نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 3، شماره 1، بهار 1390، ص. 105-94

Journal of Agroecology
Vol. 3, No. 1, Spring 2011, p. 94-105

بررسی عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) در تراکم و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط از طریق شاخص‌های رقابتی

فهیمه اسلامی خلیلی[1]، همت اله پیردشتی[2*] و آلاله متقیان[3]

تاریخ دریافت: 1389/04/25
تاریخ پذیرش: 1389/10/08

چکیده

به منظور بررسی کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل و سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع ساری در سال زراعی 87-1386 انجام گرفت. فاکتور اول شامل دو نسبت بذر (D_1 (نسبت مطلوب بذر): به ترتیب 75 و 150 کیلوگرم باقلا و جو در هکتار و D_2 (نسبت زیاد بذر): به ترتیب 100 و 200 کیلوگرم باقلا و جو در هکتار) و فاکتور دوم شامل نسبت‌های مختلف کاشت (P_1: تک کشتی باقلا، P_2: 50% باقلا+ 50% جو، P_3: 75% باقلا+ 25% جو، P_4: 25% باقلا+ 75% جو و P_5: تک کشتی جو) بود. با محاسبه نسبت برابری زمین (LER) مشخص شد که ترکیب 75 % باقلا+ 25% جو در تراکم بالا و ترکیب 25% باقلا+ 75% جو با تراکم مطلوب از حداکثر کارایی استفاده از زمین برخوردار بودند. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل تراکم در نسبت کشت بر عملکرد و برخی شاخص‌های رقابتی دو گونه، بیشترین عملکرد جو و باقلا (به ترتیب 3306/66 و 4884/56 کیلوگرم در هکتار) در تک کشتی با تراکم بالا مشاهده شد. در این آزمایش ترکیب 75% باقلا+ 25% جو در تراکم بالا موجب بیشترین عملکرد مخلوط، ضریب غالبیت و 27% افزایش عملکرد جو در مخلوط نسبت به تک کشتی آن گردید. همچنین حداکثر ضریب غالبیت و 17% افزایش عملکرد باقلا در مخلوط نسبت به کشت خالص آن از ترکیب 25% باقلا+ 75% جو با تراکم مطلوب بدست آمد. به علاوه تیمار 75 % باقلا+ 25% جو در نسبت مطلوب بذر از حداکثر شاخص تولید سیستم برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: افت واقعی عملکرد، ضریب غالبیت، نسبت برابری زمین

مقدمه

امروزه روند رو به افزایش تخریب منابع آب، خاک و محیط زیست در اثر کاربرد بی‌رویه مواد شیمیایی در کشاورزی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی در جهان موجب توجه و ترغیب محققان به بخش کشاورزی پایدار گردید (Avis et al., 2009). در این راستا حاصلخیزی خاک، کنترل فرسایش خاک، آفات، بیماری‌ها و علف-های هرز، تثبیت عملکرد در شرایط نامطلوب و افزایش عملکرد در شرایط مطلوب محیطی، افزایش کارایی استفاده از منابع آب، مواد غذایی، نور خورشید و در نهایت ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم زراعی از اهداف عمده کشاورزی پایدار به شمار می‌رود. با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت در ایران و سایر کشورها، سیستم کشت مخلوط با تولید دو یا چند گیاه زراعی به طور همزمان و در سطح مشترک به عنوان یکی از مؤلفه‌های کشاورزی پایدار در جهت تأمین اهداف مذکور حائز اهمیت ویژه است (Launay et al., 2009; Neumann et al., 2009; Banik et al., 2006; Tsubo et al., 2005; Chen et al., 2004; Dapaah et al., 2003; Malakooti, 1996)

بر همین اساس استفاده از گونه‌های گیاهی با فنولوژی و خصوصیات مورفولوژیکی 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 که در این صورت کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون گونه ای موجب می‌شود تا دو گیاه در آشیان اکولوژیکی یکسان، رقابتی نداشته باشند (Mushagalusa et al., 2008). در مجموع بقولات به سبب افزایش قابل توجه نیتروژن ریزوسفر در مدت کوتاه پس از کاشت، گونه مناسبی در ترکیب کشت مخلوط با غلات به منظور تسریع توسعه سیستم ریشه‌ای عمیق این گونه به شمار می و باقلا به عنوان یک گیاه استراتژیک با تثبیت نیتروژن اتمسفر، افزایش حاصلخیزی خاک و نقش تعیین کننده آن در بهبود شرایط زیستی،

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائمشهر، دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و کارشناس ارشد زراعت، پژوهشکده برنج و مرکبات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: h.pirdashti@sanru.ac.ir)

میکروکلیمایی و پایداری اکوسیستم زراعی با در نظر گرفتن تراکم مطلوب، گیاه مناسبی در مخلوط با جو محسوب می شود (Kopke & Nemecek, 2010; Ghosh et al., 2006; Hauggaard-Nielsen et al., 2006; Corre-Hellou & Crozat, 2004).

نتایج برخی بررسی‌های انجام شده در زمینه کشت مخلوط بقولات و غلات متداول در جهان مانند جو (*Hordeum vulgare* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) (Agegnehu et al., 2006)، عدس (*Lens culinariss* Medic.) و جو (Schemidtke et al., 2004)، باقلا و گندم (*Triticum aestivum* L.) (Hymes & Lee, 1999)، نخود (*Pisum sativum* L.) و جو (Launay et al., 2009)، نخود و یولاف (*Avena sativa* L.) (Neumann et al., 2009) و باقلا و ذرت (*Zea mays* L.) (Li et al., 1999) بیانگر بهبود کمی و کیفی محصولات مورد مطالعه و افزایش نسبت برابری سطح زمین[1] (LER) می‌باشد. در ضمن، نسبت برابری زمین در ارزیابی مزیت سیستم کشت مخلوط به تک کشتی بیشترین کاربرد را دارد و توانایی رقابت گونه‌ها در این نوع سیستم کشت اغلب با برآورد ضرایب ازدحامی[2] و غالبیت نسبی[3]، افت واقعی عملکرد تعیین و گونه غالب مشخص می‌گردد (Dhima et al., 2007; Banik et al., 2006; Willey, 1979). یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط نسبت رقابتی[4] می‌باشد، این شاخص توانایی رقابت را برای گیاهان زراعی به شکل بهتری بیان کرده و نسبت به ضریب غالبیت و ارزیابی افت عملکرد، معیار دقیق‌تری برای بررسی کشت مخلوط محسوب می‌شود (Dhima et al., 2007).

با توجه به اهمیت کشت مخلوط گرامینه و بقولات در استان مازندران هدف این تحقیق بررسی تأثیر رقابت جو و باقلا بر عملکرد و اجزای عملکرد این دو گونه، شاخص رقابتی، نسبت برابری سطح زمین و تعیین بهترین تراکم و ترکیب کشت برای استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت در مخلوط بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در کیلومتر نه جاده ساری- دریا در سال زراعی 87-1386 انجام گرفت. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا 16 متر و عرض جغرافیایی 53 درجه شمالی و طول جغرافیایی آن 36 درجه شرقی می باشد و منطقه از نظر اقلیمی در زمرهٔ مناطق معتدل مرطوب قرار می‌گیرد (Gillani & Bahmanyar, 2008). بافت خاک مزرعه پژوهشی رس- سیلتی بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل در سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل دو نسبت بذر (D_1: نسبت مطلوب بذر به ترتیب 75 و 150 کیلوگرم باقلا و جو در هکتار و D_2: نسبت زیاد بذر به ترتیب 100 و 200 کیلوگرم باقلا و جو در هکتار) و عامل فرعی شامل نسبت های مختلف کاشت (P_1: تک کشتی باقلا، P_2: 50% باقلا+ 50% جو، P_3: 75% باقلا+ 25% جو، P_4: 25% باقلا+ 75% جو و P_5: تک کشتی جو) بود. کشت باقلا معمولی (توده بومی) و جو (رقم صحرا) در تاریخ 26 آبان پس از آماده سازی زمین مطابق دستورالعمل‌های به زراعی جمعاً در 30 کرت به ابعاد 9×2 متر مربع انجام شد. هر کرت شامل نه ردیف کاشت که دو خط آن به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد به طول 9 متر و فاصله ردیف 20 سانتی متر بود و بین دو کرت دو ردیف به صورت نکاشت رها شد. در این آزمایش کودهای بکار رفته در کشت باقلا عبارت بودند از: اوره 100 کیلوگرم در هکتار (در دو مرحله به میزان 75 و 25 کیلوگرم در هکتار به ترتیب قبل از کاشت به صورت نواری و هنگام 6-4 برگی گیاه به صورت سرک)، سوپر فسفات تریپل 80 کیلوگرم در هکتار، سولفات پتاسیم 200 کیلوگرم در هکتار و در کشت جو کودهای بکار رفته شامل: اوره 100 کیلوگرم در هکتار (در دو مرحله به میزان 75 و 25 کیلوگرم در هکتار به ترتیب قبل از کاشت به صورت نواری و هنگام 6-4 برگی گیاه به صورت سرک)، فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به میزان 70 کیلوگرم در هکتار (قبل از کاشت و به صورت نواری) بود. مقدار کود برای هر گیاه با در نظر گرفتن نسبت کاشت مخلوط در هرکرت و مطابق با آزمون خاک مزرعه اعمال گردید.

در پایان فصل رشد عملکرد و اجزای عملکرد باقلا شامل تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه طی سه چین به فاصله 12 روز و عملکرد و اجزای عملکرد جو نیز شامل تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه، زیست توده و شاخص برداشت با برداشت دو متر مربع از سطح هر کرت و حذف اثر حاشیه‌ای تعیین گردیدند.

به منظور ارزیابی عملکرد دو گیاه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، LER جزئی باقلا و LER جزئی جو از معادله زیر استفاده شد (De Wit & Van den Bergh, 1965):

$$LER= Y_{ba}/Y_{bb}+ Y_{fa}/Y_{ff} \quad \text{(معادله 1)}$$

که در این رابطه Y_{ba}/Y_{bb} نسبت عملکرد جو در کشت مخلوط به تک کشتی جو (LER جزئی جو) و Y_{fa}/Y_{ff} نسبت عملکرد باقلا در کشت مخلوط به تک کشتی باقلا (LER جزئی باقلا) می باشد. رقابت نسبی بین دو محصول با استفاده از ضرایب ازدحامی (K) و غالبیت (A) دو گونه، از معادله‌های زیر تعیین گردید (Willey, 1979):

1- Land equivalent ratio
2- Crowding coefficient (K)
3- Aggresivity (A)
4- Competitive ratio (CR)

$$\text{Crowding coefficient of barley } (K_{barley}) = \frac{Y_{ba} \times Z_{fa}}{(Y_{bb} - Y_{ba}) \times Z_{ba}}$$ (معادله 2)

$$\text{Crowding coefficient of barley } (K_{faba\ been}) = \frac{Y_{fa} \times Z_{ba}}{(Y_{ff} - Y_{fa}) \times Z_{fa}}$$ (معادله 3)

$$\text{Aggresivity of barley } (A_{barley}) = \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} \times Z_{ba}} - \frac{Y_{fa}}{Y_{ff} \times Z_{fa}}$$ (معادله 4)

$$\text{Aggresivity of barley } (A_{faba\ been}) = \frac{Y_{fa}}{Y_{ff} \times Z_{fa}} - \frac{Y_{ba}}{Y_{bb} \times Z_{fa}}$$ (معادله 5)

در این روابط Y_{bb} و Y_{ff} به ترتیب عملکرد جو و باقلا در تک کشتی، Y_{ba} و Y_{fa} عملکرد جو و باقلا در کشت مخلوط، Z_{ba} و Z_{fa} نسبت کاشت جو و باقلا در کشت مخلوط می‌باشد. شاخص نسبت رقابتی دوگونه طبق معادله‌های 6 و 7 محاسبه گردید:

$$CR_{barley} = (LER_{ba}/LER_{fa}) \times (Z_{fa}/Z_{ba})$$ (معادله 6)

$$CR_{faba\ been} = (LER_{fa}/LER_{ba}) \times (Z_{ba}/Z_{fa})$$ (معادله 7)

Z_{ba} وZ_{fa} به ترتیب نسبت کاشت جو و باقلا در کشت مخلوط، LER_{ba} و LER_{fa} به ترتیب نسبت برابری جزئی جو و باقلا می باشد (Dhima et al., 2007).

میزان افت واقعی عملکرد (AYL)[1] هر گونه مطابق با استفاده از معادله‌های زیر بدست آمد (Banik, 1996):

$$AYL_{barley} = (Y_{ba}/Z_{ba}) \times (Y_{bb}/Z_{bb}) - 1$$ (معادله 8)

$$AYL_{faba\ been} = (Y_{fa}/Z_{fa}) \times (Y_{ff}/Z_{ff}) - 1$$ (معادله 9)

شاخص دیگر در کشت مخلوط شاخص تولید سیستم[2] یا استاندارد کردن عملکرد محصول دوم (fa) نسبت به محصول اول (ba) طبق معادله 10 و معرفی شده توسط ادو (Odo, 1991) تعیین شد:

$$SPI = (S_{fa}/S_{ba}) \times Y_{fa} + Y_{ba}$$ (معادله 10)

که در این رابطه S_{ba} و S_{fa} میانگین عملکرد جو و باقلا در تک کشتی، Y_{ba} و Y_{fa} میانگین عملکرد جو و باقلا در کشت مخلوط بود. برای تجزیه آماری داده‌های آزمایش از نرم افزار SAS ver. 9.1 (SAS Institute, 1997) استفاده شد و مقایسه میانگین ها برای صفات مورد ارزیابی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

- اثر نسبت‌های مصرف بذر و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جو و باقلا بر عملکرد و اجزای عملکرد جو

با توجه به نتایج تجزیه واریانس اختلاف عملکرد بوته جو در نسبت‌های مختلف کاشت در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود، به طوری که در ترکیب 75% باقلا+ 25% جو افزایش 19/44 درصدی عملکرد بوته نسبت به تک کشتی آن مشاهده شد (جدول 1).

همانطور که در جدول شماره 1 مشاهده می‌شود اثر نسبت مصرف بذر (تراکم) و ترکیب کشت مخلوط بر زیست توده بوته به ترتیب در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود، به طوری که مصرف 150 کیلوگرم در هکتار بذر با میانگین 26/23 گرم در بوته نسبت به مصرف 200 کیلوگرم در هکتار با میانگین 24/65 گرم در بوته برتری نشان داد. در بین ترکیب‌های مختلف کشت، در تیمارهای 50% باقلا+ 50% جو و 75% باقلا+ 25% جو به ترتیب افزایش 14/07 و 19/27 درصدی زیست توده در مقایسه با تک کشتی جو مشاهده گردید. در این آزمایش حداکثر شاخص برداشت بوته جو به ترتیب با میانگین 47/18 و 47/01 درصد در تک کشتی جو و ترکیب 75% باقلا+ 25% جو بدست آمد (جدول 1). در همین راستا جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) در بررسی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس اظهار داشتند که عملکرد بیولوژیک 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 (55%) و در تیمارهای مختلف کشت مخلوط حداقل (33%) بوده است. در حالی که آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) حداکثر زیست توده جو را در تک کشتی جو و تیمارهای 12/5% باقلا+ 100% جو، 25% باقلا+ 100% جو و 37/5% باقلا+ 100% جو گزارش نمودند. اشمیتک و همکاران (Schmidtke et al., 2004) در بررسی کشت مخلوط جو و عدس، حداکثر شاخص برداشت جو را در کشت خالص آن گزارش نمودند.

در بین تراکم‌های مورد بررسی، حداکثر وزن 100 دانه جو در تراکم مطلوب گیاه (4/79 گرم) مشاهده شد و در میان ترکیب های مختلف کشت، ترکیب 75% باقلا+ 25% جو از حداکثر مقدار این صفت (5/01 گرم) برخوردار بود (جدول 1). بالا بودن وزن صد دانه در تراکم مطلوب جو بیانگر رقابت کم درون گونه‌ای و نفوذ نور به کانوپی گیاه در این تیمار می‌باشد. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) در بررسی تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت زیره سبز و عدس بر وزن هزار دانه زیره اظهار داشتند که تیمارهای کشت مخلوط از حداکثر وزن هزار دانه (1/75) و کشت خالص از حداقل وزن هزار دانه (1/05) برخوردار بودند.

با توجه به معنی‌داری اثر متقابل تراکم در ترکیب کشت بر تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه در بوته (جدول 1)، حداکثر تعداد دانه در سنبله (میانگین 46/51) در ترکیب 25% باقلا+ 75% جو با تراکم مطلوب مشاهده شد، در حالی که ترکیب کشت مذکور در تراکم بالای گیاه از حداقل تعداد دانه در سنبله (41/71) برخوردار بود.

1- Actual yield loss
2- System productivity index (SPI)

همچنین حداکثر تعداد پنجه (6/91) در تراکم مطلوب و نسبت کاشت 25% باقلا+ 75% جو بدست آمد و در تک کشتی جو با مصرف بالای بذر حداقل تعداد پنجه (5/00) مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده است). آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) در بررسی تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت جو و باقلا بر عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه اظهار داشتند که تیمارهای تک کشتی جو، 12/5% باقلا+ 100% جو و 37/5% باقلا+ 100% جو (در گستره 394 - 335) از حداکثر تعداد پنجه در واحد سطح برخوردار بودند.

جدول 1 نشان می‌دهد که در بین نسبت‌های مصرف بذر، حداکثر طول سنبله در مصرف 200 کیلوگرم بذر در هکتار جو (5/33 سانتی‌متر) بدست آمد و ترکیب‌های کشت 75% باقلا+ 25% جو و 50% باقلا+ 50% جو از حداکثر مقدار این صفت (به ترتیب 5/51 و 5/37 سانتی‌متر) برخوردار بودند. همچنین بالاترین ارتفاع بوته در بین ترکیب-های مختلف کشت، در تک کشتی جو و 25% باقلا+ 75% جو مشاهده شد و در ترکیب 75% باقلا+ 25% جو حداقل ارتفاع بوته بدست آمد (جدول 1). بنابر گزارش آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) ارتفاع بوته و وزن هزار دانه جو در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی جو و باقلا تفاوت آماری معنی‌داری را نشان نداد. جرن و همکاران (Geren et al., 2008) اظهار داشتند که ارتفاع بوته ذرت در کشت خالص نسبت به ترکیب‌های مختلف مخلوط ذرت – ماش (*Vigna radiata* L.) و ذرت- لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) کاهش نشان داد. این محققان حداکثر ارتفاع بوته ذرت را در ترکیب‌های مختلف مخلوط ذرت و ماش گزارش نمودند در حالی که زیست توده این گیاه تحت تأثیر مخلوط قرار نگرفت.

- اثر نسبت‌های مصرف بذر و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جو و باقلا بر عملکرد و اجزای عملکرد باقلا

با توجه به تأثیر معنی‌دار تیمارهای تراکم و ترکیب کشت بر صفات عملکرد بوته و تعداد دانه در غلاف، حداکثر عملکرد باقلا با میانگین 86/76 گرم در بوته در نسبت مطلوب مصرف بذر بدست آمد و در بین ترکیب های مختلف کشت، تیمارهای 25% باقلا+ 75% جو و 50% باقلا+ 50% جو از حداکثر عملکرد بوته (به ترتیب با میانگین 90/54 و 84/01 گرم د ر بوته) برخوردار بودند (جدول 2). همچنین در بین دو نسبت مصرف بذر بیشترین تعداد دانه در غلاف، در نسبت 100 کیلوگرم در هکتار بذر (تراکم بالا) با میانگین 3/19 مشاهده شد و تیمارهای 50% باقلا+ 50% جو و 75% باقلا+ 25% جو به ترتیب با میانگین 3/3 و 3/1 از حداکثر مقدار این صفت در بین ترکیب‌های مختلف کشت برخوردار بودند (جدول 2). در این زمینه جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف عدس در مخلوط زیره سبز و عدس را نسبت به تک کشتی آن گزارش نمودند.

با توجه به تأثیر معنی‌دار تراکم بر صفت تعداد غلاف در بوته، حداکثر تعداد غلاف (9/81) در مصرف 75 کیلوگرم در هکتار بذر (تراکم مطلوب) باقلا مشاهده شد (جدول 2). با مشاهده افزایش معنی‌دار تعداد غلاف و عملکرد بوته در تراکم مطلوب، به نظر می‌رسد که تعداد غلاف به عنوان مهمترین جزء عملکرد باقلا نقش تعیین کننده‌ای در این تیمار داشته است. در همین زمینه مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 2002) اظهار داشتند که با افزایش تراکم، تعداد غلاف در بوته سویا به علت رقابت درون گونه‌ای به شدت کاهش یافته است.

در این آزمایش تیمار 25% باقلا + 75% جو موجب افزایش معنی‌دار وزن صد دانه باقلا نسبت به تک کشتی و ترکیب 75% باقلا+ 25% جو گردید (جدول 2). آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) در بررسی کشت مخلوط افزایشی جو و باقلا حداکثر وزن هزار دانه باقلا را در ترکیب کشت با کمترین سهم باقلا (12/5% باقلا + 100% جو) در مخلوط گزارش نمود. در حالی که تقی‌زاده و کوچکی (Taghizade & Koocheki, 2005) در بررسی کشت مخلوط ارقام سویا، بیشترین وزن صد دانه را در تراکم بالای سویا مشاهده نمودند. با توجه به معنی‌داری اثر متقابل تراکم در ترکیب کشت بر طول غلاف باقلا (جدول 1)، ترکیب 50% باقلا + 50% جو در تراکم زیاد و تک کشتی باقلا در تراکم مطلوب آن به ترتیب با میانگین 12/8 و 9/5 سانتی متر از حداکثر و حداقل طول غلاف برخوردار بودند (داده‌ها نشان داده نشده است).

در بررسی اثر تراکم و ترکیب کشت مخلوط جو و باقلا بر ارتفاع بوته باقلا مشاهده شد که در بین دو نسبت مصرف بذر، بیشترین ارتفاع بوته (79/60 سانتی متر) مربوط به مصرف مطلوب بذر و در بین ترکیب‌های مختلف کشت مربوط به تیمارهای 25% باقلا+ 75% جو و 75% باقلا+ 25% جو بود (جدول 2). در این راستا آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) حداکثر ارتفاع بوته باقلا در مخلوط با جو را در تیمارهای تک کشتی باقلا، 37/5% باقلا + 100% جو، 50% باقلا + 100% جو و 62/5% باقلا + 100% جو گزارش نمودند. در مطالعه حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) نیز حداقل ارتفاع بوته و طول غلاف لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در مخلوط ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum americanum* L.) و لوبیا چشم بلبلی، در تک کشتی گیاه مذکور حاصل شد.

کارایی استفاده از زمین و شاخص‌های رقابتی

طبق جدول 3 مشاهده می‌شود که اثر تراکم، نسبت‌های مختلف

کشت و اثر متقابل آنها بر عملکرد هر دو گونه گیاهی معنی‌دار بود، به طوری که جو در تک کشتی با تراکم زیاد (میانگین 3306/66 کیلوگرم در هکتار) از حداکثر تولید برخوردار بود و بیشترین عملکرد باقلا نیز در تک کشتی گیاه با تراکم زیاد (4884/56 کیلوگرم در هکتار) بدست آمد (جدول 4). با توجه به نتایج بدست آمده حداکثر عملکرد مخلوط (میانگین 5185/07 کیلوگرم در هکتار) به ترکیب 75% باقلا+ 25% جو با تراکم بالا متعلق بود.

با بررسی شاخص‌های رقابتی مطرح شده در این آزمایش می‌توان رفتار دو گونه را در تراکم و نسبت‌های کشت، دقیق تر مطالعه نمود. با مقایسه نسبت برابری زمین در تراکم و ترکیب‌های مختلف کشت مشخص شد که مخلوط 75% باقلا+ 25% جو در تراکم بالا (LER=1/16) و 25% باقلا+ 75% جو در تراکم مطلوب (LER=1/17) با بیش از 15 درصد افزایش کارایی استفاده از زمین موجب بهبود قابل ملاحظه عملکرد مخلوط نسبت به تک کشتی گردید (داده‌ها نشان داده نشده است). نتایج نشان می‌دهد که در هر دو گونه گیاهی با سهم 50 درصد و بیشتر، نسبت جزئی برابری زمین بیش از 0/50 بوده است، به طوری که حداکثر LER جزئی جو در ترکیب کشت 25% باقلا+ 75% جو (LER_{ba}=0/85) (جدول 3) و حداکثر LER جزئی باقلا نیز در تراکم زیاد با ترکیب کشت 75% باقلا+ 25% جو (LER_{fa}=0/84) مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده است). در این راستا آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) با بررسی کارایی استفاده از زمین در مخلوط جو و باقلا، افزایش قابل توجه نسبت برابری زمین را در ترکیب های 37/5% باقلا+ 100% جو، 50% باقلا+ 100% جو و 62/5% باقلا+ 100% 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 1/08-1) بجز ترکیب 50% گندم + 50% لوبیا (LER=1/28) در نسبت‌های دیگر کشت افزایش چشمگیری را نشان نداد، در حالی که در کشت بهاره این مخلوط، افزایش قابل توجه عملکرد و نسبت برابری زمین در اکثر ترکیب‌های کشت گزارش شده است. این محققان شرایط آب و هوایی منطقه در فصل کشت، مورفولوژی گیاه عوامل مدیریتی را از مؤلفه‌های مهم تأثیرگذار بر سودمندی کشت مخلوط بیان داشتند.

در بررسی شاخص‌های رقابتی دو گونه در کشت مخلوط نیز مشخص گردید که در هیچ یک از تیمارها ضریب ازدحامی برای گونه‌های مورد بررسی برابر یک نمی‌باشد (جدول 3) که این امر بیانگر عدم برابری رقابت درون گونه‌ای با رقابت برون گونه‌ای بود (Dhima et al., 2007). در بین ترکیب‌های مختلف کشت، تیمار 25% باقلا+ 75% جو با ضریب ازدحامی معادل 2/06 نسبت به ترکیب‌های کشت با سهم 25 و 50 درصد جو برتری نشان داد (جدول 3). با توجه به نتایج بدست آمده باقلا در تراکم زیاد و با ترکیب 75% باقلا+ 25% جو از بیشترین ازدحام برخوردار بود (K_{fa}=1/79). در این آزمایش حداکثر ضریب ازدحام نسبی مخلوط در تراکم مطلوب با ترکیب 25% باقلا+ 75% جو (K_{Total}=3/05, K_{ba}=2/38, K_{fa}=1/29) مشاهده شد که به نظر می‌رسد سهم جو در افزایش ضریب ازدحام مخلوط بیش از باقلا بوده است (داده‌ها نشان داده نشده است).

با توجه به اینکه ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر غالبیت آن گونه در ترکیب مخلوط می‌باشد (Yilmaz et al., 2008)، بنابراین بر اساس داده‌های جدول 4 مشاهده می‌شود که حداکثر ضریب غالبیت جو در تراکم مطلوب و با نسبت کشت 75% باقلا+ 25% جو (A_{ba}= 0/18) بدست آمد و بیشترین ضریب غالبیت باقلا نیز مربوط به ترکیب 25% باقلا+ 75% جو با تراکم زیاد (0/54 =A_{fa}) بود. این امر بیانگر آن است که جو در تراکم مطلوب از توانایی رقابت و ازدحام بیشتری برخوردار بود، در حالی که باقلا در تراکم بالا به عنوان گونه غالب، توان رقابتی قابل ملاحظه‌ای را نشان داد.

بر اساس مطالعات بانیک و همکاران (Banik et al., 2000) برآورد شاخص افت واقعی عملکرد (AYL) علاوه بر بررسی رقابت بین گونه‌ای، با در نظر گرفتن عملکرد هر گیاه وضع هر گونه در مخلوط (رقابت درون گونه‌ای) را با جزئیات دقیق تری بیان می‌کند. این شاخص با علامت مثبت بیانگر سودمندی مخلوط به تک کشتی بر پایه عملکرد هر گیاه است (Yilmaz et al., 2008). محاسبه افت واقعی عملکرد (جدول 4) در مورد گونه‌های مذکور نشان داد که هیچ یک از ترکیب‌های کشت مخلوط با تراکم های مورد بررسی افت عملکرد نداشت. در این آزمایش افزایش 27 درصدی عملکرد جو (AYL_{ba}=0/27) در تراکم بالای مخلوط 75% باقلا+ 25% جو و افزایش 17 درصدی عملکرد باقلا (AYL_{fa}=0/17) در تراکم بالا با ترکیب 25% باقلا+ 75% جو نسبت به کشت خالص آن بیانگر سودمندی الگوی کشت مذکور در استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای است. در همین راستا ژو و همکاران (Xu et al., 2008) در بررسی چند ساله کشت مخلوط نوعی ارزن علوفه‌ای و اسپرس (*Onobrychis viciaefolia* Scop.) اظهار داشتند که طی چهار سال متوالی کشت، هیچ یک از دو گونه در مخلوط افت عملکرد نشان ندادند. در این آزمایش بین افت عملکرد و ضریب غالبیت باقلا همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=0/63*) مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده است).

با بررسی نسبت رقابت دو گونه در ترکیب‌های مختلف کشت مشخص گردید که جو در مخلوط 75% باقلا+ 25% جو (CR=1/16) و باقلا در ترکیب‌های 50% باقلا+ 50% جو و 25% باقلا+ 75% جو (CR=1/02) از حداکثر نسبت رقابت برخوردار بودند (جدول 3)، همانطور که مشاهده می‌شود جو در مخلوط از توان رقابتی بالایی در

مقایسه با باقلا برخوردار است. در این آزمایش نسبت رقابت جو همبستگی بالایی را با افت واقعی عملکرد (r=0/88**) نشان داد و نسبت رقابت باقلا نیز از همبستگی مثبت و معنی‌داری با ضریب غالبیت گیاه (r=0/61*) برخوردار بود (داده‌ها نشان داده نشده است). در این زمینه ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) افزایش نسبت رقابت و غالبیت ذرت در تیمار 50% ذرت + 50% ماش را عامل عدم افت عملکرد ذرت دانستند و افت واقعی عملکرد در حداکثر سهم ذرت (100% ذرت + 50% ماش) را به دلیل کاهش نسبت رقابت و غالبیت گیاه گزارش نمودند.

در بررسی شاخص تولید کشت مخلوط[1] (SPI) مشخص گردید که در تراکم مطلوب با ترکیب کشت 75% باقلا+ 25% جو این سیستم (با میانگین 4660/79) از حداکثر شاخص تولید برخوردار بوده است (جدول 3). آگگنهو و همکاران (Agegnehu et al., 2006) در بررسی عملکرد و شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط افزایشی باقلا و جو با نسبت 100 درصد جو و نسبت‌های متفاوت باقلا، کاهش عملکرد جو متناسب با افزایش نسبت بذر و عملکرد باقلا را گزارش نمودند. بنابر گزارش این محققان در ترکیب کشت 37/5% باقلا (میزان مطلوب باقلا) + 100% جو عملکرد کل مخلوط، ضریب ازدحام نسبی (K=3/30) و شاخص تولید سیستم (SPI=2940) حداکثر بوده است.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی عملکرد و اجزای عملکرد جو و باقلا بیانگر تأثیر شرایط محیطی و مدیریت زراعی بر عوامل مؤثر بر عملکرد مانند وزن صد دانه در جو و تعداد غلاف در بوته باقلا بود، به طوری که حداکثر مقدار این صفات در نسبت مطلوب تراکم بدست آمد. در این آزمایش حداکثر عملکرد مخلوط و افزایش قابل ملاحظه کارایی استفاده از زمین در تیمار 75% باقلا+ 25% جو با تراکم بالا مشاهده شد. با برآورد شاخص‌های رقابتی به منظور بررسی وضعیت دو گونه در مخلوط مشخص گردید که جو و باقلا در هیچ یک از ترکیب‌های کشت با تراکم مورد بررسی افت واقعی عملکرد نداشت. نکته قابل توجه اینکه در تیمار 75 % باقلا+ 25% جو با تراکم بالا افزایش قابل ملاحظه (27 درصد) عملکرد جو در مقایسه با کشت خالص آن مشاهده شد. در این آزمایش حداکثر نسبت رقابت جو در ترکیب 75% باقلا+ 25% جو (CR=1/16) و حداکثر نسبت رقابت باقلا در ترکیب‌های 50% باقلا+ 50% جو و 25% باقلا+ 75% جو (CR=1/02) مشاهده شد که این مطلب حاکی از آن است که جو از توان رقابتی بالاتری نسبت به باقلا برخوردار بود. با توجه به اینکه حداکثر غالبیت جو (0/18) در ترکیب 75% باقلا+ 25% جو با تراکم مطلوب و حداکثر غالبیت باقلا (0/54) در تیمار 25% باقلا+ 75% جو با تراکم بالا مشاهده شد می‌توان دریافت که باقلا از غالبیت بیشتری نسبت به جو برخوردار بود. در مجموع به نظر می‌رسد که علاوه بر انتخاب دو گونه با خصوصیات مورفولوژیک متفاوت به منظور کاهش رقابت‌ها، تراکم و نسبت‌های کشت نیز از عوامل مؤثر بر شاخص‌های رقابتی و موفقیت کشت مخلوط به شمار می‌رود.

1- System productivity index

جدول ۱- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی جو در تراکم و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جو و باقلا

Table 1- Mean comparison of some agronomic traits of barley in different densities and combinations of barley and faba bean

تیمارها Treatments	عملکرد دانه Grain yield	بیوماس Biomass	شاخص برداشت (درصد) Harvest Index (%)	تعداد دانه در سنبله Seed number/ spike	وزن صد دانه (گرم) Hundred seed weight (g)	طول سنبله Spike length	ارتفاع گیاه Plant height
	(گرم در گیاه) (g. plant^{-1})					(سانتی متر) (cm)	
نسبت بذر Seed ratio (D)							
D_1	11.92	26.23a♦	45.44	45.20a	4.79a	5.18b	74.50
D_2	11.45	24.65b	46.54	43.68b	4.68b	5.33a	76.35
نسبت مخلوط Proportion intercropping (P)							
P_2	11.71b	26.08ab	44.93bc	45.35	4.66b	5.51a	73.18b
P_3	13.06a	27.76a	47.18a	44.79	5.01a	5.37a	68.13c
P_4	11.41b	25.68b	44.41c	43.63	4.69b	5.08b	79.75a
P_5	10.52c	22.41c	47.01ab	44.02	4.55b	5.08b	80.99a
S.O.V †							
D	NS	*	NS	*	*	*	NS
P	**	**	*	NS	**	**	**
D * P	NS	NS	NS	**	NS	NS	NS
CV (%)	5.18	5.10	3.44	3.23	2.37	3.36	3.73

♦ میانگین های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می باشند.

D_1: نسبت مطلوب بذر به ترتیب ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم باقلا و جو در هکتار؛ D_2: نسبت زیاد بذر به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم باقلا و جو در هکتار

P_2: ۵۰٪ باقلا+ ۵۰٪ جو، P_3: ۷۵٪ باقلا+ ۲۵٪ جو، P_4: ۲۵٪ باقلا+ ۷۵٪ جو، P_5: تک کشتی جو

† * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و NS: عدم تفاوت معنی دار

♦ Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to DMRT (P<0.05).

D_1: Optimum seed ratio, 75 and 150 kg. ha^{-1} of faba bean and barley, respectively and D_2: high seed ratio, 100 and 200 kg. ha^{-1}of faba bean and barley , respectively

P_2: 50 % faba bean + 50 % barley, P_3: 75 % faba bean + 25 % barley, P_4: 25 % faba bean + 75 % barley, P_5: sole cropping of barley.

† * and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively and NS: Non significant

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی باقلا در تراکم و ترکیب های مختلف کشت مخلوط جو و باقلا

Table 2– Mean comparison of some agronomic traits of faba bean in different densities and combinations of barley and faba bean

تیمارها Treatments	عملکرد دانه (گرم در گیاه) Grain yield (g. plant^{-1})	تعداد غلاف در گیاه Pod number/plant	تعداد دانه در غلاف Seed number/ pod	وزن صد دانه (گرم) Hundred seed weight (g)	طول غلاف Pod length (cm)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)
نسبت بذر Seed ratio (D)						
D_1	86.76a♦	9.81a	2.96b	298.68	10.86b	79.60a
D_2	80.31b	8.21b	3.19a	304.66	11.88a	73.53b
نسبت مخلوط Proportion intercropping (P)						
P_1	80.02b	9.29	2.88b	286.93b	10.61c	71.89b
P_2	84.01ab	8.59	3.30a	308.03ab	12.28a	70.02b
P_3	80.91b	9.05	3.10ab	295.17b	11.41b	80.89a
P_4	90.54a	9.23	3.03b	318.90a	11.24b	81.00a
S.O.V †						
D	*	**	**	NS	**	**
P	**	NS	**	*	**	**
P*D	NS	NS	NS	NS	*	NS
CV (%)	6.30	6.02	5.59	5.19	3.62	3.07

♦ میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

♦ Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to DMRT (P<0.05).

D_1: نسبت مطلوب بذر به ترتیب ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم باقلا و جو در هکتار؛ D_2: نسبت زیاد بذر به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم باقلا و جو در هکتار

P_1: تک کشتی باقلا، P_2: ۵۰٪ باقلا+ ۵۰٪ جو، P_3: ۷۵٪ باقلا+ ۲۵٪ جو، P_4: ۲۵٪ باقلا+ ۷۵٪ جو

† * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و NS: عدم تفاوت معنی‌دار

D_1: optimum seed ratio, 75 and 150 kg. ha^{-1} of faba bean and barley, respectively and D_2: high seed ratio, 100 and 200 kg. ha^{-1}of faba bean and barley, respectively

P_1: sole cropping of faba bean, P_2: 50 % faba bean + 50 % barley, P_3: 75 % faba bean + 25 % barley, P_4: 25 % faba bean + 75 % barley

† * and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively and NS: Non significant

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص های رقابتی در تراکم و ترکیب های مختلف کشت مخلوط جو و باقلا

Table 3- Mean comparison of competitive indices in different densities and combinations of barley and faba bean

تیمارها Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})			نسبت برابری زمین LER value			ضریب غالبیت A value	
	جو Barley	باقلا Faba bean	کل Total	جو Barley	باقلا Faba bean	کل Total	جو Barley	باقلا Faba bean
نسبت بذر Seed ratio (D)								
D_1	1636.72b♦	2748.94b	3465.19b	0.65b	0.56a	1.05	0.04a	-0.04b
D_2	2270.39a	3244.03a	4337.12a	0.72a	0.51b	1.07	-0.17b	0.17a
نسبت مخلوط Proportion intercropping (P)								
P_1	-	4449.28a	4449.28a	-	1.00a	1.00d	-	-
P_2	1487.91c	2351.97c	3839.88b	0.53c	0.54c	1.06c	-0.02b	-0.17c
P_3	899.89d	3521.23b	4394.69a	0.31d	0.80b	1.11b	0.17a	-0.02b
P_4	2529.71b	1323.39d	3907.02b	0.85b	0.29d	1.14a	-0.32c	0.32a
P_5	2915.26a	-	2915.26c	1.00a	-	1.00d	-	-
S.O.V †								
D	**	**	**	NS	NS	NS	**	**
P	**	**	**	**	**	**	**	**
D * P	*	**	*	NS	*	*	**	**
CV (%)	7.07	3.67	3.41	4.55	4.33	2.23	19.54	19.54

	ضریب ازدحامی K value			افت واقعی عملکرد AYL		نسبت رقابت CR		شاخص تولید سیستم
	جو Barley	باقلا Faba bean	کل Total	جو Barley	باقلا Faba bean	جو Barley	باقلا Faba bean	SPI
نسبت بذر Seed ratio (D)								
D_1	1.47	1.19b	1.78	0.13b	0.08b	1.04	0.96	3974.56a
D_2	1.56	1.36a	2.11	0.18a	0.11a	1.03	0.97	3685.08b
نسبت مخلوط Proportion intercropping (P)								
P_2	1.12b	1.17b	1.33c	0.05c	0.07b	0.98b	1.02a	3818.55b
P_3	1.35b	1.39a	1.89b	0.24a	0.06b	1.16a	0.85b	4301.00a
P_4	2.06a	1.26ab	2.58a	0.16b	0.16a	0.97b	1.02a	3398.86c
S.O.V †								
D	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	*
P	*	*	**	**	**	*	*	**
D * P	NS	**	*	NS	**	NS	NS	**
CV (%)	23.95	9.58	18.03	23.48	15.24	7.11	7.85	3.35

♦ میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

† * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و NS: عدم تفاوت معنی‌دار

♦ Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to DMRT (P<0.05).

D_1: Optimum seed ratio, 75 and 150 kg. ha^{-1} of faba bean and barley, respectively and D_2: high seed ratio, 100 and 200 kg. ha^{-1}of faba bean and barley, respectively

P_1: sole cropping of faba bean, P_2: 50 % faba bean + 50 % barley, P_3: 75 % faba bean + 25 % barley, P_4: 25 % faba bean + 75 % barley, P_5: sole cropping of barley.

† * and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively and NS: Non significant

جدول٤- مقایسه میانگین اثرات متقابل تراکم و ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط جو و باقلا بر شاخص های رقابتی

Table 4- Mean comparison of densities and combinations of barley and faba bean on competitive indices

تیمارها Treatments		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})			ضریب غالبیت A value		افت واقعی عملکرد AYL		شاخص تولید سیستم SPI
		جو Barley	باقلا Faba bean	کل Total	جو Barley	باقلا Faba bean	جو Barley	باقلا Faba bean	
نسبت بذر Seed ratio (D)	نسبت مخلوط Proportion intercropping (P)								
D_1	P_1	-	4014.00±8937b	4014.00±8937de	-	-	-	-	-
	P_2	1267.04±18.53e♦	2189.84±61.63e	3456.87±43.09f	-0.08±0.005e	0.08±0.005b	0.01±0.05d	0.09±0.02abc	4012.55±65.02a
	P_3	767.77±26.32g	3100.00±86.60c	3867.77±76.89e	0.18±0.005a	-0.18±0.005f	0.22±0.04ab	0.02±0.005c	4660.79±304.65b
	P_4	2164.36±120.20c	1163.44±190.65g	3462.61±120.20f	0.005±0.02d	-0.005±0.02c	0.17±0.02d	0.16±0.007a	2888.21±277.94d
	P_5	2523.85±169.61b	-	2523.85±169.61g	-	-	-	-	-
D_2	P_1	-	4884.56±131.37a	4884.56±131.37b	-	-	-	-	-
	P_2	1819.21±199.07d	2595.18±17.18d	4414.40±216.24c	0.06±0.007c	-0.06±0.007d	0.12±0.007c	0.05±0.007bc	3527.54±433.20c
	P_3	1032.01±51.66f	4153.6±78.68b	5185.07±150.74a	0.15±0.007b	-0.15±0.007e	0.27±0.3a	0.12±0.007ab	3761.31±378.51bc
	P_4	2773.27±265.38b	1430.03±94.82f	4203.29±172.63cd	-0.54±0.01f	0.54±0.01a	0.15±0.04bc	0.17±0.01a	3734.11+404.54c
	P_5	3306.66±258.65a	-	3306.66±258.65f	-	-	-	-	-

♦ میانگین‌های هر ستون مربوط به هر عامل که دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

† * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و NS: عدم تفاوت معنی‌دار

♦ Means in the same column of each factor followed by the same letters were not significantly different according to DMRT (P<0.05).

D_1: optimum seed ratio, 75 and 150 kg. ha^{-1} of faba bean and barley, respectively and D_2: high seed ratio, 100 and 200 kg. ha^{-1} of faba bean and barley, respectively

P_1: sole cropping of faba bean, P_2: 50 % faba bean + 50 % barley, P_3: 75 % faba bean + 25 % barley, P_4: 25 % faba bean + 75 % barley, P_5: sole cropping of barley.

† * and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively and NS: Non significant

منابع

1- 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.
2- Avis, T. J., Grave, V., Antoun, H., and Tweddell. R.J. 2008. Multifaceted beneficial effects of rhizosphere microorganisms on plant health and productivity. Soil Biology and Biochemistry 40: 1733-1740.
3- Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. Journal of Agronomy and Crops Science 176: 289-294.
4- Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica compestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row- replacement series systems. Journal of Agronomy and Crops Science 185: 9-14.
5- 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.
6- Chen, C., Westcott, M., Neill, K., Wichmann, D., and Knox, M. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. Agronomy Journal 96: 1730–1738.
7- Corre-Hellou, G., and Crozat, Y. 2004. Interspecific competition for soil N in pea–barley mixtures during the vegetative phase and consequences of N_2 fixation. In: AEP, Editor, Proceedings of the 5th European Conference on Grain Legumes, Dijon, pp. 65–66.
8- Dapaah, H.K., Asafu-Agyei, J.N., Ennin, S.A., and Yamoah, C.Y. 2003. Yield stability of cassava, maize, soybean and cowpea intercrops. Journal of. Agriculture Science 140: 73–82.
9- De Wit, C.T., and Vanden Bergh, J.P. 1965. Competition between herbage plants. Netherlands Journal of Agricultural Science 13: 212–221.
10- 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.
11- 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.
12- Ghosh, P.K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K.K., Painuli, D.K., and Misra A.K. 2006. Growth, competition, yields advantage and economics in soybean/pigeon pea intercropping system in semi-arid tropics of India II. Effect of nutrient management. Field Crops Research 96: 90–97.
13- Gillani, S.S., and Bahmanyar, M.A., 2008. Impact of organic amendments with and without mineral fertilizers on soil microbial respiration. Journal of Applied Sciences 8(4): 642-647. (In Persian with English Summary)
14- 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.
15- Haymes, R., and Lee, H.C. 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triricum aestivum*) and field bean (*Vicia faba*). Field Crops Research 62: 167-176.
16- 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*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Journal of Pajouhesh va Sazandegi 59: 60-67. (In Persian with English Summary)
17- 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 Crop Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)
18- Kopke, U., and Nemecek, T. 2010. Ecological services of faba bean. Field Crops Research 115: 217–233.
19- Launay, M., Brisson, N., Satger, S., Hauggaard-Nielsen, H., Corre-Hellou, G., Asynova, E.K., Ruske, R., Jensen E. S., and Gooding, M. J. 2009. Exploring options for managing strategies for pea–barley intercropping using a modeling approach. European Journal of Agronomy 31(2): 85-98.
20- Li, L., Yang, S., Li, X., Zhang, F., and Christie, F. 1999. Inter specific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba. Plant and Soil 212: 105-114.
21- Malakooti, M. 1996. Sustainable Agriculture and Increasing Yield with Optimization of Fertilizer Application in Iran. Agricultural Education Press. 379 pp. (In Persian)
22- Mazaheri, D., Pasarive, S., Peyghambari, A. 2002. Study and investigation growth analysis in monoculture and multicultural of soybean cultures. Journal of Pajouhesh va Sazandegi 54: 37-54. (In Persian with English Summary)
23- 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.
24- Neumann, A., Werner, J., and Rauber, R. 2009. Evaluation of yield–density relationships and optimization of intercrop compositions of field-grown pea–oat intercrops using the replacement series and the response surface design. Field Crops Research 114: 286–294.
25- Odo, P.E. 1991. Evaluation of short and tall sorghum varieties in mixtures with cowpea in the Sudan savanna of Nigeria: land equivalent ratio, grain yield and system productivity index. Experimental Agriculture 27: 435–441.

26- SAS Institute. 1997. SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12. SAS Institute Inc., Cary. NC, USA.
27- 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.
28- Taghizade, M.S., and Koocheki, A. 2005. Effect of different seed ratio and plant density in intercropping soybean cultures. Journal of Agricultural Sciences and Industries 2(1): 33-44. (In Persian with English Summary)
29- Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions. II. Model application. Field Crops Research 93: 23-33.
30- Willey, R.W. 1979. Intercropping its importance and research needs. Competition and yield advantage. Field Crop Abstracts 32: 1-10.
31- Xu, B., 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 of Biotechnology 7(22): 4056-4067.
32- 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.