Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 3، پاییز 1393، ص. 581-571

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 3, Fall 2014, p. 571-581

ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن

سیف‌اله فلاح[1*]، سوسن بهارلویی[2] و علی عباسی سورکی[3]

تاریخ دریافت:1392/04/29
تاریخ پذیرش:1392/09/01

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد در سال زراعی 91-1390 اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط کلزا و نخودفرنگی با نسبت 2:1، 1:1 و 1:2 و تک کشتی هر یک از دو گیاه به عنوان عامل اول و میزان مصرف نیتروژن (100، 75 و 50 درصد نیاز کودی هر یک از دو گیاه) به عنوان عامل دوم بودند. شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط شامل نسبت برابری زمین (LER)، ضریب ازدحام نسبی (K)، شاخص تولید سیستم (SPI)، کاهش یا افزایش عملکرد واقعی (AYL)، نسبت رقابت (CR) و شاخص‌های اقتصادی شامل مزیت پولی (MAI)، و سودمندی کشت مخلوط (IA) محاسبه شدند. نتایج نشان داد که تقریباً همه شاخص‌های رقابتی و اقتصادی در سطح کودی 50% بیشترین میزان را به خود اختصاص دادند. مقادیر شاخص‌های AYL_t و SPI و شاخص‌های اقتصادی MAI و IA برای همه نسبت‌های مخلوط مثبت شد و LER و K_t نیز برای همه نسبت‌های مخلوط بیشتر از یک به‌دست آمد که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی هر یک از دو گیاه بود. مثبت بودن مقادیر شاخص غالبیت و بزرگ‌تر از یک بودن مقادیر نسبت رقابت برای گیاه کلزا، بیانگر برتری رقابتی کلزا نسبت به نخودفرنگی یا استفاده بهتر این محصول از نهاده‌ها در کشت مخلوط بوده است. بنابراین، ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی به خوبی مزیت کشت مخلوط کلزا با نخود فرنگی در شرایط کاهش مصرف نهاده نیتروژن را تشریح می‌نماید.

واژه‌های کلیدی: شاخص تولید بوم‌نظام، ضریب ازدحام نسبی، غالبیت، مزیت پولی، نسبت برابری زمین

مقدمه

در سال‌های اخیر با روشن‌تر شدن مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب‌ها، خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های زراعی، توجه محققین بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف شده است (Bedoussac et al., 2010). یکی از راهکارهای افزایش ثبات، ایجاد تنوع از طریق به‌کارگیری نظام‌های چندکشتی است. در این رابطه، از کشت مخلوط به دلیل قابلیت کاهش معضل آفات و علف‌های هرز، به عنوان ابزاری سودمند جهت افزایش عملکرد یک یا تمام گونه‌های همراه (Kenny & Chapman, 1988; Bauman et al., 2000; Hatcher & Melander, 2003) و ارتقاء بهره‌برداری از منابع زیست‌محیطی موجود، در مقایسه با بوم‌نظام‌های زراعی تک‌کشتی یاد شده است (Arnon, 1992; Park et al., 2002).

در بوم‌نظام کشت مخلوط، هر دو جمعیت گیاهی برای بهره‌برداری از منابع یکسان یا مشابه رقابت دارند. در این خصوص مفاهیم ریاضی می‌توانند به محققان در خلاصه‌بندی، تفسیر و تشریح نتایج رقابت‌های گیاهی کمک کنند. این مفاهیم می‌توانند جوانب مختلف رقابت در جوامع گیاهی، از قبیل شدت رقابتی، تأثیرات رقابتی و بازده رقابت را تفسیر کنند؛ همچنین می‌توانند برای تفسیر اطلاعات پیچیده به محقق کمک کنند و امکان مقایسه نتایج تحقیقات مختلف را فراهم سازند (Litourgidis et al., 2011).

در اغلب موارد متداول‌ترین شاخص برای تفسیر مزایای کشت

1، 2 و 3- به ترتیب دانشیار اگرواکولوژی، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار اکولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: Falah1357@yahoo.com)

www.SID.ir

Archive of SID

مخلوط نسبت برابری زمین[1] (LER) است که مبین مقدار زمین مورد نیاز برای رشد محصول مورد نظر در تک کشتی می‌باشد تا عملکردی مشابه کشت مخلوط داشته باشد. زمانی کـه تـراکم بوتـه در کشـت خالص و کشت مخلوط برابر است، مقدار نسبت برابری زمین از لحاظ عددی برابر با عملکرد نسبی کل می‌باشد و امکان بررسـی دقیـق‌تـر کارایی نظام کشت مخلوط را در مقایسه با تک‌کشتی فراهم مـی‌آورد (Anthony et al., 2006). برخی محققـین عملکـرد زیسـت‌تـوده و توانایی تثبیت نیتروژن نخود سبز (*Pisum sativum* L.) و شبدر قرمز (*Trifolium pretens*e L.) را به صورت تـک کشـتی و مخلـوط بـا چاودار (*Secale cereal* L.) به مدت پنج سال مـورد آزمـایش قـرار دادند. در این بررسی LER مخلوط نخود سبز و چـاودار 1/2 و LER مخلوط شبدر قرمز و چاودار 1/3 به‌دست آمد. آنان مشـاهده کردنـد، زیست‌توده و عملکرد در کشت مخلوط بیشتر بـود؛ همچنـین میـزان نیتروژن در زمان رشد کامل برای نخود سبز و شبدر قرمز به ترتیـب 242 و 178 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ازای زیست‌توده موجود به‌دست آمد (Karpenstein & Stuelpnagel, 2000).

نسبت رقابت[2](CR) نیز بیانگر میزان تفاوت ماده خشک هر گونه، هنگامی که به‌صورت مخلوط کشت شده در مقایسه با کشت خـالص آن می‌باشد و با استفاده از سهم نسبی آنها در حالت مخلوط تصحیح می‌گردد. به این ترتیب می‌توان سطح رقابت را تعیین نمـود (Mead & Willey, 1980). همچنین ضریب ازدحام نسبی[3](K) برای ارزیابی تأثیرات رقابت استفاده می‌شود. هـازور و همکـاران (Hazor et al., 2009) در بررسی کشت مخلوط گیاه جو (*Hourdeum vulgare* L.) با گیاه عدس (*Lend culinaris* Medic.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، کتـان (*Linum usitatissimum* L.)، شـنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و نخـود (*Cicer arietinum* L.) نشـان دادند که در بین گیاهان مخلوط شـده گیـاه کلـزا، بیشـترین میـزان غالبیت (0/43)، ضریب ازدحام نسبی (7/83) و نسبت رقابت (3/29) را به خود اختصاص داد و به خوبی با جو رقابت کرد، در حالی کـه در سایر تیمارها جو غالب بود. از دیگر شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط می‌توان به شاخص‌های اقتصادی اشاره نمود که در آنها مزایای پولی سیستم کشت مخلوط سنجیده می‌شود (Litourgidis et al., 2011).

کلزا یکی از گیاهان روغنی مهم کشور است که سطح زیر کشت آن رو به افزایش است به طـوری کـه سـطح زیـر کشـت آن از 135 هکتار در سـال 1373 بـه 1800 هکتـار در سـال زراعـی 91-1390 رسیده است (Statistical data of Jahad Keshavarzi Ministry, 2013). از آنجا که کمبود نیتـروژن قابـل دسـترس از عوامـل مهـم محدودکننده عملکرد کلزا می‌باشد و تأمین نیاز نیتروژنی این محصول از منبع کودهای شیمیایی نیتروژن، آلودگی‌های زیست‌محیطی را بـه همـراه دارد (Ratkhe et al., 2006)، اسـتفاده از دیگـر راهکارهـا از جمله کشت مخلوط آن با گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن مـی‌توانـد در کاهش نیاز به نیتروژن شیمیایی بسـیار مـؤثر باشـد (Soon et al., 2004)، اما تحت این شرایط وضعیت رقابتی دو گونه نامشخص است. بنابراین، در تحقیق حاضر مزیت کشت مخلـوط کلـزا- نخـودفرنگی تحت مقادیر مختلف کود نیتروژن، بر اساس شاخص‌هـای رقـابتی و اقتصادی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل، در قالـب طـرح بلـوک کامـل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد بـا عـرض جغرافیایی 33 درجه و 21 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 50 درجه و 49 دقیقه شرقی و ارتفاع 2116 متر از سطح دریا در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. تیمارهای کشت مخلوط کلزا و نخودفرنگی با نسـبت 2:1، 1:1 و 1:2 و تک کشتی هر یک از دو گیاه به عنوان عامل اول و میزان مصرف نیتروژن (100%، 75% و 50% نیاز) برای دو گونه نخود فرنگی و کلزا به عنوان عامل دوم بودنـد. بـر اسـاس آزمـون خـاک، نیتروژن مورد نیاز برای کلزا و نخود فرنگـی، بـه ترتیـب 150 و 80 کیلوگرم در هکتار از منبع اوره در نظـر گرفتـه شـد، کـه یـک سـوم نیتروژن همزمان با کاشت در شیارهایی روی خطوط کاشـت، و یـک سوم، در مرحله ساقه رفتن و یک سوم باقیمانده قبل از گلـدهی، بـه صورت سرک به خاک اضافه شد. هر کرت شامل شش خط کاشت به فاصله 40 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. نخود فرنگی نیمه اول مهر و کلزا نیمه دوم اسفند با تراکم بالا کشت شد. سه هفته بعـد از کاشـت بوته‌های کلزا و نخود فرنگی تنک شد تا فاصله روی ردیف دو و هفت سانتی‌متر به ترتیب برای کلزا و نخود فرنگی بدست آیـد (Shojaie Ghaddykaie, 2010). وجین علف‌های هرز دو هفته بعـد از کاشـت هر گونه با دست انجام شد و در طول رشد گیاه تا بسته شدن پوشش

1- Land equivalent ratio
2- Competition ratio
3- Relative crowding coefficient

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهی ادامه یافت.

برداشت هر دو گیاه به طور هم‌زمان و در اواسط تیرماه انجام گرفت. با حذف اثر حاشیه‌ای از هر کرت آزمایشی، گیاهان برداشت و دانه‌ها جدا شدند. سپس نمونه‌هایی از عملکرد هر کرت تا رسیدن به وزن ثابت، در دمای 75 درجه سانتی‌گراد آون خشک گردیدند و عملکرد دانه بر اساس رطوبت 14% محاسبه شد.

برای ارزیابی کارایی و سودمندی کشت مخلوط از معیارهای نسبت برابری زمین (Mead & Willey, 1980)، ضریب ازدحام نسبی (Ghosh, 2004)، غالبیت (Agegnehu et al., 2006)، نسبت رقابت (Dhima et al., 2007)، شاخص تولید سیستم[1] (Agegnehu et al., 2006)، عملکرد از دست رفته واقعی[2] (Banik et al., 2000) و سودمندی کشت مخلوط[3] از معادلات (1) تا (16) استفاده شد (Banik et al., 2000; Ghosh, 2004).

که در این معادلات، Y_{Ci}: عملکرد دانه کلزا در شرایط کشت مخلوط با نخود فرنگی، Y_C: عملکرد کلزا در شرایط تک‌کشتی، Y_{Pi}: عملکرد دانه نخود فرنگی در شرایط کشت مخلوط با کلزا، Y_P: عملکرد نخود فرنگی در شرایط تک‌کشتی، Z_{ci}: فراوانی گونه کلزا در کشت مخلوط با نخود فرنگی، Z_{pi}: فراوانی گونه نخود فرنگی در کشت مخلوط با کلزا، P_p: قیمت هر کیلوگرم نخود فرنگی = 30000 ریال و P_c: قیمت هر کیلوگرم کلزا =60000 ریال می‌باشد.

داده‌های حاصل از آزمایش و میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (V.9) مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. اثرات متقابل معنی‌دار تیمارهای آزمایشی نیز توسط نرم-افزار MSTAT-C مقایسه شدند. مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

همان‌طور که در جدول 1 مشاهده می‌شود، عملکرد نسبی نخود فرنگی، کلزا و LER مجموع دو گیاه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود نیتروژن و نسبت مخلوط قرار گرفت، ولی اثر متقابل این دو عامل آزمایشی فقط برای عملکرد نسبی نخود فرنگی معنی‌دار بود. با توجه به شکل 1 نسبت

معادله (1) نسبت برابری زمین مجموع
$$LER = LER_C + LER_P$$

معادله (2) عملکرد نسبی یا نسبت برابری زمین کلزا
$$LER_C = Y_{Ci}/Y_C$$

معادله (3) عملکرد نسبی یا نسبت برابری زمین نخود فرنگی
$$LER_P = Y_{Pi}/Y_P$$

معادله (4) نسبت رقابت کلزا
$$CR_C = (LER_C/LER_P)\times(Z_{Pi}/Z_{Ci})$$

معادله (5) نسبت رقابت نخود فرنگی
$$CR_P = (LER_P/LER_C)\times (Z_{Ci}/Z_{Pi})$$

معادله (6) ضریب ازدحام نسبی
$$K = K_pK_c$$

معادله (7) ضریب ازدحام نسبی کلزا
$$K_c = Y_{ci}Z_{pi}/(Y_c - Y_{ci})\times Z_{ci}$$

معادله (8) ضریب ازدحام نسبی نخود فرنگی
$$K_P = Y_{pi}Z_{ci}/(Y_p - Y_{pi})\times Z_{pi}$$

معادله (9) شاخص تولید بوم نظام
$$SPI = (Y_P/Y_C)\ Y_{Ci} + Y_{Pi}$$

معادله (10) عملکرد ازدست رفته واقعی مجموع
$$AYL = AYL_P + AYL_C$$

معادله (11) عملکرد ازدست رفته واقعی کلزا
$$AYL_C = \{[(Y_{Ci}/Z_{Ci}) \div (Y_C/Z_C)] -1\}$$

معادله (12) عملکرد ازدست رفته واقعی نخود فرنگی
$$AYL_P = \{[(Y_{Pi}/Z_{Pi}) \div (Y_P/Z_P)] -1\}$$

معادله (13) سودمندی کشت مخلوط مجموع
$$IA = IA_C + IA_P$$

معادله (14) سودمندی کلزا در کشت مخلوط
$$IA_C = AYL_CP_C$$

معادله (15) سودمندی نخود فرنگی در کشت مخلوط
$$IA_P = AYL_PP_P$$

معادله (16) شاخص مزیت پولی[4]
$$MAI = \text{Value of combined intercrops} \times (LER-1/LER)$$

1- System productivity index
2- Actual yield loss
3- Intercropping advantage
4- Monetary advantage index

www.SID.ir

Archive of SID

برابری زمین در تمامی نسبت‌های مخلوط تحت سطوح 50% و 75% نیاز کودی و نسبت مخلوط کلزا-نخودفرنگی (1:2) با تأمین 100% نیاز کودی نسبت به تک‌کشتی هر یک افزایش داشت (LER>1)، به طوری‌که بیشترین نسبت برابری زمین در نسبت مخلوط کلزا-نخودفرنگی (2:1) با سطح کودی 50% نیاز گیاه به میزان 1/17 به‌دست آمد. افزایش LER مخلوط نسبت به تک‌کشتی توسط محققین زیادی گزارش شده است (Litourgidis et al., 2011; Bedoussac et al., 2010; Jahani et al., 2008).

بررسی عملکرد نسبی دو محصول (شکل 1) حاکی است که در تمام نسبت‌های مخلوط در سطح کودی 50 و 75% نیاز، نسبت برابری زمین برای کلزا افزایش نشان داد. این بدین معنی است که گیاه کلزا از مزایای کشت مخلوط به نحو مطلوبی استفاده کرده و این در حالی است که گیاه همراه با کلزا نیز با مقدار کمی نوسان دارای عملکردی تقریباً برابر با تک‌کشتی است. یعنی کشت مخلوط علاوه بر اینکه عملکرد کلزا را افزایش داده است، از عملکرد معمول نخود فرنگی نسبت به تک کشتی نکاسته و همین برتری نسبی برای توصیه مخلوط این دو گیاه در شرایط کمبود نیتروژن کافی است. ضمن اینکه اگر به نمودار LER کل توجه شود (شکل 1)، بالاتر بودن عملکرد کل نسبت به تک‌کشتی بیانگر همین نکته است. با توجه به شکل 1 میزان LER کلزا حتی در شرایط کاهش مصرف نیتروژن به میزان 50 و 25% نسبت به 100% کاربرد نیتروژن حفظ شده است.

در استفاده از نیتروژن، بالاتر علاوه بر اینکه عملکرد کلزا افزایش محسوسی نداشت، حتی در برخی نسبت‌های مخلوط دارای کاهش نسبی بود (شکل 1). نخود فرنگی نیز بخصوص در تراکم‌های (نسبت) بالاتر، کاهش شدیدتری نشان داد که ممکن است مربوط به مصرف بیش از حد نیتروژن به ویژه در اوایل رشد، افزایش رشد رویشی و احتمالاً گستردگی گیاه روی زمین و حالتی شبیه ورس در غلات باشد که متعاقباً عملکرد نخود فرنگی و نیز کلزا را در مراحل بعدی نسبت به تیمارهای استفاده از نیتروژن کم کاهش می‌دهد و لذا مزیت نسبی کشت مخلوط در این حالت پایین می‌آید. این امر ممکن است مرتبط با کاهش کارایی تثبیت نیتروژن نخود فرنگی و تنبل شدن گرهک‌ها در نیتروژن بالا هم باشد که احتمالاً پتانسیل بعدی گیاه را در تثبیت نیتروژن برای خود یا گیاه همراه تحت تأثیر قرار می‌دهد (Hauggard et al., 2003).

ضریب ازدحام نسبی نخود فرنگی (K_p)، ضریب ازدحام نسبی کلزا (K_c) و ضریب ازدحام نسبی کل (K_t)، تحت تأثیر میزان کود نیتروژن و نسبت مخلوط قرار گرفت ولی اثر متقابل آنها فقط برای نخود فرنگی معنی‌دار شد (جدول 2). میانگین بیشترین ضریب تراکم نسبی جزء کلزا، جزء نخود فرنگی و کل برای میزان کود 50% به ترتیب به میزان 1/95، 1/03 و 1/89 بود و با افزایش میزان کود نیتروژن این شاخص ابتدا کاهش غیرمعنی‌داری نشان داد، ولی در 100% نیاز کودی بطور معنی‌داری کاهش یافت (جدول 3).

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) نسبت برابری زمین کلزا و نخودفرنگی در تیمارهای کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 1- Analysis of variance (mean square) for land equivalent ratio of canola and pea under intercropping treatments and nitrogen rates

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین نخودفرنگی Land equivalent ratio of pea	نسبت برابری زمین کلزا Land equivalent ratio of canola	نسبت برابری زمین مجموع Total land equivalent ratio
		LERp	LERc	LERt
تکرار Replication	2	0.001^{ns}	0.003^{ns}	0.008^{ns}
سطح نیتروژن (N) Nitrogen level (N)	2	0.014**	0.008*	0.04**
نسبت مخلوط (I) Intercropping ratio (I)	4	1.26**	1.31**	0.02**
N × I	8	0.003**	0.002^{ns}	0.007^{ns}
خطا Error	28	0.0008	0.002	0.005

ns، * و **: به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

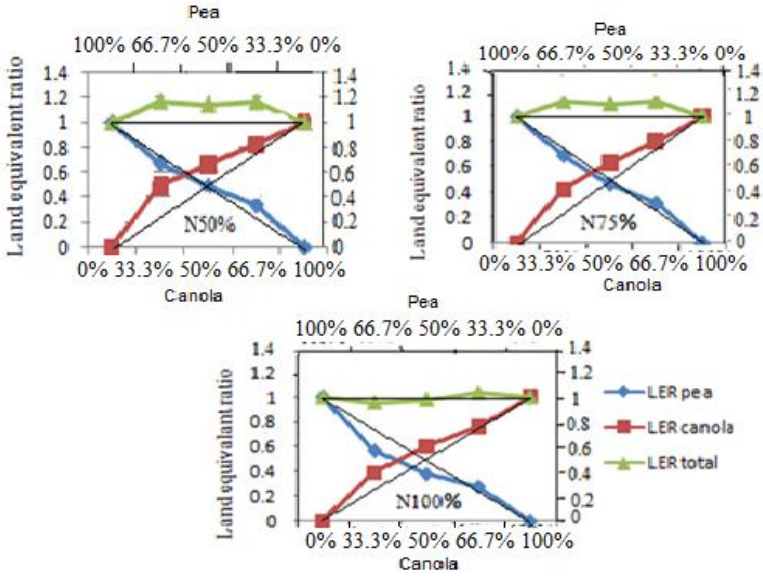
ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

LERp، LERc و LERt به ترتیب بیانگر نسبت برابری زمین نخودفرنگی، نسبت برابری زمین کلزا و نسبت برابری زمین کل می‌باشند.

LERp, LERc, and LERt are represented the land equivalent ratio of pea and canola and both crops, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- نسبت برابری زمین کشت مخلوط کلزا- نخود فرنگی در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 1- Land equivalent ratio of canola-pea intercropping in different levels of nitrogen

LERp، LERc و LERt: به ترتیب بیانگر نسبت برابری زمین برای نخود فرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه می‌باشند. N50%، N75% و N100%: به ترتیب بیانگر میزان 50%، 75% و 100% نیاز کود نیتروژن برای کلزا و نخود فرنگی می‌باشند.

LERp, LERc and LERt: are represented the land Equivalent ratio for pea, canola and the sum of two plants, respectively. N50%, N75% and N100% are represented 50%, 75% and 100% of the nitrogen fertilizer requirement for canola and pea, respectively.

موسویان و همکاران (Mousavian et al., 2010) نیز بیشترین ضریب تراکم نسبی برای کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را در سطوح کود کمتر به‌دست آوردند.

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ضریب تراکم نسبی کلزا و نخود فرنگی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 2- Analysis of variance (mean square) for relative crowding coefficient of canola and pea under intercropping ratios and nitrogen rates

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی جزء Partial df	درجه آزادی کل Total df	ضریب نسبی تراکم نخودفرنگی Relative crowding coefficient of pea	ضریب نسبی تراکم کلزا Relative crowding coefficient of canola	ضریب نسبی تراکم مجموع Total relative crowding coefficient
			Kp	Kc	Kt
تکرار Replication	2	2	0.04^{ns}	0.93*	1.87^{ns}
سطح نیتروژن (N) Nitrogen level (N)	2	2	0.24**	1.07*	2.82**
نسبت مخلوط (I) Intercropping ratio (I)	3	4	0.05*	1.94**	1.85*
N × I	6	8	0.04^{ns}	0.19^{ns}	0.58^{ns}
خطای آزمایشی Error	22	28	0.02	0.36	0.59

ns،* و **: به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

Kp، Kc و Kt به ترتیب بیانگر ضریب تراکم نسبی نخودفرنگی، ضریب تراکم نسبی کلزا و ضریب تراکم نسبی کل می‌باشند.

Kp, Kc, and Kt: are represented the relative crowding coefficient of pea and canola and both crops, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- مقایسه میانگین ضریب تراکم نسبی کلزا، نخودفرنگی و مجموع دو گیاه، در سطوح مختلف نیتروژن

Table 3- The mean comparison for relative crowding coefficient of canola, pea and sum of two plants in different rates of nitrogen

تیمار Treatment	ضریب تراکم نسبی نخودفرنگی Relative crowding coefficient of pea	ضریب تراکم نسبی کلزا Relative crowding coefficient of canola	ضریب تراکم نسبی کل Total relative crowding coefficient
	Kp	Kc	Kt
سطح نیتروژن Nitrogen level			
50% نیاز N50%	1.03a	1.95a	1.89 a
75% نیاز N75%	0.98a	1.53ab	1.40ab
100% نیاز N100%	0.76b	1.37b	1.03b
نسبت مخلوط Intercropping ratio			
نخودفرنگی Pea	1a	-	1b
کلزا Canola	-	1c	1b
نخودفرنگی - کلزا (2:1) Pea-Canola (2:1)	0.96a	1.57ab	1.58ab
نخودفرنگی - کلزا (1:1) Pea-Canola (1:1)	0.61ab	1.79a	1.53ab
نخودفرنگی - کلزا (1:2) Pea-Canola (1:2)	0.82b	2.10a	2.08a

در هر گروه و در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Within each group and each column, means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

Kp، Kc، و Kt به ترتیب بیانگر ضریب تراکم نسبی نخودفرنگی، ضریب تراکم نسبی کلزا و ضریب تراکم نسبی کل می‌باشند.

Kp, Kc, and Kt: are represented the relative crowding coefficient of pea and canola and both crops, respectively.

کشت مخلوط، ضریب تراکم نسبی نخود فرنگی را کاهش و میانگین ضریب تراکم نسبی کلزا و کل را نسبت به تک‌کشتی افزایش داد و ضریب نسبی تراکم کل، بیشتر تحت تأثیر ضریب نسبی تراکم کلزا قرار گرفت به طوری که نسبت مخلوط نخود-کلزا (2-1) بیشترین K_t به میزان 2/08 را به خود اختصاص داد (جدول 3). از طرفی، مشاهده شد که میانگین ضریب تراکم نسبی کل در همه نسبت‌های مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش داشت که این امر بیانگر سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه بود (Litourgidis et al., 2011).

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول 4)، نسبت رقابت نخود فرنگی (CRp) برای میزان کود نیتروژن و نسبت مخلوط و همچنین اثر متقابل آنها معنی‌دار بود اما نسبت رقابت کلزا (CRc) تحت تأثیر میزان کود نیتروژن و اثر متقابل میزان کود با نسبت مخلوط قرار گرفت ($p \leq 0/01$). میانگین نسبت رقابت در شکل 2 نشان دهنده بالاتر بودن شاخص CR برای مخلوط کلزا نسبت به تک‌کشتی آن است، این در حالی است که این شاخص برای مخلوط نخود فرنگی کمتر از یک شده است. بیشترین نسبت رقابتی برای کلزا و کمترین میزان آن برای نخود فرنگی در نسبت مخلوط نخود-کلزا (1-1) با سطح 100% نیاز کودی به ترتیب به میزان 1/59 و 0/83 حاصل شد (شکل 2). از آنجا که طول دوره رشد، سرعت رشد گیاه، تراکم زراعی، تفاوت در عمق توسعه و تراکم ریشه از عواملی هستند که بر میزان رقابت بین اجزای کشت مخلوط در مصرف عناصر غذایی تأثیر می‌گذارند. بنابراین، کلزا که در مقایسه با لگوم‌ها دارای ارتفاع بیشتر و سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر می‌باشد، در جذب برخی از عناصر قدرت رقابتی بیشتری دارد (Eskandar & Ghanbari, 2011). مطالعه انجام شده در رابطه با تولید پایدار رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.)، حاکی است که کارآمدترین بوم‌نظام زراعی مورد استفاده، کشت مخلوط با نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

بالاتر رازیانه بود که در این بوم‌نظام، مقدار نسبت رقابت محاسبه شده برای شوید به 1/9 رسید (Carruba et al., 2008).

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های رقابتی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 4- Analysis of variance (mean square) for competitive indices in intercropping ratio and nitrogen rates

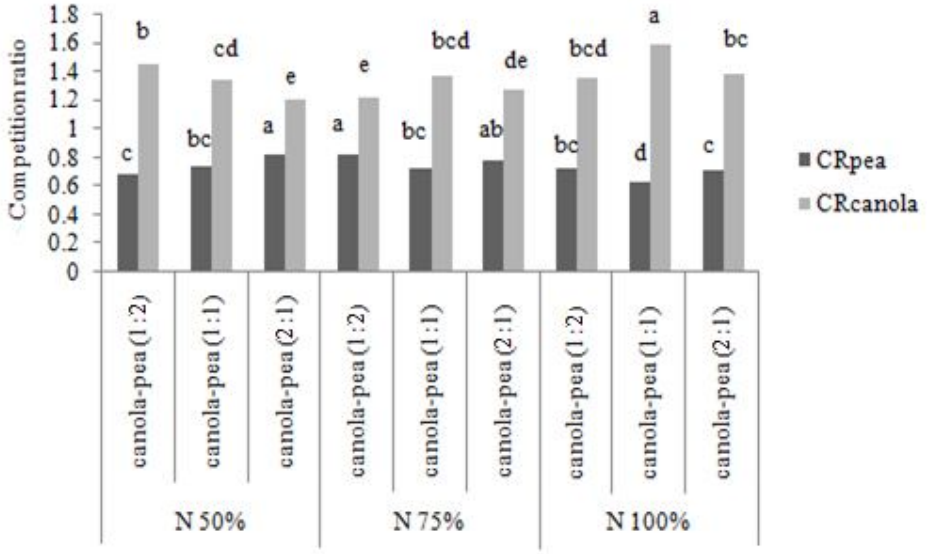
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت رقابت Competition ratio		شاخص تولید سیستم System production index	عملکرد از دست رفته واقعی Actual yield loss		
		CR_p	CR_c	SPI	AYL_p	AYL_c	AYL_t
تکرار Replication	2	0.0003^{ns}	0.002^{ns}	170051*	0.01^{ns}	0.08^{ns}	0.11^{ns}
سطح نیتروژن (N) Nitrogen level (N)	2	0.01**	0.05**	130135^{ns}	0.09**	0.25**	0.59**
نسبت مخلوط (I) Intercropping ratio (I)	2	0.01**	0.05**	26790^{ns}	0.01^{ns}	0.02^{ns}	0.06^{ns}
N × I	4	0.008**	0.03**	17338^{ns}	0.002^{ns}	0.04^{ns}	0.05^{ns}
خطای آزمایشی Error	16	0.001	0.003	42435	0.01	0.07	0.09

ns، * و **: به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns, * and **: are non-significant, significant at the 5 and 1% probability level, respectively.

CRp، CRc، SPI، AYLp، AYLc، و AYLt به ترتیب بیانگر نسبت رقابت نخودفرنگی، نسبت رقابت کلزا، شاخص تولید سیستم، عملکرد از دست رفته واقعی نخودفرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه می‌باشند.

CRp, CRc, IAp, AYLp, AYLc, and AYLt: are represented the pea competition ratio, canola competition ratio, system production index, actual yield loss of pea and canola and both crops, respectively.



شکل 2- مقایسه میانگین نسبت رقابت کلزا و نخودفرنگی در سطوح مختلف نیتروژن

Fig. 2- The means comparison for competition ratio of canola and pea in different levels of nitrogen.

CRpea و CRcanola به ترتیب بیانگر نسبت رقابت گیاه نخودفرنگی و کلزا می‌باشند.

CRpea and CRcanola are represented the competition ratio of pea and canola, respectively.

میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص تولید بوم‌نظام برای هیچ یک از عوامل آزمایشی معنی‌دار نشد (جدول 4). در مقایسه میانگین‌ها مشاهده شد که سطح نیتروژن 75% نیاز گیاه از شاخص تولید بالایی برخوردار بود و اختلاف آن نیز با سطح نیتروژن 50 درصد نیاز گیاه معنی‌دار نبود (جدول 5).

عملکرد از دست رفته واقعی (AYL) نخود فرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه برای کود نیتروژن در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد (جدول 4). بیشترین میزان میانگین AYL در سطح کودی 50% و 75% به‌دست آمد و با افزایش کود نیتروژن عملکرد واقعی جزء نخود فرنگی منفی‌تر شد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین مقادیر میانگین AYL در نسبت مخلوط مشاهده نشد (جدول 5). با توجه به مثبت بودن مقادیر AYLt در تمامی نسبت‌های مخلوط و سطوح 50% و 75% نیاز کودی (جدول 5)، کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از این دو گیاه سودمند بوده و دارای رعایت اصل تولید حمایتی است (Ahmadi et al., 2010). محققان نیز مشاهده نمودند که کشت مخلوط گندم دوروم و نخود فرنگی در تیمار کودی حداقل سبب تثبیت بیشتر نیتروژن مولکولی هوا نسبت به تک‌کشتی آن شد و با شیب بیشتری عملکرد را افزایش داد (Bedoussac et al., 2010).

شاخص مزیت مخلوط (IA) گیاه کلزا، نخود فرنگی و مجموع دو گیاه فقط برای عامل کود نیتروژن معنی‌دار شد (جدول 6). مقایسه میانگین مزیت مخلوط در سطوح مختلف کودی در جدول 7 ارائه شده است. میانگین IA گیاه نخود فرنگی در سطوح کودی به استثناء 50% نیاز کودی و نسبت‌های مختلف مخلوط منفی بود ولی برای گیاه کلزا و مجموع دو گیاه مثبت بود (جدول 7). برخی محققین علت بالا رفتن شاخص مزیت مخلوط را استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی معرفی کرده‌اند (Litourgidis et al., 2011). با توجه به این که نیتروژن یکی از منابع اساسی رشد گیاه می‌باشد، به نظر می‌رسد در سطوح کودی پایین‌تر، انتقال نیتروژن از گیاه نخود فرنگی به کلزا بهتر صورت گرفته است (Ahmadi et al., 2010) و سبب افزایش سودمندی مخلوط نسبت به تک‌کشتی شده است.

جدول 5- مقایسه میانگین‌های شاخص تولید بوم نظام و عملکرد از دست رفته واقعی کلزا و نخودفرنگی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 5- The mean comparisons for system production index and actual yield loss of canola and pea in intercropping ratios and nitrogen rates

تیمار Treatment	شاخص تولید بوم نظام System production index	عملکرد از دست رفته واقعی Actual yield loss		
	SPI	AYL_p	AYL_c	AYL_t
سطح نیتروژن Nitrogen level				
50% نیاز N50%	3268ab	0.02a	0.49a	0.51a
75% نیاز N75%	3473a	-0.02a	0.26ab	0.23ab
100% نیاز N100%	3262b	-0.18b	0.18b	-0.003b
نسبت مخلوط Intercropping ratio				
نخودفرنگی - کلزا (2:1) Pea-Canola (2:1)	3306a	-0.02a	0.32a	0.3a
نخودفرنگی - کلزا (1:1) Pea-Canola (1:1)	3300a	-0.11b	0.27a	0.16a
نخودفرنگی - کلزا (1:2) Pea-Canola (1:2)	3397a	-0.06ab	0.35a	0.29a

در هر گروه و هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمونLSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Within each group and each column, means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

SPI ، AYLp ، AYLc و AYLt به ترتیب بیانگر شاخص تولید سیستم، عملکرد از دست رفته واقعی نخودفرنگی، کلزا و مجموع دو گیاه می‌باشند.

IAp, AYLp, AYLc, and AYLt: are represented the system production index, actual yield loss of pea and canola and both crops, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 6- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) شاخص‌های سودمندی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 6- Analysis of variance (mean square) for advantage indices in intercropping ratios and nitrogen rates

منابع تغییرات	درجه آزادی	شاخص سودمندی مخلوط Intercropping advantage			شاخص مزیت پولی Monetary advantage index
S.O.V	df	IA_p	IAc	IA	MAI
تکرار Replication	2	7584092 ns	276281279 ns	329681010 ns	12221812 ns
سطح نیتروژن (N) Nitrogen level (N)	2	86266264**	881013203*	1421310337*	103233975**
نسبت مخلوط (I) Intercropping ratio (I)	2	1658550 ns	54416610 ns	112145760 ns	10064190 ns
N × I	4	2309196 ns	145635331 ns	154393948 ns	1410732 ns
خطای آزمایشی Error	16	6636648	243839478	276616266	11410541

ns،* و ** به ترتیب نشانگر غیر معنی‌دار بودن، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ns, * and ** indicate are non-significant, significant at the 5 and 1% probability level, respectively.

IAP ، IAc ، IA و MAI به ترتیب بیانگر شاخص مزیت مخلوط نخود، شاخص مزیت مخلوط کلزا، شاخص مزیت مخلوط و شاخص مزیت پولی می‌باشند.

IAp, IAc, IA and MAI: are represented the intercropping advantage of pea and canola and both crops, and monetary advantage index, respectively.

در بررسی کشت‌های ترکیبی نخود با گندم، برنج و تریتیکاله در نسبت‌های مختلف، بالاترین سود اقتصادی مربوط به نخود-تریتیکاله (20:80) و نخود-گندم (20:80) بود (Litourgidis et al., 2011).

جدول 7- مقایسه شاخص‌های سودمندی مخلوط کلزا و نخود فرنگی تحت نسبت‌های کشت مخلوط و مقادیر نیتروژن

Table 7- The mean comparisons for intercropping advantage indices of canola and pea in intercropping ratios and nitrogen rates

تیمار	شاخص سودمندی مخلوط Intercropping advantage			شاخص مزیت پولی Monetary advantage index
Treatment	IA_P	IA_c	IA	MAI
سطح نیتروژن Nitrogen level				
50% نیاز N50%	460a	29681a	30141a	6055a
75% نیاز N75%	-728a	15535ab	14806ab	4437a
100% نیاز N100%	-5397b	10625b	5229b	450b
نسبت مخلوط Intercropping ratio				
نخودفرنگی - کلزا (2:1) Pea-Canola (2:1)	-613a	18991a	18378a	2624a
نخودفرنگی - کلزا (1:1) Pea-Canola (1:1)	-3316b	15988a	12672a	2857a
نخودفرنگی - کلزا (1:2) Pea-Canola (1:2)	-1736ab	20862a	19126a	4561a

در هر گروه و در هر ستون، میانگین‌های دارای حرف مشترک فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Within each group and each column, means with similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

IAP ، IAc ، IA و MAI به ترتیب بیانگر نسبت شاخص مزیت مخلوط نخود، شاخص مزیت مخلوط کلزا، شاخص مزیت مخلوط و شاخص مزیت پولی می‌باشند.

IAp, IAc, IA and MAI: are represented the intercropping advantage of pea and canola and both crops, and monetary advantage index, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

اگرچه شاخص مزیت مخلوط جزء و کل از لحاظ آماری تحت تأثیر نسبت‌های مخلوط قرار نگرفت ولی مقادیر این شاخص برای مجموع دو گیاه در تمام نسبت‌های مخلوط دارای مقادیر مثبت بود (جدول 7). مثبت بودن شاخص مزیت پولی نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گیاه می‌باشد (Litourgidis et al., 2011). بالا بودن LER و K به ترتیب در شکل 1 و جدول 3 تحت تیمار 50 تا 75 % نیاز کودی گیاه موجب افزایش مزیت پولی این تیمارها شده است (Ghosh, 2004). علاوه بر این، مزایای تنوع در سیستم اکولوژیکی می‌تواند ارزش بسیار زیادی داشته باشد که محاسبه آن در معنی‌داری شدن شاخص مزیت مخلوط نیز دخیل خواهد بود.

شاخص مزیت پولی (MAI) به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت اما نسبت مخلوط و اثر متقابل میزان کود با نسبت مخلوط بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول 6). این شاخص در شرایط کاهش 25 تا 50% نیتروژن مورد نیاز برتری بسیار معنی‌داری در مقایسه با مصرف کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه داشت (جدول 7). این شرایط به دلیل بهره‌گیری سیستم کشت کلزا-نخود فرنگی از تثبیت نیتروژن مولکولی هوا بوده است که با جایگزینی بخشی نهاده کود شیمیایی می‌تواند در ارتقاء جنبه اکولوژیکی سیستم زراعی نیز مؤثر باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، کاهش 25 تا 50 درصد نیتروژن مورد نیاز دو گیاه کلزا و نخود فرنگی تحت سیستم کشت مخلوط موجب افزایش شاخص‌های رقابتی شد و با افزایش عملکرد واقعی و شاخص تولید سیستم برای همه نسبت‌های مخلوط منجر به برتری شاخص‌های اقتصادی نسبت به تک‌کشتی هر یک از این دو گیاه شده است. بنابراین، ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی به خوبی مزیت کشت مخلوط کلزا با نخود فرنگی در شرایط کاهش مصرف نهاده نیتروژن و در نتیجه تحقق اهداف کشاورزی پایدار را تشریح می‌نماید.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

Agegnehu, G., Ghizaw, 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.

Ahmadi, A., Dabbagh MohammdiNasab, A., ZehtabSalmasi, S., Amini, R., and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. Agricultural Science and Sustainable Production 20(2): 76-87. (In Persian with English Summary)

Anthony, R., Szumigalski, A.R., and Van Aoker, R.C. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. Agronomy Journal 98: 1030-1040.

Arnon, I. 1992. Agriculture in dry land, principles and practice: Climatic factors and their effect on crop production. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

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

Baumann, D.T., Kropff, M.J., and Bastiaans, L. 2000. Intercropping leeks to suppress weeds. Weed Research 40: 359-374.

Bedoussac, L., and Justes, E. 2010. Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat–winter pea intercrop. Plant and Soil 330: 37-54.

Carruba, A., La Torre, R., Saiano, F., and Aiello, P. 2008. Sustainable production of fennel and dill by intercropping. Agronomy for Sustainable Development 28: 247-256.

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

Eskandar, H., and Ghanbari, A. 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production

www.SID.ir

Archive of SID

21(2): 67-75. (In Persian with English Summary)

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227-237.

Hatcher, P.E., and Melander, B. 2003. Combining physical, cultural and biological methods prospects for integrated non-chemical weed management strategies. Weed Research 43: 303-322.

Hauggard-Nielsen, H. Ampus, P., and Jenssen, E.S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. Nutrient Cycling in Agroecosystems 65: 289-300.

Jahani M., Koocheki, A., and Nassiri 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)

Karpenstein-Machan, M., and stuelpnagel, R. 2000. Biomass yield and nitrogen fixation of legumes monocropped and intercropped with rye and rotation effects on a subsequent maize crop. Plant and Soil 218: 215-232.

Kenny, G.J., and Chapman, R.B., 1988. Effects of an intercrop on the insect pests, yield and quality. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 16: 67-72.

Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordasc, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294.

Mead, R., and Willey, R.W. 1980. The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16: 217-228.

Mousavian, S.N., Lorzadeh, S., Ebrahimpur, F., and Mohammadi, S.A. 2010. Effect of nitrogen levels and cropping ratios on yield of intercropping corn and sunflower in Khuzestan conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 708-47016. (In Persian with English Summary)

Park, S.E., Benjamin, L.R., and Watkinson, A.R. 2002. Comparing biological productivity in cropping system a competition approach. Journal of Applied Ecology 39: 416-426.

Rtkhe, G.W., Bhrens, T., and Diepenbrock, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Agriculture, Ecosystem and Environment 117: 80-108.

Soon, Y.K., Harker, K.N., and Clayton, G.W. 2004. Plant competition effects on the nitrogen economy of field pea and the subsequent crop. Soil Science Society of America Journal 68: 552-557.

Statistical data of Jahad Keshavarzi Ministry. 2013. Available online at: http://www.maj.ir/portal/ Home/Default

Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah, Ahmad, E.A., and Jabbar, A. 2009. Competitive functions of Components crops in some barley based intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology 11: 69-72.

Willey, R.W., and Rao, M.R. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture 16: 117-125.

www.SID.ir