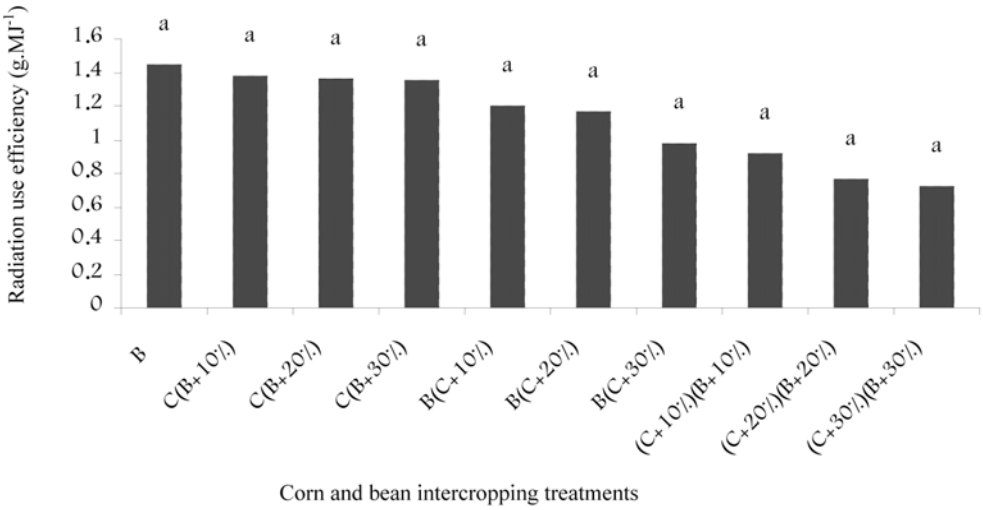


شکل ٤- اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا بر کارایی مصرف نور ذرت (گرم بر مگاژول)

Fig. 4- Effect of corn and bean intercropping treatments on corn radiation use efficiency ($g.MJ^{-1}$)

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 ٥- 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 ($g.MJ^{-1}$)

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.

بطور کلی، تولید ماده خشک درگیاهان، 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 کارآیی مصرف نور در آنها شود، کشت مخلوط می‌باشد. محققان متعددی افزایش، کاهش و یاتاثیر ناچیز کشت 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

www.SID.ir

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 مادهٔ خشک و کارآیی مصرف نور ذرت شد، که این موضوع نشان دهنده‌ی تأثیر مثبت لوبیا بر ذرت می‌باشد، در حالی‌که 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.

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- Lindiquist, 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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.

Archive of SID

www.SID.ir