نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 2، شماره 3، پاییز 1389، ص. 447-437

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 3, Fall 2010, p. 437-447

بررسی دریافت نور و برخی ویژگی‌های کانوپی درکشت‌های خالص و مخلوط ذرت(*Zea mays* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.)

اسماعیل رضائی چیانه[1]*، عادل دباغ محمدی نسب[2]، محمد رضا شکیبا[2]، کاظم قاسمی گلعذانی[2] و سعید اهری زاد[2]

تاریخ دریافت: 89/5/20
تاریخ پذیرش: 89/9/24

چکیده

سیستم‌های کشت مخلوط یکی از روش‌های مدیریت صحیح تو لید محصولات زراعی است که منجر به بهبود جذب و کارایی مصرف منابع توسط گیاهان می‌شود. با همین هدف به منظور بررسی دریافت نور و برخی ویژگی‌های کانوپی درکشت‌های خالص و مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) تحت شرایط آب و هوایی تبریز، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های تصادفی با سه تکرار و 15 تیمار در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال زراعی 86- 1385 اجرا گردید. تیمارها شامل سه تراکم کشت خالص ذرت (6، 7 و 8 بوته در متر مربع)، سه تراکم کشت خالص باقلا (30، 40 و 50 بوته در متر مربع) و نه ترکیب تیماری برای کشت مخلوط دو گونه به روش افزایشی بودند. نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ، درصد نور دریافتی و شاخص کلروفیل در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی‌های ذرت به ترتیب 2/88 ، 37 و 11/94 درصد و نسبت به تک کشتی‌های باقلا به ترتیب 2/63 ،30 و 9/27 درصد افزایش نشان داد. میانگین دمای داخل کانوپی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به میانگین تک کشتی‌های ذرت و باقلا نیز به ترتیب 2/17 و 2/88 درجه سانتیگراد کمتر بود. در بین کشت‌های مخلوط، ترکیب تراکمی هشت بوته ذرت و 50 بوته باقلا در متر مربع بهترین تیمار از نظر دریافت نور توسط کانوپی، شاخص سطح برگ کانوپی، شاخص کلروفیل و دمای کانوپی تشخیص داده شد. ارزیابی تیمارهای مختلف کشت مخلوط با استفاده از نسبت برابری زمین (LER) نشان داد که میزان LER در تمام تیمارهای مخلوط ذرت و باقلا بزرگتر از یک بود. ترکیب تیماری 6 بوته ذرت با تراکم‌های 50 و 40 بوته باقلا، بالاترین نسبت برابری زمین (1/97) را به خود اختصاص داد که معادل 97/5 درصد افزایش در بهره وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود و این نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

واژه‌های کلیدی: دمای کانوپی، شاخص سطح برگ، کلروفیل، نسبت برابری زمین، نور دریافتی

مقدمه

در دهه‌های گذشته با چند برابر شدن جمعیت دنیا به خصوص در قاره‌های آفریقا و آسیا تقاضا برای غذا و مسکن، افزایش یافته است، از طرف دیگر، ولی اراضی در دسترس کشاورزی کاهش یافته است. مهمترین راه چاره برای حل این چالش پیدا کردن راهی است که تا حد ممکن بتوان با زمین کمتر، تولید بیشتر به مدت طولانی‌تر داشت. یک راه ممکن افزایش غذا با حفظ سطح زیر کشت، استفاده از سیستم کشت مخلوط است. با این حال در سیستم‌های مدرن تولید گیاهان زراعی روش‌های مدیریتی بکار رفته توسط کشاورزان، برای رسیدن به تولیدی بالاتر در حال بهبود است. از رایج‌ترین این روش‌ها افزایش کارایی مصرف منابعی همچون آب، عناصر غذایی، سطح زمین، تشعشع خورشید و یا دی اکسیدکربن اتمسفر است. در بین منابع مصرفی برخی از آنها، همچون نور خورشید، دارای اهمیت بیشتری می‌باشد (Koocheki et al., 2009). یکی از روش‌های مدیریت صحیح تولید محصولات زراعی که منجر به بهبود کارایی مصرف منابع می‌شود، سیستم های کشت مخلوط است. کشت مخلوط عبارت از کشت توام دو یا چند گونه گیاهی در زمان و مکان مشخص است (Vandermeer, 1989). مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص به استفاده بیشتر از نور و رطوبت و افزایش راندمان مصرف منابع مربوط می‌باشد (Watiki et al., 1993). نور به این دلیل که لحظه‌ای و غیر قابل ذخیره سازی است و در صورت عدم جذب از دسترس خارج می‌شود، به عنوان یکی از مهمترین عوامل رقابت در

1و 2- به ترتیب دانشجوی دکتری و اعضاء هیأت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.
(*- نویسنده مسئول E-mail: ismaeil.rezaei@gmail.com)

اکوسیستم‌های زراعی شناخته شده است (Awal et al., 2006). ظرفیت گونه‌های گیاهی برای بهره گیری مطلوب‌تر از نور به دو عامل مقدار نور و توزیع آن به منظور دریافت توسط اجزای مخلوط و کارآیی مصرف نور دریافتی بستگی دارد (Beyshlag et al.,1990). اگر اجزای تشکیل دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی متفاوت عمل کنند از این منابع به طور مؤثرتری استفاده خواهد شد و در نتیجه در چنین حالتی عملکرد افزایش می یابد. افزایش دریافت و استفاده بهینه از نور اغلب یکی از دلایل مزیت کشت‌های مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص بیان گردیده است (Willey, 1979). گیاهان کشت شده به صورت مخلوط به دلیل آشیان‌های اکولوژیک متفاوت، در کمترین زمان قادرند تمام آشیان‌های ممکن را به طور کامل اشغال کنند. که این امر موجب افزایش دریافت نور توسط کانوپی مخلوط نسبت به کانوپی خالص می گردد (Tsubo & Walker, 2004). اگر ارتفاع گونه‌های گیاهی تشکیل دهنده مخلوط متفاوت باشد و گونه بلندتر دارای پتانسیل فتوسنتزی بیشتر و برگ‌های افراشته تری باشد و گونه کوتاهتر از فتوسنتز بالقوه کمتر و برگ‌های افقی تر برخوردار باشد، نور بیشتری توسط کشت مخلوط دریافت شده و به طور مؤثرتری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Willey, 1990). زمانی که شاخص سطح برگ بالا است افراشتگی برگ، میزان فتوسنتز جامعه گیاهی و در نتیجه میزان رشد کانوپی را می‌تواند به صورت چشم‌گیری افزایش دهد (Mason et al., 1986). در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش شده است که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آنها بالاتر بود و این شاخص سطح برگ بالاتر منجر به استفاده بهینه از نور دریافتی توسط کانوپی و افزایش عملکرد شد (Tsubo & Walker, 2004). انتظار می‌رود که بالا بودن شاخص سطح برگ، افزایش جذب تشعشع خورشید را در پی داشته باشد. بنابراین تعیین شاخص سطح برگ می‌تواند ارتباط نزدیک آن را با درصد نور دریافتی توسط کانوپی کشت‌های خالص و مخلوط به طور آشکار نشان دهد. رابطه شاخص سطح برگ با جذب تشعشع توسط چندین محقق درکشت مخلوط گزارش شده است (Singer et ; Ahmandvand et al., 2006). al., 2007 بر طبق گزارش پارسا و باقری (Parsa & Bagheri, 2008) در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، تثبیت نیتروژن باقلا (*Vicia faba* L.) به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. بنابراین افزایش میزان کلروفیل برگی در گیاهان کشت شده به صورت مخلوط طبیعی به نظر می رسد. از آنجایی که بین میزان کلروفیل برگ و میزان نیتروژن آن رابطه مستقیم برقرار است، می‌توان استنباط کرد که هر قدر دسترسی گیاه به نیتروژن مناسب تر باشد، کلروفیل برگی به طور متناسبی افزایش می‌یابد و میزان فتوسنتز آن نیز بهبود خواهد یافت. نصرالله زاده و همکاران (Nasrullahzadeh et al., 2007) گزارش کرده‌اند که باقلا گیاه با ارزشی است که به عنوان یک جزء مهم در کشت مخلوط و در شرایط جنگل زراعی یعنی شرایطی که سایه یک عامل محدود کننده است می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این آزمایش نشان داد که شاخص سطح برگ، پوشش سطح خاک، روزها تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها و وزن دانه و عملکرد دانه در واحد سطح تحت شرایط سایه در مقایسه با نور کامل خورشید بالاتر بود. آزمایش حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) بالاترین نسبت برابری زمین برای تولید دانه را 1/37 در مخلوط ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum americanum* L.) و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) نشان داد. در بررسی آژیژنهیو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) عملکرد نسبی جو(*Hordeum vulgare* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) به ترتیب برابر 0/85 و 0/38 و نسبت برابری زمین کل برابر 1/23 بود. هاگارد نیلسن و همکاران Haugaard – (Nielsen et al., 2001) در کشت مخلوط جو و نخود (*Cicer arietinum* L.) نشان دادند که نسبت برابری زمین (LER) [1] بین 1/23-1/05 بوده است. در آزمایشات دیگری که در کشت مخلوط ذرت و باقلا توسط مینال و همکاران (Minale et al ., 2001) و ونکسو و همکاران (Wenxue et al., 2005) صورت گرفت، نسبت برابری زمین به ترتیب حدود 2-1/5 و 1/58-1/21 بدست آمد. بنابراین این پژوهش کشت مخلوط ذرت و باقلا که به دلیل برخورداری از خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیکی متعدد و عملکرد برای کشت در نقاط مختلف مورد توصیه قرار می‌گیرد. بنابراین این آزمایش در راستای تعیین بهترین ترکیب مخلوط ذرت و باقلا در مقایسه با تک کشتی از لحاظ دریافت نور و امتیازات کشت مخلوط در کانوپی در شرایط آب و هوایی تبریز اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه ای در بهار سال 86- 1385 در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در هشت کیلومتری شرق تبریز در اراضی کرکج اجرا گردید. اقلیم منطقه آزمایش نیمه استپی سرد و یا نیمه خشک بوده و میانگین‌های متوسط دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر 10 درجه سانتیگراد و271 میلیمتر گزارش شده است. خاک محل آزمایش از نوع شنی لومی می‌باشد. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره گل اشباع (EC) معادل 0/52 دسی زیمنس بر متر و میزان pH خاک در حدود 7/3 است.

قبل از کاشت، به میزان 30 کیلو گرم در هکتار کود اوره به عنوان کود آغازین به خاک اضافه شد. بذرها در اواسط اردیبهشت ماه با فاصله ردیف‌های کاشت 60 سانتی متر کشت گردید و هر کرت

1 Land Equivalent Ratio

آزمایشی دارای پنج ردیف کاشت بود. بین واحدهای آزمایشی دو ردیف نکاشت معادل 120 سانتی متر فاصله گذاشته شد. در کشت‌های خالص، باقلا در دو طرف هر پشته و ذرت تنها در یک طرف پشته ها در محل داغاب کشت شدند، اما در تیمارهای مخلوط به صورت ردیفی، ذرت دریک طرف پشته و باقلا در طرف دیگر همان پشته با رعایت تراکم‌های مورد نظر کشت گردیدند. عملیات وجین علف‌های هرز به طور مرتب به صورت دستی و در هنگام لزوم انجام شد و آبیاری بر حسب شرایط اقلیمی منطقه به طور متوسط هر هفته یکبار به طریقه آبیاری جوی و پشته انجام گرفت. بذرهای باقلای تیپ بهاره که از توده‌های محلی تبریز بود، از مرکز تحقیقات کشاورزی تبریز تهیه شد. این بذرها قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم[1] آغشته شدند. رقم مورد استفاده ذرت b666 ایتالیایی از تیپ متوسط رس تهیه شده از سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان غربی ـ شهرستان نقده بود. آزمایش کشت مخلوط از نوع افزایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در 15 تیمار و سه تکرار پیاده شد. تیمارها شامل سه تراکم کشت خالص ذرت (6، 7 و 8 بوته در متر مربع)، سه تراکم کشت خالص باقلا (30، 40 و 50 بوته در متر مربع) و نه ترکیب تیماری برای دو گونه بودند (جدول1). بذرها به ترتیب در مرحله رسیدگی با رطوبت وزنی 14 درصد برای ذرت و 15 درصد برای باقلا برداشت شدند. میزان نور رسیده به بالا و زیر سایه انداز گیاهان با دستگاه نورسنج (Sun scan مدل ΔT انگلستان) اندازه گیری شد. اندازه گیری نور در یک روز آفتابی در فاصله ساعات 14 ـ11 در مرحله شروع بلال دهی ذرت که مصادف با شروع پر شدن دانه باقلا بود، انجام شد. اندازه گیری نور در هر کرت، در بالای کانوپی و کف کانوپی (سه تکرار در جهت عمود بر ردیف‌های کاشت) انجام شد.

میزان نور دریافت شده نهایی توسط کانوپی‌های خالص و مخلوط از اختلاف نور در بالای کانوپی و کف کانوپی محاسبه شد (Tesfaye et al., 2006). همچنین همزمان با اندازه گیری نور توسط دستگاه نورسنج (Sun scan مدل ΔT انگلستان)، میزان شاخص سطح برگ توسط همین وسیله مورد اندازه گیری قرار گرفت. دمای کانوپی نیز همزمان با اندازه گیری درصد نور دریافتی توسط دماسنج از سه قسمت مختلف بالا، وسط و پایین کانوپی اندازه گیری شد، سپس از میانگین دمای این سه قسمت، در حوالی ساعت‌های 11 الی 14 دمای کانوپی تعیین گردید. برای اندازه گیری کلروفیل برگ از کلروفیل سنج (SPAD -502، شرکت مینولتا) در همان مرحله نمو دو گونه ذرت و باقلا استفاده گردید. اندازه‌گیری از سه قسمت بالا، وسط و برگ‌های پایین دو گونه زراعی در کانوپی و همچنین از سه قسمت مختلف انتهایی، وسطی و پایینی برگ‌های بالغ هر دو گونه به صورت مجزا صورت گرفت. سپس از میانگین اندازه گیری از سه قسمت مختلف، میزان کلروفیل برای هر دو گونه به طور جداگانه یاداشت شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-Cو SPSS انجام گرفت. مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 1 درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ کانوپی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، شاخص سطح برگ کانوپی در کشت‌های خالص و کشت های مخلوط ذرت و باقلا در سطح 1 درصد معنی دار شد (جدول 2).

شاخص سطح برگ کانوپی در کشت‌های مخلوط ذرت و باقلا بیشتر از کشت‌های خالص هر دو گونه بود. میزان شاخص سطح برگ در تراکم های 7 و 8 بوته ذرت در کشت های خالص به میزان 1/35 درصد بیشتر از کشت‌های خالص باقلا بود که نشان می‌دهد شاخص سطح برگ کانوپی در کشت خالص ذرت نسبت به کشت خالص باقلا بالاتر است. به عبارتی، شاخص سطح برگ ذرت نسبت به باقلا بیشتر تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط قرار گرفت. در کشت‌های مخلوط، با افزایش تراکم ذرت و باقلا در واحد سطح، شاخص سطح برگ کانوپی به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین شاخص سطح برگ از ترکیب تراکمی 8 بوته ذرت و 50 بوته باقلا در متر مربع بدست آمد که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها داشت (شکل 1). نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ کانوپی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی‌های ذرت و باقلا به ترتیب 2/63 و 3/88 درصد بیشتر بود، علت افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌تواند به دلیل فراهمی نیتروژن برای ذرت از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باقلا، توزیع مطلوب تر نور توسط کانوپی ذرت باشد. بنابراین وجود اثرات تسهیل کنندگی و تکمیل کنندگی ذرت و باقلا در کنار یکد یگر منجر به افزایش شاخص سطح برگ هر یک از گیاهان به تنهایی شد. کای‌هان و همکاران (Kayhan et al., 1999) در کشت مخلوط ذرت و سویا دریافتند که در مرحله متوقف شدن رشد رویشی و ظهور گل آذین نر ذرت بیشترین شاخص سطح برگ بدست آمد. محققان دیگر نیز افزایش شاخص سطح برگ گیاهان مخلوط شده نسبت به حالت تک کشتی آنها را گزارش کرده‌اند (Singer et al., 2007; Rostami et al., 2009 Koocheki et al, 2009) نتیجه تحقیق نشان داد که شاخص سطح برگ در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بدست آمد که این امر می‌تواند روی درصد نور دریافتی کانوپی تاثیر مثبتی داشته باشد که احتمالاً به دلیل سایه اندازی ذرت

1- *Rhizobium leguminozarum*

مخصوصاً در تراکم‌های بالاتر روی کانوپی باقلا، این گیاه جهت جذب نور اقدام به افزایش سطح برگی خود نموده که این امر از یک طرف منجر به افزایش شاخص سطح برگ باقلا و از طرف دیگر، تأثیر مثبت بوته‌های باقلا بر افزایش شاخص سطح برگ کانوپی داشته از طرفی احتمالاً موجب حفظ بیشتر رطوبت خاک و کاهش دما گردیده و نهایتاً موجب افزایش رطوبت نسبی کانوپی ذرت گردید. بنابراین، تعدیل میکروکلیمای کانوپی مخلوط می‌تواند موجب افزایش شاخص سطح برگ کانوپی مخلوط نسبت به کانوپی خالص گردد.

درصد نور دریافتی

درصد نور دریافتی در کشت‌های خالص و کشت‌های مخلوط ذرت و باقلا در سطح 1 درصد معنی‌دار شد (جدول 2). درصد نور دریافتی در کشت‌های مخلوط ذرت و باقلا بیشتر از کشت‌های خالص هر دو گونه بود. تراکم‌های 7 و 8 بوته ذرت در کشت‌های خالص، به طور متوسط 13 درصد نور بیشتری را نسبت به کشت‌های خالص باقلا دریافت کردند. میزان نور دریافتی کانوپی در کشت‌های مخلوط، با افزایش تراکم باقلا در هر سطح از تراکم ذرت تاثیر قابل توجهی در افزایش درصد نور دریافتی توسط کانوپی داشت. بیشترین درصد نور دریافتی در ترکیب تراکم هشت بوته ذرت و 30 بوته باقلا در متر مربع حاصل شد که اختلاف معنی داری با ترکیبات تراکمی 8 با 40، 8 با 50، 7 با 40 و 7 با 50 بوته ذرت و باقلا در متر مربع نداشت (شکل 2).

جدول 1- تیمارهای آزمایشی در تراکم‌های مختلف ذرت و باقلا

Table 1- Experimental treatments as maize and faba bean densities

Treatments تیمارها	تراکم ذرت در متر مربع Maize density ($plants.m^2$)	تراکم باقلا در متر مربع Faba bean density ($plant.m^{-2}$)
کشت خالص ذرت (Monocropped maize)		
Monocropped maize (a_1)	6	0
Monocropped maize (a_2)	7	0
Monocropped maize (a_3)	8	0
کشت خالص باقلا (Monocropped faba bean)		
Monocropped faba bean (b_1)	0	30
Monocropped faba bean (b_2)	0	40
Monocropped faba bean (b_3)	0	50
کشت مخلوط intercropping		
intercropping (a_1b_1)	6	30
intercropping (a_1b_2)	6	40
intercropping (a_1b_3)	6	50
intercropping (a_2b_1)	7	30
intercropping (a_2b_2)	7	40
intercropping (a_2b_3)	7	50
intercropping (a_3b_1)	8	30
intercropping (a_3b_2)	8	40
intercropping (a_3b_3)	8	50

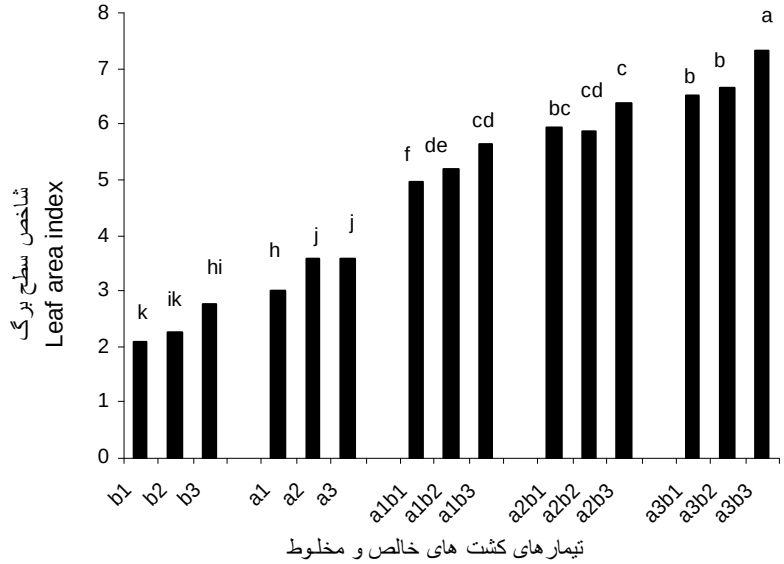
جدول 2- تجزیه واریانس ویژگی‌های مورد ارزیابی ذرت در کشت مخلوط ذرت و باقلا به همراه کشت خالص ذرت

Table 2- Analysis of variance for measured traits of sole and intercrop maize at different maize and faba bean densities.

		میانگین مربعات (MS)			
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	دمای داخل کانوپی Canopy temperature	درصد نور دریافتی Light interception	شاخص سطح برگ Leaf area index
تکرار Replication	2	0.591	0.004	9.800	50906.652
تیمار Treatment	14	98.008**	9.144**	569.533**	734267.533**
خطا Error	28	0.838	0.090	10.276	8017.502
CV (%)		11.99	9.32	23.53	33.21

** معنی دار در سطح احتمال 1 درصد

** is significant at $p \leq 0.01$.



شکل 1- شاخص سطح ذرت و باقلا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط

Fig. 1- Leaf area index of maize and faba bean at the different intercropping treatments

b_1: تراکم 30 بوته باقلا در واحد مترمربع، b_2: تراکم 40 بوته باقلا در واحد مترمربع و b_3: تراکم 50 بوته باقلا در واحد مترمربع

a_1: تراکم 6 بوته ذرت در واحد مترمربع، a_2 : تراکم 7 بوته ذرت در واحد مترمربع و a_3: تراکم 8 بوته ذرت در واحد مترمربع

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی داری در سطح احتمال 1 درصد ندارند.

b_1, **b_2** and **b_3**: 30, 40 and 50 faba bean plants per m^2, respectively. **a_1**, **a_2**: and **a_3**: 6, 7 and 8 maize plants per m^2, respectively.

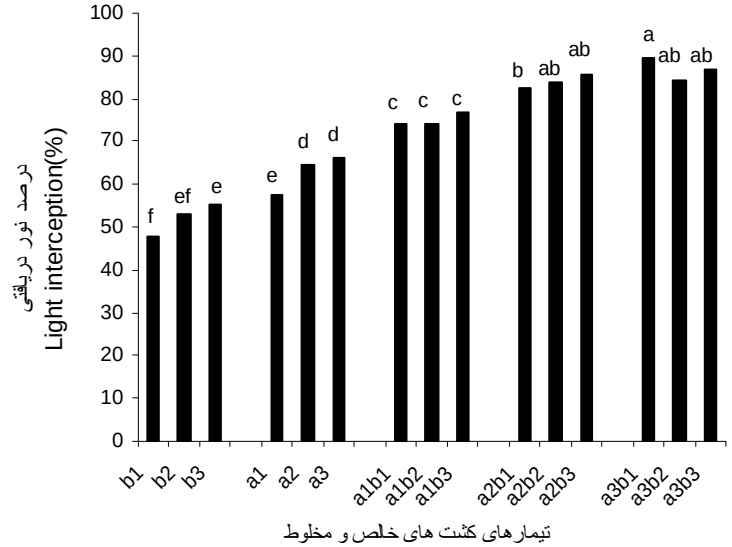
Means with a same letter are not significant different ($p \leq 0.01$) based on Duncan test.

نتایج نشان داد که متوسط نور دریافتی در کشت مخلوط نسبت به میانگین تک کشتی‌های ذرت و باقلا به ترتیب 30 و 37 درصد افزایش نشان داد، علت این امر را می توان به افزایش شاخص سطح برگ در تراکم‌های بالا ربط داد که موجب بسته شدن کانوپی شده و از هدر روی نور عبوری به داخل کانوپی کاسته شده است. جذب نور توسط کانوپی کشت مخلوط نسبت به خالص بیشتر بود که به نظر می رسد به علت تغییر ساختار کانوپی ذرت و باقلا از طریق مجاورت در کنار یکدیگر باشد. حضور باقلا در زیر کانوپی ذرت منجر به جذب طول موج های انتقال یافته و منعکس شده توسط کانوپی ذرت می‌شود و این موضوع باعث افزایش جذب نور کانوپی کشت مخلوط نسبت به خالص در تیمارهای کشت مخلوط، در تمام طول دورهٔ نمو شد. احمدوند و همکاران (Ahmadvand et al., 2006) در کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) نشان داده اند که با افزایش مصرف کود نیتروژن از 25 به 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کل نور جذب شده توسط کانوپی از 80 به بیش از 90 درصد افزایش یافت و در هر ارتفاعی از کانوپی درصد جذب تابش در سطح بالای مصرف نیتروژن بیشتر از سطح پایین بود که علت را آن افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ در هر لایه از کانوپی مخلوط بیان نموده‌اند. محققان دیگر نیز کل درصد نور دریافتی را در کشت مخلوط، بالاتر از حالت تک کشتی گزارش کردند (Koocheki 2009 ; Shikata et al., 2003; Li et al., 1999). افزایش تراکم باقلا و متفاوت بودن شکل و زاویه برگی برای دو گونه مورد کشت در این تحقیق و پوشش فضاهای خالی کانوپی باعث استفاده بهینه از میزان نور درکشت مخلوط شده است. تفاوت اصلی در دریافت نور با سایر منابع محیطی این است که نور قابل ذخیره شدن نیست، بنابراین، به طور کلی سیستمی در جذب نور موفق‌تر است که اولاً بتواند از نور رسیده به سطح کانوپی حداکثر استفاده را به عمل بیاورد و در ثانی سطوح دریافت کننده دوام بیشتری داشته باشد. از اینرو، سرعت بسته شدن کانوپی با مقدار استفاده از نور رابطه مستقیم دارد. یک برگ یا کانوپی حتی در تراکم‌های مطلوب در کشت خالص نمی‌تواند به طور کامل از نور موجود استفاده کند (Keating & Carbery, 1993). کشت مخلوط دو گونه با آرایش برگی و ارتفاع متفاوت، نسبت به تک کشتی نور بیشتری را از نظر کمی و کیفی جذب می‌کنند (Awal et al., 2006). در واقع در زراعت‌های تک کشتی همواره مقادیری از تشعشع فتوسنتزی به دلیل وجود فضاهای خالی در کانوپی تلف می‌شود. مقدار این تلفات در زراعت‌های مخلوط به دلیل پوشش بیشتر سطح خاک کاهش یافته و در نتیجه میزان جذب تشعشع کل نسبت به تک کشتی بیشتر می‌شود که این مسئله به تنهایی می‌تواند سبب افزایش عملکرد گردد. ماریوتی و ماسونی (Mariotti & Masoni , 1997) نشان دادند که کشت

مخلوط یولاف و ماشک به طور متوسط 20 درصد نور بیشتری نسبت به میانگین دریافت تک کشتی‌ها اخذ کرده‌اند و دلیل این امر کاهش انعکاس نور بوده است. نور موثر در فتوسنتز که ممکن است به خاطر رشد کم ذرت در ابتدای فصل و گذشت سن باقلا در انتهای دوره رشد مورد استفاده قرار نگیرد. با کشت مخلوط این دو گونه با کارآیی بیشتری مورد مصرف قرار می‌گیرد. بر اساس یافته های کیتینگ و کاربری (Keating & Carbery, 1993) کشت مخلوط گندم و باقلا به دلیل تفاوت در زمان رشد، آرایش شاخ و برگ و شکل کانوپی در دریافت و جذب نور خورشید موفق تر عمل می کند. نتایج آزمایشات مختلف نشان می‌دهند که کارآیی مصرف نور در کشت مخلوط ذرت – لوبیا (Li et al ., 1999)، ذرت – باقلا (Tsubo et al., 2001)، جو (*Hordeum vulgare* L.) – باقلا (Getachew et al., 2006) نسبت به کشت خالص این گیاهان بالاتر است. به استناد تحقیقات مختلف، بالا بودن کارآیی مصرف نور در کشت مخلوط یک مزیت عمده به شمار می‌آید و با انتخاب گیاهان مناسب و ترکیب مطلوب می‌توان از طریق این روش کاشت امکان استفاده از حداکثر نور را فراهم نمود.

دمای داخل کانوپی

دمای داخل کانوپی در کشت‌های خالص و کشت‌های مخلوط ذرت و باقلا در سطح 1 درصد معنی‌دار شد (جدول 2). دمای داخل کانوپی در کشت‌های مخلوط ذرت و باقلا کمتر از کشت‌های خالص هر دو گونه بود. همچنین دمای داخل کانوپی در تراکم هشت بوته ذرت در کشت خالص کمتر از تراکم‌های شش و هفت بوته ذرت و کشت‌های خالص باقلا بود (شکل3). نتایج حاکی از این است که متوسط دمای داخل کانوپی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به میانگین تک کشتی‌های ذرت و باقلا به ترتیب 2/17 و 2/88 درجه سانتیگراد کمتر بود. تراکم بوته، کیفیت نور رسیده، جهت کاشت، وزش باد روی دمای کانوپی می‌تواند موثر می‌باشد. جایا و همکاران (Jaya et al., 2008) در کشت مخلوط ذرت و کلم گل (*Brassica oleracea* L.) به این نتیجه رسیدند که در تراکم‌های مطلوب به دلیل سایه‌اندازی ذرت دمای کانوپی مخلوط کمتر شده است. در کشت مخلوط تأثیر مثبت بوته‌های دو گونه که افزایش پوشش زمین، حفظ بیشتر رطوبت خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک، افزایش راندمان مصرف آب و افزایش رطوبت نسبی کانوپی را باعث می‌شود، دمای کانوپی را نسبت به کشت خالص پایین می‌آورد (Anthony & Rene, 2008). در مجموع، به استناد این تحقیق و تحقیقات قبلی چنین استنباط می‌شود که دمای میکروکلیمای کانوپی در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص است.



شکل 2- درصد نور دریافتی ذرت و باقلا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط

Fig. 2- Lightinterception of maize and faba bean at the different intercropping treatments

b_1: تراکم 30 بوته باقلا در واحد مترمربع، b_2: تراکم 40 بوته باقلا در واحد مترمربع و b_3: تراکم 50 بوته باقلا در واحد مترمربع

a_1: تراکم 6 بوته ذرت در واحد مترمربع، a_2: تراکم 7 بوته ذرت در واحد مترمربع و a_3: تراکم 8 بوته ذرت در واحد مترمربع

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی داری در سطح احتمال 1 درصد ندارند.

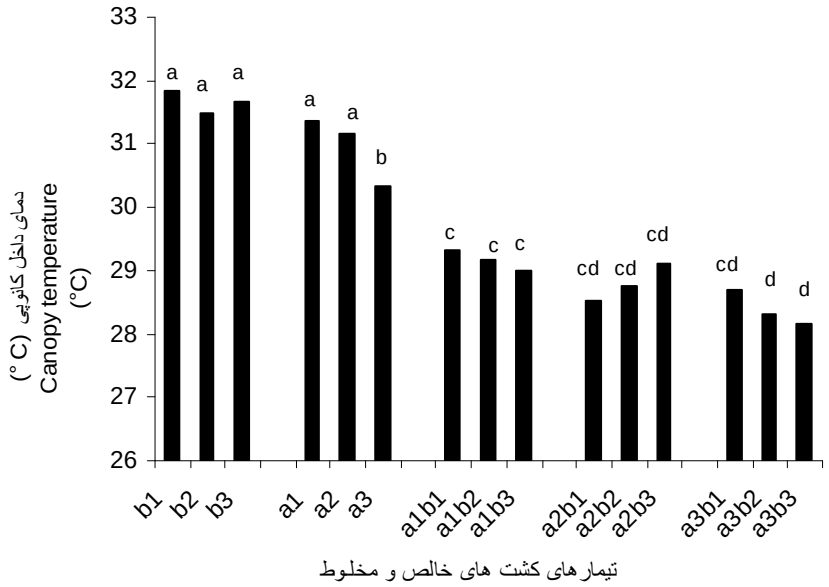
b_1, b_2 and b_3: 30, 40 and 50 faba bean plants per m^2, respectively. a_1, a_2: and a_3: 6, 7 and 8 maize plants per m^2, respectively.

Means with a same letter are not significant different ($p \leq 0.01$) based on Duncan test.

تعرق بیشتر رطوبت نسبی را بالا برده و انرژی ورودی به کانوپی صرف فرآیندهای تولید و فتوسنتز شده و سهم انرژی اختصاص یافته برای گرمایش هوا کاهش می‌یابد. این عوامل خنک شدن نسبی میکروکلیما را موجب می‌شود و از آنجایی که دمای میکروکلیما تا حدی به رطوبت نسبی کانوپی بستگی دارد، هوای مرطوب، دمای کانوپی کشت مخلوط را متعادل نگه می‌دارد و دمای آن نسبت به کانوپی خالص آهسته‌تر سرد می‌شود. در این آزمایش با اضافه شدن تراکم‌های باقلا به کانوپی ذرت، احتمالاً به دلیل بالا رفتن رطوبت نسبی کانوپی و سایه اندازی بیشتر و کاهش هدر روی نور، دمای کانوپی در تراکم‌های بالاتر نسبت به تراکم‌های پایین‌تر، کاهش یافت. شاید از این آزمایش بتوان چنین نتیجه گیری کرد که انتخاب تراکم مطلوب موجب متعادل شدن دمای کانوپی در کشت مخلوط می شود که این امر هم سبب افزایش سطح برگ و دریافت نور بیشتر و هم سهم تولید عملکرد بالاتر خواهد شد.

شاخص کلروفیل

شاخص کلروفیل در کشت‌های خالص و کشت‌های مخلوط ذرت و باقلا در سطح 1 درصد معنی دار شد (جدول 2). شاخص کلروفیل در کشت‌های مخلوط ذرت و باقلا بالاتر از کشت‌های خالص هر دو گونه بود. همانند شاخص سطح برگ و درصد نور دریافتی، تراکم های هفت و هشت بوته ذرت در کشت‌های خالص نسبت به کشت‌های خالص باقلا از شاخص کلروفیل بیشتری برخوردار بودند، به طوری که شاخص کلروفیل ذرت در کشت خالص نسبت به کانوپی خالص باقلا به طور متوسط 4 درصد بالاتر بود. در کشت‌های مخلوط، با افزایش تراکم ذرت و باقلا در واحد سطح، شاخص کلروفیل به طور معنی داری افزایش یافت. بیشترین شاخص کلروفیل در ترکیب تراکم هشت بوته ذرت با 40 بوته باقلا در متر مربع حاصل شد که اختلاف معنی داری را با ترکیبات تراکم 8 با 50، 7 با 50 و 7 با 40 بوته ذرت و باقلا در متر مربع نداشت (شکل4). از آنجایی که میزان کلروفیل، میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک با همدیگر مرتبط هستند، بیشتر بودن میزان کلروفیل در تراکم‌های بالاتر، می تواند منجر به افزایش فرآیند فتوسنتز، تولید ماده خشک و عملکرد گردد. شاخص کلروفیل برگ در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی های ذرت و باقلا به ترتیب 9/27 و 11/94 درصد بیشتر بود (شکل4).



شکل 3- دمای داخل کانویی ذرت و باقلا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط

Fig. 3- Canopy temperature of maize and faba bean at the different intercropping treatments

b_1: تراکم 30 بوته باقلا در واحد مترمربع، b_2: تراکم 40 بوته باقلا در واحد مترمربع و b_3: تراکم 50 بوته باقلا در واحد مترمربع

a_1: تراکم 6 بوته ذرت در واحد مترمربع، a_2 : تراکم 7 بوته ذرت در واحد مترمربع و a_3: تراکم 8 بوته ذرت در واحد مترمربع

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی داری در سطح احتمال 1 درصد ندارند.

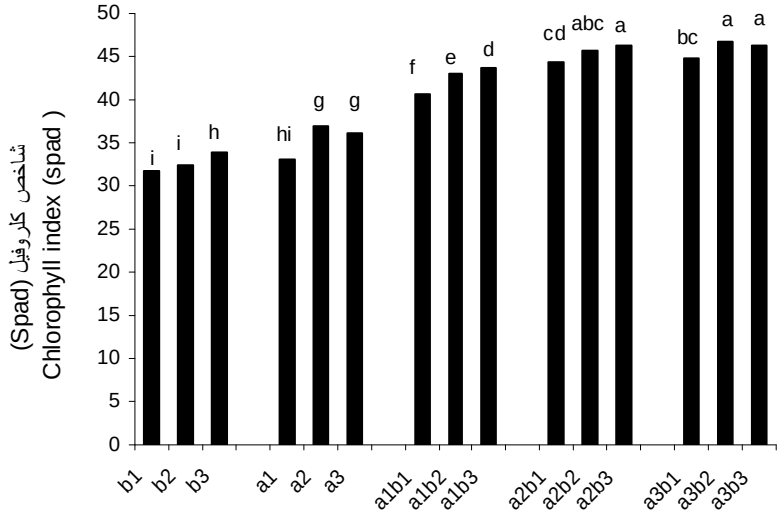
b_1, b_2 and b_3: 30, 40 and 50 faba bean plants per m^2, respectively. a_1, a_2: and a_3: 6, 7 and 8 maize plants per m^2, respectively.

Means with a same letter are not significant different ($p \leq 0.01$) based on Duncan test.

قوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) در کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) گزارش کردند که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بالاتر بوده است، آنان علت این امر را به سایه‌اندازی این دو گیاه روی همدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط سویا نسبت دادند. باید خاطر نشان کرد که در بین لگوم‌های دانه‌ای، باقلا از بیشترین توانایی تثبیت نیتروژن و انتقال آن به گیاه مجاور برخوردار است (Parsa & Bageri, 2008; Li et al., 1999). شاید بتوان افزایش کلروفیل ذرت به موازات افزایش تراکم باقلا را به استفاده ذرت از نیتروژن تثبیت شده توسط باقلا به همراه نیتروژون خاک در کشت مخلوط نسبت داد. البته برگ‌های گیاهان در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، اغلب غلظت کلروفیل بیشتری دارند (Ghosh et al., 2006) که این امر نیز می تواند مزید بر علت باشد. در آزمایشی که توسط ونکیو و همکاران (Wenxue et al., 2005) صورت گرفت مشاهده شد، در کشت مخلوط ذرت و باقلا راندمان مصرف نیتروژن نسبت به تک کشتی این دو گونه بالا رفت. این استفاده بهینه از نیتروژن خاک و نیتروژن تثبیت شده توسط گره‌های ریشه باقلا باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل و فتوسنتز برگی و بالطبع سبب بالا رفتن عملکرد ذرت شد. بین نیتروژن، میزان کلروفیل (Argenta et al., 2004) و عملکرد مطلوب ذرت در کشت های مخلوط با سورگوم‌های دانه‌ای به ویژه باقلا همبستگی مثبت و قابل قبول وجود دارد.

نسبت برابری زمین (LER)

جدول 3 میزان نسبت برابری زمین (LER) را در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نشان می دهد. کلیه تیمارهای کشت مخلوط LER بالاتری را نسبت به کشت خالص دو گیاه داشتند. نتایج نشان می‌دهند که تیمار 6 بوته ذرت با تراکم50 و 40 بوته باقلا بالاترین نسبت برابری زمین (1/97) را به خوداختصاص داده اند که معادل 97/5 درصد افزایش سودمند زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه بود. کمترین LER بدست آمده مربوط به تیمار8 بوته ذرت با تراکم30 و 40 بوته باقلا و معادل 1/22 بود که در این حالت نیز کشت مخلوط حدود 0/22 هکتار در استفاده از زمین سودمندی نشان می‌دهد. شاید علت کاهش LER در تراکم‌های بالاتر را می‌توان به خاطر رقابت برون گونه‌ای بین دو گونه ذرت و باقلا نسبت داد.



شکل 4- شاخص کلروفیل برگ ذرت و باقلا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط

Fig. 4- Chlorophyi index of maize and faba bean at the different intercropping treatments

b_1: تراکم 30 بوته باقلا در واحد مترمربع، b_2: تراکم 40 بوته باقلا در واحد مترمربع و b_3: تراکم 50 بوته باقلا در واحد مترمربع

a_1: تراکم 6 بوته ذرت در واحد مترمربع، a_2: تراکم 7 بوته ذرت در واحد مترمربع و a_3: تراکم 8 بوته ذرت در واحد مترمربع

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن اختلاف معنی داری در سطح احتمال 1 درصد ندارند.

b_1, **b_2** and **b_3**: 30, 40 and 50 faba bean plants per m^2, respectively. **a_1**, **a_2**: and **a_3**: 6, 7 and 8 maize plants per m^2, respectively.

Means with a same letter are not significant different ($p \leq 0.01$) based on Duncan test.

کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک کشتی باشد. اضافه عملکرد به دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین آنها و کمتر بودن علف هرز در سیستم کشت مخلوط نسبت داد (Hemayati et al., 2002). قنبری (Ghanbari, 2000) بالا بودن LER از یک را به خاطر تثبیت و جذب نیتروژن در کشت مخلوط نسبت داده است. وقتی دو گونه در مجاورت هم رشد می کنند، هر دو گونه بری جذب عناصر غذایی در رقابت خواهند بود. اگر یکی از گونه ها دارای منبع دیگری مانند گره‌های تثبیت نیتروژن باشد، در این صورت فشار رقابتی کاهش می-یابد. چرا که گونه لگوم در جذب نیتروژن موجود در خاک با گونه مجاور رقابت کمتری خواهد داشت. در نتیجه دو گونه به رقابت در مورد سایر منابع و یا شاید نور می‌پردازند (Vandermeer, 1989). بنابراین بالا بودن LER از یک در بیشتر تحقیقات کشت مخلوط را به عوامل ذکر شده می‌توان نست داد. هایمس و لی (Haymes & Lee, 1999) در کشت مخلوط گندم و باقلا و لی و همکاران (Li et al, 1999) در کشت مخلوط ذرت و باقلا بالاترین نسبت برابری زمین را برابر 1/22 گزارش کردند، که 22 درصد افزایش سودمندی نسبت به تک کشتی دو گونه بود. در بررسی که توسط گتاچو وهمکاران et (Getachew al., 2006) در کشت مخلوط جو و باقلا انجام گرفت، نسبت برابری زمین به 1/23 افزایش یافت. راجی (Raji, 2007) در کشت مخلوط کنف (*Hibiscus cannabinus* L.) با لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) مقدار LER را بالاتر از یک گزارش کرده است.که نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. نتایج مشابهی توسط آسیم و همکاران (Aasim et al., 2008)و بینگچنگ و همکاران (Bingcheng et al., 2008) گزارش شده است. بنابراین، به استناد تحقیقات مختلف و منجمله این تحقیق، در کشت مخلوط لگوم و غلات، نسبت برابری زمین که به عنوان معیاری برای مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مطرح است، همواره بالاتر از یک بوده است که حاکی از مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آنها می‌باشد.

جدول3- عملکردهای نسبی و نسبت برابری زمین برای عملکرد دانه در ترکیبات تیماری مختلف کشت مخلوط ذرت و باقلا

Table 3- Relative yields (RY), land equivalent ratio (LER) for grain yields of maize and faba bean at the different intercropping densities

Treatments تیمارها	Maize (RY) عملکرد نسبی ذرت	Faba bean (RY) عملکرد نسبی باقلا	LER نسبت برابری زمین
(a_1b_1)	0.74	1.17	1.91
(a_1b_2)	0.78	1.19	1.97
(a_1b_3)	0.78	1.19	1.97
(a_2b_1)	0.63	1.19	1.82
(a_2b_2)	0.63	1.10	1.73
(a_2b_3)	0.65	0.78	1.43
(a_3b_1)	0.64	0.58	1.22
(a_3b_2)	0.64	0.58	1.22
(a_3b_3)	0.64	0.7	1.34

b_1: تراکم 30 بوته باقلا در واحد مترمربع، b_2: تراکم 40 بوته باقلا در واحد مترمربع و b_3: تراکم 50 بوته باقلا در واحد مترمربع

a_1: تراکم 6 بوته ذرت در واحد مترمربع، a_2 : تراکم 7 بوته ذرت در واحد مترمربع و a_3: تراکم 8 بوته ذرت در واحد مترمربع

b_1, b_2 and b_3: 30, 40 and 50 faba bean plants per m^2, respectively. a_1, a_2: and a_3: 6, 7 and 8 maize plants per m^2, respectively.

منابع

1- Aasim, M., Umer, E.M., and Karim, A. 2008. Yield and competition indices of intercropping cotton (*Gossypum hirstum* L.) using different planting pattern. Journal of Tarim Bilimleri Dergis 4: 326-333.

2- Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and Land – use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. European Journal of Agronomy 25: 202 –207.

3- Ahmadvand, A., Nasiri- Mahalati, M., and Koocheki, A. R. 2006. Effect of light competition and nitrogen fertilizer on canopy structure of wheat and wild oat. Journal of Agricultural Science and Natural Resourse 6: 1-12. (In Persian with English Summary)

4- Anthony, R.S., and Rene, C.V. 2008. Land equivalent ratios, Light interception, and water in annual intercrops in the presence or absence of in-crop herbicides. Agronomy Journal 100: 1145-1154.

5- Argenta, G., Silva, P.F., and Sangoi, L. 2004. Leaf relative chlorophyll content as a parameter to predict nitrogen fertilization in maize. Cienica Rural, Santa Maria 34: 1379-1387.

6- Awal, M. A., Koshi, H., and Iked, T. 2006. Radiation interception and use by maize / peanut intercrop canopy.

Agricultural and forest meteorology 139: 74- 83.
7- Beyshlag, W., Barnes, P. W., Rywel, R., Caldwell, M.M., and Flint, S.D. 1990. Plant competition for light analyzed with a multispecies canopy model. II. Influence of photosynthetic characteristics on mixtures of wheat and wild oat. Ecological Journal 82: 374-380.
8- Bingcheng, X., Shan. L., Zhang, S., Deng, X., and Li, F. 2008. Evaluation of switch grass and sainfoin intercropping under 2:1 row – replacement in semiarid region northwest china African Journal Biotechnology 7: 4056-4067.
9- France, B., Urska, Z., Silva, G. M., Martina, B., and Laszlo, R. 2000. Competitive ability of maize in mixture with climbing bean in organic farming. Available at: http:// www. Organic. org.
10- Getachew, A., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and Land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. European Journal of Agronomy 25: 202 –207.
11- Ghanbari, B.A. 2000. Intercropping field bean (*Vicia faba* L.) and wheat (*Triticume aestivume* L.) as a low-input forage. PhD Thesis Wye Collage University of London UK.
12- Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.K., Ajay, A.K., Tripathi, R.H., Wanjari, K. M., Hati, A. K., Misra Charya, C. L., and Subba Rao, A. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean-sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98(4): 1097-1108.
13- Haugaard – Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E. S. 2001. Inter-specific competition, N-use and interference with weed in pea – barley intercropping. Field Crop Research 70: 101 –109.
14- Haymes, R., and Lee, H.C. 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triticum aestivum* L.) and field bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 62:167-176.
15- Hemayati, S., Siadat, A., and Sadeghzade, F. 2002. Evaluation of intercropping of two corn hybrids in different densities, Iranian. Journal of Agricultural Science 25: 73-87. (In Persian with English Summary)
16- Hosseini, S. M. B., Mazaheri, D., Jahansouz, M. R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Pajouhesh v Sazandegi 59: 60-67. (In Persian with English Summary)
17- Jaya, K.D., Bell, V.J., and Sale, P.W. 2008. Modification of within-canopy microclimate in maize for intercropping in the lowland tropics. Available at: http:// www.regional.org.au.
18- Kayhan, F.P., Dutilleul, P., and Smith, D. 1999. Soybean canopy development as affected by population density and intercropping with corn. Crop Science 39: 1784-1791.
19- Keating. M., and Carbery, J. 1993. Light interception and yield in legume-cereal intercropping. Field Crops Research 1: 75-79.
20- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology 1: 13-23. (In Persian with English Summary)
21- Li, L., Yang, S., Zhang, X., and Christie, F. 1999. Inter-specific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. Plant and Soil 212: 105 – 114.
22- Mason, S.C., Leihner, D.E., Vorst, J.J., and Salazar, E. 1986. Cassava-cowpea and cassava-peanut intercropping. I. Leaf area index and dry matter accumulation. American Society of Agronomy Journal 78: 47-53.
23- Minale, L., Tilahun, T., and Alemayehu, A. 2001. Determination of nitrogen and phosphorus pertilizer levels in different maize-faba bean intercropping patterns in northwestern Ethiopia. Seventh Eastern and Southern Africa Regional Maize Conference pp: 513-518.
24- Nasrullahzadeh, S., Ghassemi – Golezani, K., Javanshir, A., Valizadeh M., and Shakiba, M. R. 2007. Effects of shade stress on ground cover and grain yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment 1: 337- 340.
25- Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press. 522 pp. (In Persian)
26- Raji, J. A. 2007.Intercropping kenaf and cow pea. African Journal of Biotechnology 6: 2807-2809.
27- Rostami, L., Mondani, F., Khuramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of various corn and bean intercropping densities on weed populations. Weed Research Journal 1(2):37-51. (In Persian with English Summary).
28- Shikata, K., Matsushita, Y., Naw, E., and Sakuratani, T. 2003. Effect of intercropping with maize on the growth and light environment of cowpea. Japanese Journal of Tropical Agriculture 47: 17-26.
29- Singer, J. W., Sauer, T. S., Blaser, B. C., and Meek, D. W. 2007. Radiation use efficiency in winter cereal forage production systems. American society of Agronomy 99: 1175-1179.
30- Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal Agronomy 25: 60-70.
31- Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparisons of radiation use efficiency of mono/inter cropping systems with different orientations. Field Crops Research 71: 17 – 29.
32- Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H. O. 2004. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semiarid regions I. Model development. Field Crops Research 90: 48-61.

33- Vandermeer, J. H. 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge Univ. ersity Press. pp: 297.
34- Watiki, J. M., Fukai, S., Banda, J. A., and Keating, B. A. 1993. Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as affected by maize plant-density and cowpea cultivar. Field Crops Research 35: 123-133.
35- Wenxue, L., Long, L., Jianhao, S., Tianwen, G., Fusuo, Z., Xingguo, B., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate presentinthe profile of orthic an orthic anthrosolwest china. Agriculture Ecosystems and Environment 105: 483 – 491.
36- Willey, R.W. 1979. Intercropping-its importance and research needs.Part-1. Competition and yield advantages. Field Crops Research 32: 1-10.
37- Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping system. Journal of Agriculture Water Management 17: 215-231.