نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴، ص. ۶۱-۵۲

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 1, Spring 2015, p. 52-61

بررسی عملکرد دانه و شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) با ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus* spp.)

حکیمه ضیایی[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲*]، سودابه زارع[۳] و آلاله متقیان[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۰

چکیده

به منظور ارزیابی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و انواع لوبیا (*Phaseolus* spp.) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص ذرت سینگل‌کراس ۷۰۴، لوبیا سبز، لوبیا سفید، لوبیا قرمز، لوبیا چیتی، لوبیا خنجری و کشت مخلوط ذرت با انواع لوبیا به نسبت ۵۰:۵۰ در نظر گرفته شد. در این آزمایش لوبیا سبز و لوبیا چیتی درکشت مخلوط با ذرت از حداکثر عملکرد (به ترتیب ۵۷۳۴/۴ و ۵۶۷۴/۳ کیلوگرم در هکتار) و نسبت برابری زمین (به ترتیب LER= ۱/۱۳ و LER= ۱/۲۱) برخوردار بودند. با بررسی شاخص‌های رقابتی مشخص گردید که لوبیا قرمز (k= ۱/۸۵)، لوبیا سفید (k= ۲/۴۱) و لوبیا خنجری (k= ۲/۸۰) از حداکثر ضریب ازدحام نسبی برخوردار بودند، در حالی‌که بیشترین ضریب غالبیت به لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت (A= -۰/۰۲) تعلق داشت. همچنین لوبیا قرمز و لوبیا چیتی از حداکثر نسبت رقابت (به ترتیب CR= ۰/۷۵ و CR= ۰/۹۸) برخوردار بودند. به علاوه حداکثر ضریب ازدحام نسبی ذرت (K= ۱/۱۵) به کشت مخلوط ذرت و لوبیا خنجری تعلق داشت و بیشترین ضریب غالبیت ذرت در کشت مخلوط ذرت با لوبیا سفید (A= +۰/۶۰) و لوبیا سبز (A= +۰/۶۹) مشاهده شد. در مجموع، با توجه به شاخص‌های رقابتی، کشت مخلوط لوبیا قرمز و لوبیا چیتی با ذرت به نسبت ۵۰:۵۰ از بهترین عملکرد برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: تعداد غلاف، ضریب ازدحام نسبی، غالبیت، نسبت برابری زمین، وزن بلال

مقدمه

امروزه تخریب منابع آب و خاک از پیامدهای کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی و روش‌های رایج تولید در بخش کشاورزی به شمار می‌رود. از این‌رو، ایجاد تنوع نظام زراعی با کشت دو یا چند گیاه زراعی به منظور افزایش توان زیستی و تولید در شرایط مطلوب محیطی و تضمین آن در شرایط نامطلوب یک مزیت در راستای کشاورزی پایدار و رفع برخی مشکلات کشاورزی مدرن تلقی می‌شود (Poggio, 2005). اگرچه کشت مخلوط از دیرباز به طور سنتی در تولید غذا و معیشت کشورهای در حال توسعه نقش مهمی را ایفا می‌کند، هم‌اکنون از این نظام کشت به منظور رفع برخی مشکلات کشاورزی مدرن استفاده می‌شود (Walker & Ogindo, 2003; Tsubo, 2005). با این وجود مدیریت برقراری توازن و افزایش کارآیی استفاده از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی در موفقیت این نظام کشت نقش به سزایی دارد. از طرفی کنترل علف‌های‌هرز یکی از اهداف جانبی اجرای نظام کشت مخلوط می‌باشد که با افزایش تراکم گیاهان زراعی در واحد سطح و به ویژه استفاده از گونه‌های گیاهی با فنولوژی و خصوصیات مورفولوژیک متفاوت که کمترین رقابت را در یک آشیانه اکولوژیکی ثابت چه از نظر عوامل محیطی و چه از نظر زمان با هم ایجاد کنند، گام مهمی در موفقیت کشت مخلوط محسوب می‌شود. در این وضعیت، کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای موجب می‌شود تا دو گیاه در آشیان اکولوژیکی یکسان، رقابت نداشته باشند (Mushagalusa et

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته گیاه‌پزشکی، دانشگاه تبریز، دانشیار، گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانش‌آموخته باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی، دانشکده زراعی، دانشگاه ایلام
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

al., 2008).

کشت مخلوط بقولات و غلات و به ویژه مخلوط حبوبات و ذرت (*Zea mays* L.) یکی از متداول‌ترین انواع کشت مخلوط می‌باشد. در این راستا بررسی مخلوط لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و ذرت (Koocheki et al, 2009; Geren et al., 2008)، ماش (*Vigna radiata* L.) و ذرت (Yilmaz et al., 2008)، باقلا (*Vicia faba* L.) و جو (Agegnehu et al., 2006) بیانگر سودمندی نظام کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی گیاهان مذکور بوده است. تثبیت نیتروژن توسط بقولات و بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک (Hauggaard-Nielsen et al., 2006)، استفاده کارآمد از منابع آب، خاک و نور خورشید (Geren et al., 2008; Banik et al., 2006) و کارآیی بالاتر استفاده از زمین و نیروی کارگر (Thobatsi, 2009) از مزایای کشت مخلوط گونه‌های زراعی نسبت به نظام تک‌کشتی گزارش شده است.

ذرت و انواع مختلف لوبیا (*Phaseolus* spp.) از جمله گیاهانی هستند که از سطح کشت بالایی در استان مازندران برخوردارند و معمولاً به صورت تک‌کشتی تولید می‌شوند. از سوی دیگر کشت مخلوط گیاهانی نظیر جو و باقلا (Eslami Khalili et al., 2011)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) و لوبیا چشم بلبلی (Hossenzadeh et al., 2012)، جو و شنبلیله (*Trigonella foenum*–graecum L.) (Mohammadi et al., 2012) و کنجد و ریحان (Motaghian et al., 2013) در منطقه ساری بیانگر برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بود. محققان افزایش چشمگیر زیست‌توده کل اندام هوایی گونه‌های زراعی در واحد سطح و به تبع آن کنترل علف‌های‌هرز مزرعه از طریق کاهش تعداد، ارتفاع و زیست‌توده علف‌های‌هرز در کشت مخلوط کنجد- لوبیا چشم بلبلی و جو- شنبلیله را مهم‌ترین عامل مؤثر بر افزایش کیفی و عملکرد محصول گزارش نمودند (Hossenzadeh et al., 2012; Mohammadi et al., 2012) بنابراین، هدف این پژوهش بررسی عملکرد و شاخص‌های رقابتی ذرت و انواع مختلف لوبیا در سامانه کشت مخلوط و تک‌کشتی در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر نه جاده دریا در سال زراعی ۱۳۸۹ انجام شد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریای آزاد ۲۵- متر، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۳ درجه شرقی (GPSmap, GARMIN) و منطقه از نظر اقلیمی در زمره مناطق معتدل مرطوب قرار دارد. بافت خاک مزرعه پژوهشی رسی سیلتی بود. متوسط بارندگی سالانه ۶۰۰ میلی‌متر و درجه حرارت در طول دوره این پژوهش بین ۴ تا ۳۸ درجه سانتی‌گراد نوسان داشت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص ذرت سینگل کراس ۷۰۴، لوبیا سفید، لوبیا سبز، لوبیا قرمز، لوبیا چیتی، لوبیا خنجری و کشت مخلوط ذرت با ارقام مختلف لوبیا به نسبت ۵۰:۵۰ در نظر گرفته شد. پس از آماده‌سازی زمین مطابق دستورالعمل‌های به زراعی، گونه‌های گیاهی به صورت ردیف‌های جایگزین در کرت‌هایی به ابعاد ۶×۳ متر کشت گردید به - طوری‌که تراکم گونه‌های مورد کشت در مخلوط و تک‌کشتی گیاهان مورد نظر به ترتیب ۲۶۵۰۰ و ۵۳۰۰۰ بوته در هکتار بود. کشت ذرت و انواع لوبیا در تاریخ ۳۰ شهریور ماه ۱۳۸۹ به صورت همزمان و با دست انجام شد. در این آزمایش کودهای به کار رفته شامل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، سولفات پتاسیم و سوپرفسفات تریپل برای انواع لوبیا و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و سوپر فسفات تریپل در کشت ذرت در نظر گرفته شد. مقدار کود مورد نیاز برای هر گونه گیاهی با در نظر گرفتن نسبت کاشت مخلوط در هر کرت و مطابق با آزمون خاک اعمال گردید. مبارزه با علف‌های‌هرز نیز در طول دوره رشد به صورت دستی و در دو مرحله انجام شد. در پایان فصل رشد با حذف اثر حاشیه‌ای عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شامل وزن خشک هر بلال، طول و قطر بلال، وزن زیست‌توده، عملکرد دانه و وزن صد دانه و نیز خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد گره، تعداد و طول غلاف، وزن زیست‌توده و عملکرد دانه تعیین گردید. به منظور ارزیابی عملکرد دو گیاه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، شاخص نسبت برابری زمین (LER[1])، LER جزئی ذرت و LER جزئی لوبیا از معادله (۱) (De Wit & Van den Bergh, 1965) استفاده شد:

$$LER= Y_c/Y_{cc}+ Y_b/Y_{bb}$$

معادله (۱)

که در این رابطه، Y_c /Y_{cc}: نسبت عملکرد ذرت در کشت مخلوط

1- Land equivalent ratio (LER)

به تک‌کشتی ذرت (LER جزئی ذرت) و Y_b/Y_{bb}: نسبت عملکرد هریک از انواع لوبیا در کشت مخلوط به تک‌کشتی لوبیا (LER جزئی لوبیا) می‌باشد. رقابت نسبی بین دو محصول با استفاده از ضرایب ازدحام نسبی[1] (K) و غالبیت[2] (A) دو گونه از طریق معادله‌های زیر تعیین گردیدند (Dhima et al., 2007):

معادله (۲) $$K_{com} = \frac{Y_c \times Z_b}{(Y_{cc} - Y_c) \times Z_c}$$

معادله (۳) $$K_{bean} = \frac{Y_b \times Z_c}{(Y_{bb} - Y_b) \times Z_b}$$

معادله (۴) $$A_{com} = \frac{Y_c}{Y_{cc} \times Z_c} - \frac{Y_b}{Y_{bb} \times Z_b}$$

معادله (۵) $$A_{bean} = \frac{Y_b}{Y_{bb} \times Z_b} - \frac{Y_c}{Y_{cc} \times Z_c}$$

معادله (۶) $$CR_{com} = (LER_c/LER_b) \times (Z_b/Z_c)$$

معادله (۷) $$CR_{bean} = (LER_b/LER_c) \times (Z_c/Z_b)$$

در این روابط، Y_{cc} و Y_{bb}: به ترتیب عملکرد ذرت و ارقام لوبیا در تک‌کشتی، Y_c و Y_b: عملکرد ذرت و ارقام لوبیا در کشت مخلوط، Z_c و Z_b: نسبت کاشت ذرت و ارقام لوبیا در کشت مخلوط می‌باشد.

شاخص نسبت رقابتی[3] دوگونه طبق معادله‌های (۶) و (۷) محاسبه گردید (Dhima et al., 2007):

معادله (۶) $$CR_{com} = (LER_c/LER_b) \times (Z_b/Z_c)$$

معادله (۷) $$CR_{bean} = (LER_b/LER_c) \times (Z_c/Z_b)$$

در نهایت، پس از جمع‌آوری داده‌ها آزمون نرمال بودن داده‌ها انجام و برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1 (SAS Institute, 2004) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها برای صفات مورد ارزیابی نیز به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار[4] در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در کشت مخلوط با لوبیا

در بررسی خصوصیات زراعی گیاه ذرت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک مشخص گردید که وزن خشک هر بلال در مخلوط ذرت و لوبیا قرمز و ذرت و لوبیا سبز به ترتیب با میانگین ۱۹۷/۱۱ و ۲۲۱/۲۴ گرم بیش از ۱۵ درصد نسبت به تک‌کشتی ذرت افزایش یافت و مخلوط ذرت و لوبیا خنجری از حداقل وزن خشک بلال (میانگین ۱۵۲/۴۸ گرم) برخوردار بود. در این آزمایش قطر و طول بلال به ترتیب در گستره عددی ۴۰/۵۵ تا ۴۳/۵۸ میلی‌متر و ۱۸/۶۱ تا ۲۱/۵۶ سانتی‌متر تحت تأثیر نوع کشت قرار نگرفتند (جدول ۱).

همچنین حداکثر وزن زیست‌توده بوته ذرت به کشت مخلوط ذرت با لوبیا سبز و لوبیا قرمز با میانگین حدود ۹۰۰ گرم در بوته و افزایش ده درصدی نسبت به تیمار تک‌کشتی ذرت تعلق داشت و بین مخلوط ذرت با لوبیا سفید و لوبیا چیتی (به ترتیب با میانگین ۷۸۰ و ۷۹۳ گرم در بوته) تفاوت آماری معنی‌داری از حیث این ویژگی با تیمار تک-کشتی (با میانگین ۸۱۰ گرم در بوته) مشاهده نشد (جدول ۱). با توجه به نتایج تجزیه واریانس تفاوت عملکرد بوته ذرت در مخلوط با انواع لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، به طوری‌که حداکثر عملکرد تک‌بوته ذرت، معادل ۱۸۹/۶۷ گرم در بوته به مخلوط ذرت و لوبیا سبز با افزایش حدود ۲۸ درصدی عملکرد بوته نسبت به تک-کشتی آن تعلق داشت. البته عملکرد ذرت در مخلوط ذرت و لوبیا سفید، ذرت و لوبیا قرمز و ذرت و لوبیا چیتی نیز با میانگین عملکرد بیش از ۱۵۸/۲۱ گرم در بوته نسبت به تک‌کشتی ذرت و مخلوط ذرت و لوبیا خنجری برتری نشان داد (جدول ۱). به نظر می‌رسد که ویژگی انواع لوبیا به ویژه میزان تثبیت نیتروژن (Koocheki et al., 2009) در مزیت عملکرد ذرت در مخلوط با لوبیا مؤثر باشد. در این زمینه جرن و همکاران (Geren et al., 2008) بهبود عملکرد و کیفیت ذرت در ترکیب کشت با انواع لوبیا چشم بلبلی و لوبیا معمولی را نسبت به تک‌کشتی آن گزارش نمودند. در پژوهش حاضر حداکثر شاخص برداشت ذرت به مخلوط ذرت و لوبیا سفید (با میانگین ۲۰/۴۱ درصد) و ذرت و لوبیا سبز (با میانگین ۲۱/۰۸ درصد) تعلق داشت. بر اساس گزارش اسلامی خلیلی و همکاران (Eslami Khalili et al., 2011) عملکرد تک‌بوته و وزن زیست‌توده جو در کشت خالص به ترتیب حدود ۱۰ و ۱۴ درصد در مقایسه با مخلوط جو و باقلا به نسبت ۵۰:۵۰ کاهش یافت. این محققان بین تک‌کشتی جو و مخلوط مذکور از لحاظ شاخص برداشت گیاه جو تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نکردند. در همین زمینه جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) نیز در بررسی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) اظهار داشتند که عملکرد بیولوژیک

1- Relative crowding coefficient (K)
2- Aggresivity (A)
3- Competitive ratio (CR)
4- Least significant difference

زیره در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص آن افزایش یافت. بنابر گزارش این محققان، شاخص برداشت زیره سبز در کشت خالص حداکثر (با میانگین ۵۵ درصد) و در تیمارهای مختلف کشت مخلوط حداقل (با میانگین ۳۳ درصد) بوده است. اشمیتک و همکاران (Schmidtke et al., 2004) نیز در بررسی کشت مخلوط جو و عدس، حداکثر شاخص برداشت جو را در کشت خالص آن گزارش نمودند.

مخلوط ذرت و لوبیا خنجری، ذرت و لوبیا قرمز و ذرت و لوبیا سبز در گستره ۲۵/۹۸ الی ۲۷/۶۴ گرم از حداکثر وزن صد دانه ذرت برخوردار بودند و در تیمار تک‌کشتی با میانگین ۲۳/۹۸ گرم، حداقل وزن صد دانه مشاهده شد (جدول ۱). به نظر می‌رسد رقابت درون گونه‌ای بیشتر و نفوذ کمتر نور به تاج‌پوشش گیاهی گیاهی یکی از دلایل پایین بودن وزن صد دانه در تک‌کشتی ذرت باشد. در این راستا اسلامی خلیلی و همکاران (Eslami Khalili et al., 2011) در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه جو و باقلا در سری جایگزینی مخلوط، بین تیمار ۵۰٪ جو+۵۰٪ باقلا و تک‌کشتی جو از لحاظ وزن صد دانه جو تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نکردند و حداکثر وزن صد دانه جو را در ترکیب ۷۵٪ باقلا+ ۲۵٪ جو گزارش نمودند. بنابر گزارش آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) نیز وزن هزار دانه جو در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی جو و باقلا تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد.

جدول ۱- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در کشت مخلوط ذرت و انواع لوبیا

Table 1- Mean comparison of corn yield and yield components in intercropping of corn and bean types

ویژگی‌ها Parameters / تیمارها Treatments	وزن بلال (گرم) Ear (g) weight	طول بلال (سانتی‌متر) Ear (cm) length	قطر بلال (میلی‌متر) (mm) Ear diameter	زیست‌توده اندام هوایی (گرم در بوته) Aerial biomass (g.plant^{-1})	وزن دانه در گیاه (گرم در بوته) Seed weight (g.plant^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)	وزن صد دانه (گرم) 100- seed weight (g)
نسبت کاشت (P) Planting ratio (P)							
تک‌کشتی ذرت sole cropping of corn	166.91^{cd}*	18.82	42.75	810.00^{b}	136.72^{d}	16.81^{c}	23.98^{c}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا سفید 50:50 white -corn bean	182.85^{bc}	19.81	41.71	793.33^{b}	161.66^{b}	20.41^{ab}	25.45^{c}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا سبز 50:50 bush bean-corn	221.24^{a}	21.56	43.58	900.10^{a}	189.67^{a}	21.08^{a}	27.51^{a}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا قرمز 50:50red -corn kidney bean	188.76^{bc}	19.69	43.50	903.33^{a}	159.75^{b}	17.74^{bc}	27.64^{a}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا چیتی 50:50 pinto -corn bean	197.11^{ab}	19.64	40.55	780.00^{b}	158.21^{b}	20.35^{ab}	24.52^{bc}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا خنجری 50:50 sword-corn bean	152.48^{d}	18.61	41.85	690.50^{c}	127.90^{d}	18.53^{abc}	25.98^{a}
حداقل اختلاف معنی دار (٪۵) LSD (5%)	30.15	3.00		4.61		78.64	19.98
منابع تغییرات S.O.V / آزمون F F Test							
سطح احتمال P value	**	ns	ns	**	**	*	**
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	8.96	8.37	5.99	5.31	6.92	8.57	3.60

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

* Means in the same column of each factor followed by the same letter(s) were not significantly different according to LSD (P≤0.05).

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم تفاوت معنی‌دار

* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns: Non significant.

خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا در کشت مخلوط با ذرت

بنابر گزارش موجود انواع لوبیا در دامنه وسیعی از تغییرات محیطی، از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردارند اما می‌توان پتانسیل تولید عملکرد را منوط به سازگاری گیاه با شرایط موجود مانند فصل رشد، درجه حرارت، فتوپریود و مدیریت گیاه زراعی دانست (Bagheri, 2001). بین ارقام مختلف لوبیا با نیازها و خصوصیات بیولوژیک متفاوت در این آزمایش تفاوت‌های آماری بسیار معنی‌داری از حیث ویژگی‌های مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد مشاهده شد (جدول ۲). بر این اساس حداکثر ارتفاع بوته به لوبیا قرمز و لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت (به ترتیب با میانگین ۲۶۰/۵۸ و ۲۸۷/۸۳ سانتی‌متر) تعلق داشت که نسبت به تک‌کشتی ارقام مذکور به ترتیب حدود ۲۶ و ۳۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در این آزمایش رقم پا بلند ذرت (SC 704) در نقش قیم برای ارقام رونده مذکور در رشد گیاه و افزایش جذب نور نقش به سزایی داشت. در حالی‌که تفاوت آماری معنی‌داری از حیث این ویژگی بین تک‌کشتی و مخلوط لوبیا سبز و لوبیا خنجری با ذرت مشاهده نشد. البته ارقام مذکور از حداقل ارتفاع بوته برخوردار بودند (جدول ۲). در این راستا آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) حداکثر ارتفاع بوته باقلا در مخلوط با جو را در تیمارهای تک‌کشتی باقلا و مخلوط ۵۰٪ باقلا + ۱۰۰٪ جو گزارش نمودند.

در بین انواع لوبیا، لوبیا چیتی به صورت تک‌کشتی با میانگین عددی ۴۶ گره در ساقه اصلی از حداکثر تعداد گره و لوبیا سبز در هر دو حالت کشت (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت) و لوبیا خنجری در مخلوط با ذرت در گستره ۸ الی ۱۴/۵ گره از حداقل تعداد گره ساقه برخوردار بودند (جدول ۲). همچنین حداکثر تعداد شاخه فرعی به لوبیا سبز در هر دو حالت کشت (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت) و لوبیا خنجری در مخلوط با ذرت (با میانگین بیش از ۴/۵ شاخه) و حداقل تعداد شاخه فرعی به لوبیا قرمز (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت)، لوبیا چیتی و لوبیا سفید در مخلوط با ذرت (با میانگین کمتر از سه شاخه) تعلق داشت (جدول ۲).

در این آزمایش لوبیا سفید در تک‌کشتی و لوبیا سبز در مخلوط با ذرت به ترتیب با میانگین ۱۹ و حدود ۲۳ غلاف از حداکثر تعداد غلاف در بوته برخوردار بودند در حالی‌که کمترین تعداد غلاف به ارقام لوبیا قرمز (تک‌کشتی و مخلوط با ذرت) لوبیا چیتی (تک‌کشتی) و لوبیا خنجری (مخلوط با ذرت) در گستره عددی ۱۰/۷۰ الی ۱۴ غلاف در بوته تعلق داشت (جدول ۲). پژوهشگران تعداد غلاف در گیاه را مهم‌ترین پارامتر مؤثر در عملکرد لوبیا عنوان کردند و یکی از دلایل عمده کاهش عملکرد لوبیا در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی را کاهش تعداد گل‌های بارور در گیاه به دلیل رقابت درون‌گونه‌ای و به تبع آن کاهش تعداد غلاف دانستند (Koocheki et al., 2009). همچنین حداکثر طول غلاف در تک‌کشتی لوبیا سفید، لوبیا قرمز، لوبیا چیتی و لوبیا خنجری (با میانگین بیش از ۱۱ سانتی‌متر) مشاهده شد در حالی‌که لوبیا سبز و لوبیا سفید در مخلوط با ذرت (به ترتیب ۵/۶۰ و ۷/۰۸ سانتی‌متر) از حداقل طول غلاف برخوردار بودند. در این راستا حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) حداقل ارتفاع بوته و طول غلاف لوبیا چشم بلبلی در مخلوط با ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum americanum* L.)، را در تک‌کشتی گیاه مذکور مشاهده کردند.

در این آزمایش لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت و تک‌کشتی (به ترتیب با میانگین ۱۴۲/۲۰ و ۱۵۴/۳۳ گرم در بوته) و لوبیا سفید در تک‌کشتی (با میانگین ۱۳۹/۰۰ گرم در بوته) حداکثر زیست‌توده گیاهی را تولید کردند؛ در حالی‌که لوبیا سفید، لوبیا سبز و لوبیا خنجری در مخلوط با ذرت (با میانگین کمتر از ۷۲ گرم در بوته) از حداقل زیست‌توده گیاهی برخوردار بودند (جدول ۲).

در بین انواع مختلف لوبیا، بیشترین عملکرد تک‌بوته به رقم لوبیا چیتی در تک‌کشتی و مخلوط با ذرت (به ترتیب با میانگین ۴۶/۷۵ و ۵۴/۷۰ گرم در بوته) تعلق داشت. در این آزمایش عملکرد تک‌بوته لوبیا سفید و لوبیا خنجری در کشت خالص به ترتیب حدود ۴۱ و ۴۸ درصد در مقایسه با کشت مخلوط افزایش نشان داد، اما بین تک‌کشتی و مخلوط لوبیا سبز و لوبیا قرمز از لحاظ عملکرد تک‌بوته تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). همچنین بین تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه ارقام لوبیا سفید ($r=0/81^{**}$) و لوبیا چیتی ($r=0/86^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده است). همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود حداکثر شاخص برداشت به لوبیا چیتی و لوبیا سبز در مخلوط با ذرت (به ترتیب با میانگین ۳۹/۵۳ و ۴۴/۵۶ درصد) تعلق داشت که نسبت به تیمار تک‌کشتی ارقام مذکور بیش از ۲۳ درصد افزایش نشان داد.

کارآیی استفاده از زمین و شاخص‌های رقابتی

در این آزمایش حداکثر عملکرد دانه به تک‌کشتی ذرت با میانگین ۷۲۸۷/۲ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت و مخلوط ذرت با لوبیـا سـبز، لوبیا چیتی و لوبیا قرمز با میانگین بیش از ۵۲۰۳/۲ کیلوگرم در هکتار از حداکثر عملکرد دانه در بین انواع مخلوط و نیز تک‌کشتی ارقام لوبیا برخوردار بودند (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا در کشت مخلوط با ذرت

Table 2- Mean comparison of bean types yield and yield components in intercropping with corn

ویژگی‌ها Parameters / تیمارها Treatments	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد غلاف Pod number	تعداد شاخه Branch number	تعداد گره Nod number	طول غلاف (سانتی‌متر) Pod length (cm)	زیست‌توده اندام هوایی (گرم در بوته) Aerial biomass ($g.plant^{-1}$)	وزن دانه در گیاه (گرم در بوته) Seed weight per plant ($g.plant^{-1}$)	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
نسبت کاشت(P) Planting ratio (P)								
تک‌کشتی لوبیا سفید Sole cropping of white bean	68.00^{c}*	29.56^{cd}	41.10^{bc}	139.00^{a}	12.35^{a}	19.00^{a}	3.66^{bc}	21.00^{cd}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا سفید 50:50 corn- white bean	184.00^{b}	33.42^{bcd}	24.10^{fg}	72.11^{e}	7.08^{ef}	15.00^{cd}	2.00^{e}	23.45^{c}
تک‌کشتی لوبیا سبز Sole cropping of bush bean	45.5^{cd}	33.61^{bcd}	33.95^{cde}	101.00^{c}	10.33^{bc}	17.00^{c}	4.50^{ab}	14.50^{de}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا سبز 50:50 corn bush bean	39.30^{cd}	44.56^{a}	25.50^{efg}	57.36^{e}	5.60^{f}	22.50^{a}	4.83^{a}	9.20^{e}
تک‌کشتی لوبیا قرمز Sole cropping of red kidney bean	192.35^{b}	33.12^{bcd}	37.20^{cd}	112.33^{c}	11.96^{ab}	10.70^{d}	2.33^{de}	39.00^{b}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا قرمز 50:50 corn- red kidney bean	260.50^{a}	36.39^{bc}	32.97^{cdef}	90.59^{c}	9.43^{de}	13.45^{cd}	2.17^{de}	31.76^{b}
تک‌کشتی لوبیا چیتی Sole cropping of pinto bean	178.75^{b}	30.29^{cd}	46.75^{ab}	154.33^{a}	12.33^{a}	13.00^{cd}	3.00^{cd}	46.00^{a}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا چیتی 50:50 corn-pinto bean	287.85^{a}	39.53^{ab}	54.79^{a}	142.20^{a}	9.00^{cd}	15.33^{c}	2.33^{de}	34.70^{b}
تک‌کشتی لوبیا خنجری Sole cropping of sword bean	64.5^{cd}	33.93^{bcd}	31.10^{def}	91.67^{c}	13.33^{a}	16.00^{c}	3.66^{bc}	20.30^{cd}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا خنجری 50:50 corn-sword bean	37.5^{c}	27.14^{d}	15.85^{g}	58.40^{e}	9.00^{cd}	14.00^{cd}	5.33^{a}	8.00^{e}
حداقل اختلاف معنی دار (٪۵) LSD (5%)	0.07	8.89	28.2	1.71	4.59	0.89	7.66	29.59
منابع تغییرات S.O.V	آزمون F F Test							
سطح احتمال P value	**	**	**	**	**	**	**	**
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	12.75	15.08	16.20	10.50	17.18	15.49	17.87	12.70

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

* Means in the same column of each factor followed by the same letter(s) were not significantly different according to LSD ($P \leq 0.05$).

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 1% probability levels

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و کارآیی استفاده از زمین در کشت مخلوط انواع لوبیا و ذرت

Table 3- Mean comparison of yield and land equivalent ratio in intercropping of corn with bean types

ویژگی‌ها Characters	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)			ارزش LER عملکرد LER yield value		
تیمارها Treatments	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	مجموع Total	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	مجموع Total
نسبت کاشت (P) Planting ratio (P)						
تک‌کشتی ذرت Sole cropping of corn	-	7287.2^{a} *	7287.2^{a}	-	1.00^{a}	1.00^{c}
تک‌کشتی لوبیا سفید Sole cropping of white bean	2190.8^{ab}	-	2190.8^{ef}	1.00^{a}	-	1.00^{c}
تک‌کشتی لوبیا سبز Sole cropping of bush bean	1809.9^{bcd}	-	1809.9^{ef}	1.00^{a}	-	1.00^{c}
تک‌کشتی لوبیا قرمز Sole cropping of red kidney bean	1982.8^{bc}	-	1982.8^{ef}	1.00^{a}	-	1.00^{c}
تک‌کشتی لوبیا چیتی Sole cropping of pinto bean	2491.8^{a}	-	2491.8^{e}	1.00^{a}	-	1.00^{c}
تک‌کشتی لوبیا خنجری Sole cropping of sword bean	1657.8^{cd}	-	1657.8^{f}	1.00^{a}	-	1.00^{c}
۵۰:۵۰ ذرت-لوبیا سفید 50:50 corn- white bean	642.4^{ef}	4308.3^{bc}	4950.7^{c}	0.29^{cd}	0.60^{c}	0.89^{d}
۵۰:۵۰ ذرت-لوبیا سبز 50:50 corn- bush bean	678.7^{ef}	5054.7^{b}	5734.4^{b}	0.39^{cd}	0.75^{b}	1.13^{ab}
۵۰:۵۰ ذرت-لوبیا قرمز 50:50 corn- red kidney bean	878.7^{e}	4324.6^{bc}	5203.2^{bc}	0.44^{c}	0.60^{c}	1.04^{c}
۵۰:۵۰ ذرت-لوبیا چیتی 50:50 corn-pinto bean	1457.9^{d}	4216.4^{bc}	5674.3^{b}	0.59^{b}	0.61^{c}	1.21^{a}
۵۰:۵۰ ذرت-لوبیا خنجری 50:50 corn-sword bean	449.1^{f}	3408.4^{c}	3857.6^{d}	0.27^{d}	0.48^{d}	0.75^{e}
حداقل اختلاف معنی دار (۵٪) LSD (5%)	395.17	930.66	694.54	0.11	0.08	0.10
منابع تغییرات S.O.V			F آزمون F Test			
سطح احتمال P level	**	**	**	**	**	**
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	16.17	10.73	10.47	6.27	6.47	6.08

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

* Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to LSD ($P \leq 0.05$).

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 1% probability levels

با محاسبه نسبت برابری زمین (LER) مشخص شد که کشت مخلوط ذرت و لوبیا سبز (LER= ۱/۱۳) و ذرت و لوبیا چیتی (LER= ۱/۲۱) با بیش از ۱۳ درصد افزایش کارآیی استفاده از زمین موجب بهبود عملکرد مخلوط نسبت به تک‌کشتی دو گونه گردیدند. همچنین کاهش قابل توجه نسبت برابری زمین در مخلوط ذرت و لوبیا سفید (LER= ۰/۸۹) و ذرت و لوبیا خنجری (LER= ۰/۷۵) بیانگر عدم سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی این گیاهان می‌باشد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که سهم هر دو گونه گیاهی در مخلوط ذرت و لوبیا چیتی بیش از ۵۰ درصد بوده است؛ در حالی‌که نقش ذرت (LER= ۰/۷۵ جزئی) در مخلوط ذرت و لوبیا سبز پر رنگ‌تر از لوبیا سبز (LER= ۰/۴۴ جزئی) می‌باشد. در این راستا آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) با بررسی کارآیی استفاده از زمین در مخلوط جو و باقلا، افزایش قابل‌توجه نسبت برابری زمین را در ترکیب ۵۰٪ باقلا+ ۱۰۰٪ جو و ۶۲/۵٪ باقلا+ ۱۰۰٪ جو گزارش نمودند. هایمز و لی (Haymes & Lee, 1999) نیز در بررسی کشت پاییزه گندم و لوبیا اظهار داشتند که عملکرد مخلوط و نسبت برابری زمین (در دامنه ۱/۰۸-۱) غیر از ترکیب گندم و لوبیا با نسبت ۵۰:۵۰ (LER= ۱/۲۸) در نسبت‌های دیگر کشت افزایش چشمگیری را نشان نداد؛ در حالی‌که در کشت بهاره این مخلوط، افزایش قابل‌توجه عملکرد و نسبت برابری زمین در اکثر ترکیب‌های کشت گزارش شده است. این پژوهشگران شرایط آب و هوایی منطقه در فصل کشت، مورفولوژی گیاه و عوامل مدیریتی را از مؤلفه‌های مهم تأثیرگذار بر سودمندی کشت مخلوط بیان داشتند. در این راستا گزارش ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) بیانگر افزایش نسبت برابری زمین (LER= ۱/۶) در نسبت ۵۰:۵۰ ذرت و لوبیا معمولی می‌باشد.

در این آزمایش ذرت در مخلوط با لوبیا خنجری از حداکثر ضریب ازدحام نسبی (K= ۱/۱۵) برخوردار بود و در مخلوط با لوبیا سبز حداقل ضریب ازدحام نسبی (K= ۰/۳۶) مشاهده شد. بر همین اساس در بین انواع لوبیا نیز لوبیا خنجری و لوبیا چیتی به ترتیب از حداکثر (K= ۲/۸۰) و حداقل (K= ۰/۷۳) ضریب ازدحام نسبی برخوردار بودند که این مطلب بیانگر رقابت شدید بین دو گونه زراعی ذرت و لوبیا خنجری است.

با توجه به این‌که ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر غالبیت آن گونه در ترکیب مخلوط می باشد (Yilmaz et al., 2008)، بنابراین بر اساس داده‌های جدول ۴ مشاهده می‌شود که گیاه ذرت با ضریب غالبیت مثبت (در گستره ۰/۰۲ تا ۰/۶۹) گونه غالب در مخلوط با انواع لوبیا بوده است. به طوری‌که حداکثر ضریب غالبیت ذرت در کشت مخلوط با لوبیا سفید (A= ۰/۶۰) و لوبیا سبز (A= ۰/۶۹) به دست آمد. همچنین در بین انواع لوبیا، لوبیا چیتی در مخلوط با ذرت (A= -۰/۰۲) از بیشترین ضریب غالبیت برخوردار بود.

با بررسی نسبت رقابت دو گونه در مخلوط ذرت با انواع لوبیا مشخص شد که لوبیا قرمز (CR= ۰/۷۵) و لوبیا چیتی (CR=۰/۹۸) در مخلوط با ذرت از حداکثر نسبت رقابت برخوردار بودند و حداقل نسبت رقابت به رقم لوبیا سفید (CR= ۰/۴۹) در مخلوط با ذرت تعلق داشت. در این آزمایش نسبت رقابت ذرت در مخلوط با انواع لوبیا در گستره عددی ۱/۰۲ تا ۲/۰۷ تحت تأثیرکشت مخلوط قرار نگرفت. با این‌وجود، ذرت در کشت مخلوط از توان رقابتی بالاتری در مقایسه با انواع لوبیا برخوردار بود (جدول ۳). در این زمینه ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) افزایش غالبیت و نسبت رقابت ذرت در مخلوط ذرت و ماش (*Vigna radiata* L.) به نسبت ۵۰:۵۰ را عامل بهبود عملکرد ذرت دانستند و افت واقعی عملکرد در حداکثر سهم ذرت (مخلوط ذرت و ماش به نسبت ۵۰:۱۰۰) را به دلیل کاهش نسبت رقابت و غالبیت گیاه گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد انواع لوبیا و ذرت به وضوح بیانگر تأثیر تیپ رشدی ارقام لوبیا و واکنش کاملاً متفاوت دو گونه گیاهی در مخلوط و سودمندی این نظام کشت در مخلوط ذرت و لوبیا سبز و نیز ذرت و لوبیا چیتی بوده است به طوری‌که عملکرد قابل‌توجه و سودمندی مخلوط ذرت و لوبیا سبز (به ترتیب با میانگین ۵۷۳۴/۴ کیلوگرم در هکتار و LER=۱/۱۳) منوط به افزایش زیست‌توده، شاخص برداشت و وزن صد دانه ذرت در مجاورت لوبیا سبز و افزایش چشمگیر تعداد غلاف و شاخص برداشت لوبیا سبز در سایه‌انداز گیاه ذرت با وجود کاهش ۴۳ درصدی زیست‌توده این گیاه در مقایسه با تک‌کشتی دانست. در این آزمایش افزایش کارآیی استفاده از زمین در مخلوط ذرت و لوبیا چیتی (LER= ۱/۲۱) نیز با افزایش قابل‌توجه ارتفاع بوته، تولید زیست‌توده بالا و به تبع آن جذب کارآمد نور در مخلوط قابل توجیه است. بنابراین به نظر می‌رسد.

جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های رقابتی در کشت مخلوط انواع لوبیا و ذرت

Table 4- Mean comparison of competitive indices in intercropping of corn with bean type

ویژگی‌ها Characters / تیمارها Treatments	ضریب ازدحام نسبی K value		ضریب غالبیت A value		نسبت رقابتی CR	
	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn	انواع لوبیا Bean types	ذرت Corn
نسبت کاشت (P) Planting ratio (P)						
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا سفید 50:50 corn-white bean	2.41^{ab}*	0.68^{b}	-0.60^{c}	0.60^{a}	0.50^{b}	2.03^{a}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا سبز 50:50 corn-bush bean	1.73^{b}	0.36^{c}	-0.69^{c}	0.69^{a}	0.54^{b}	2.07^{a}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا قرمز 50:50 corn-red kidney bean	1.85^{ab}	0.69^{b}	-0.33^{b}	0.33^{b}	0.75^{ab}	1.41^{ab}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا چیتی 50:50 corn-pinto bean	0.73^{c}	0.66^{b}	-0.02^{a}	0.02^{c}	0.98^{a}	1.04^{b}
۵۰:۵۰ ذرت–لوبیا خنجری 50:50 corn-sword bean	2.80^{a}	1.15^{a}	-0.41^{b}	0.41^{b}	0.60^{b}	1.88^{a}
حداقل اختلاف معنی دار (۵٪) LSD (5%)	0.93	0.16	0.17	0.17	0.26	0.83
منابع تغییرات S.O.V			F Test آزمون F			
سطح احتمال P value	**	**	**	**	*	NS
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	27.68	12.23	21.33	21.33	20.27	26.18

* میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

* Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to LSD (P≤0.05).

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: عدم تفاوت معنی‌دار

* and **: significant at 5 and 1% probability levels, respectively and ns: Non significant

که تأثیر تیپ رشدی در موفقیت رقابت بین دو گونه گیاهی در مخلوط تأثیر به سزائی دارد و از آن می‌توان در مطالعات بعدی برای پیش‌بینی عملکرد این گیاهان در کشت مخلوط استفاده نمود.

منابع

Agegnehu, G., Ghizam, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.

Bagheri, A., 2001. Baen Agronomy and Breeding. Mashhad University Press. Iran, p. 11-30. (In Persian)

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smoothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

De Wit, C.T., and Vanden Bergh, J.P. 1965. Competition between herbage plants. Netherlands Journal of Agricultural Sciences 13: 212-221.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.

Eslami Khalili, F., Pirdashti, H., and Motaghian, A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. Journal of Agroecology 94-

105. (In Persian with English Summary)

Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: biomass yield and silage quality. African Journal of Biotechnology 7(22): 4100-4104.

Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M.K., Jqrnsgaard, B., and Jensen, E.S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea–barley intercrops. Field Crops Research 95: 256–267.

Haymes, R., and Lee, H.C. 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triricum aestivum* L.) and field bean (*Vicia faba* L.). Field Crops Research 62: 167-176.

Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effect of nitrogen levels on yield and components of forage millet (*Pennisetum americanum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping system. Journal of Pajouhesh va Sazandegi 59: 60-67. (In Persian with English Summary)

Hosseinzadeh, D., Esmaeili, M.A., Pirdashti, H., Abbasian, A. 2012. Effect of different rates of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on weeds control. In: 12th Iranian Crop Sciences congress, 4-6 September. 2012. Karaj Branch. Islamic Azad University. Karaj, Iran. (In Persian)

Jahani, M., Koocheki, A., and Nasiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Lalehgani, B., Najibnia, S. 2009. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Crop Research 7(2): 605-614. (In Persian with English Summary)

Motaghian, A., Pirdashti, H., Akbarpour, V., Sarajpour, G., Yaghoubi Khanghahi, M., and Shariatnejad, S. 2013. Evaluation of basil (*Ocimum basiilicum* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) yield in different intercropping mixture via competition indices. Journal of Agroecology 5(3): 243-254. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H., Pirdashti, H., Yazdani, M., and Abbasian, A. 2012. Change of weed abundance and diversity in barley (*Hordeum vulgare* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) intercropping. International Journal of Agronomy and Plant Production 3: 788-793.

Mushagalusa, G.N., 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.

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 48-58.

SAS Institute. 2004. SAS User's Guide: Statistics, Version 9.1. SAS Institute Inc., Cary. NC, USA.

Schmidtke, K., Neumann, A., Hof, C., and Rauber, R. 2004. Soil and atmospheric nitrogen uptake by lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. Nudum L.) as monocrops and intercrops. Field Crops Research 87: 245-256.

Thobatsi, T. 2009. Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in a intercropping system. MSc Thesis, University of Pretoria. 149 pp.

Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. Physiology Chemistry Earth 28: 919-926.

Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. Turkish Journal of Agricultural and Forestry 32: 111-119.