Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 515-504

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 504-515

تأثیر الگوی کاشت و کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.)

الهام رفتاری[1*]، علی نخ‌زری مقدم[2]، مهدی ملاشاهی[2] و حسین حسینی مقدم[2]

تاریخ دریافت: 1395/10/05
تاریخ پذیرش: 1396/03/10

رفتاری، ا.، نخ‌زری مقدم، ع.، ملاشاهی، م.، و حسینی مقدم، ح. 1397. تأثیر الگوی کاشت و کود نیتروژن بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 10(2): 515-504.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر الگوی کاشت و نیتروژن مصرفی بر عملکرد و شاخص‌های رقابت نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشگاه گنبدکاووس در سال زراعی 94-1393 اجرا گردید. عامل الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخود فرنگی، کشت مخلوط جایگزین 33، 50 و 67 درصد کاهو به‌جای نخود فرنگی، کشت مخلوط افزایش 33، 50، 67 و 100 کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو و عامل نیتروژن در سه سطح شامل عدم مصرف و مصرف 25 و 50 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. نتایج نشان داد که اثر الگوی کاشت و نیتروژن بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود. صفات مورد بررسی شامل عملکردکل و شاخص‌های رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط یعنی عملکرد معادل، نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی، کاهش واقعی عملکرد، سودمندی کشت مخلوط و بهره‌وری سیستم بود. تیمار کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو به‌ترتیب با 61565 و 61473 کیلوگرم در هکتار حداکثر عملکرد و تیمار کشت خالص نخود فرنگی با 11759 کیلوگرم در هکتار حداقل عملکرد را تولید کردند. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد در هر دو گیاه افزایش یافت. کم‌ترین عملکرد معادل نخود فرنگی با 11759 کیلوگرم در هکتار از تیمار کشت خالص نخود فرنگی و بیش‌ترین آن با 25159 کیلوگرم در هکتار از کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد معادل نخود فرنگی به‌ترتیب از تیمارهای مصرف 50 کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به‌ترتیب با 20669 و 16689 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط بیش از تیمارهای کشت خالص بود. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی با 1/48 بود. ضریب نسبی تراکم در تمام تیمارها بیش از یک بود. بررسی شاخص غالبیت نشان داد که نخود فرنگی در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد کاهو به جای نخود فرنگی گیاه غالب بود. در نتیجه، علامت چیرگی نخود فرنگی با وجود مطلوب بودن عملکرد هر دو گیاه مثبت شد. در کلیه تیمارها و به‌خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد کل مشاهده شد. در مجموع، کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو باعث افزایش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط گردید. بیش‌ترین سودمندی اقتصادی کشت مخلوط مربوط به گیاه نخود فرنگی و کم‌ترین آن مربوط به گیاه کاهو که از تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد نخود فرنگی + 67 درصد کاهو حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: سودمندی کشت مخلوط، غالبیت، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین

مقدمه

نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) یکی از گیاهان خانواده بقولات است. تمامی گونه‌های جنس نخود فرنگی دارای 14 کروموزوم (2n=14) می‌باشند (Ahmad et al., 2005). کاهو (*Lactuca sativa* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده گل مرکبان[3] است. این گیاه سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری برای سلامتی

1 و 2- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس
(*- نویسنده مسئول: Email: raftarielham70@yahoo.com)

3- Asteraceae

www.SID.ir

Archive of SID

انسان است که به‌علت دارا بودن سلولز زیاد، هضم غذا را راحت می‌کند (Fakharian et al., 2008). سطح زیر کشت کاهو در کشور 16917 هکتار می‌باشد (FAO, 2013).

در سال‌های اخیر با روشن‌تر شدن مشکلات کشاورزی تک‌کشتی از جمله آلودگی آب، 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 & Justes, 2010). کشت مخلوط باعث حداکثر استفاده از منابع رشدی در بعد زمان و مکان می‌شود (Gao et al., 2009). از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی به‌دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک است (Banik et al., 2006). در بررسی نجفی و کشتگار (Najafi & Keshtehgar, 2014) کشت مخلوط حبوبات با گیاهان غیر حبوبات علاوه بر استفاده صحیح و بهینه و عادلانه از منابع مثل زمین و نیروی کار، باعث افزایش بهره‌وری در واحد سطح و تقویت بهره‌وری کل در واحد سطح و زمان شد. در میان گیاهان زراعی، حبوبات توانایی و قابلیت سازگاری زیادی در الگوهای کاشت مختلف دارند و می‌توانند ظرفیت تولید را افزایش دهند (Banik et al., 2006).

همه عناصر غذایی موجود در کودهای مصرف شده مزارع ممکن است در طول دوره رشد گیاه مورد استفاده قرار نگیرند (Fallah, 2011)، به‌طوری‌که امروزه آلودگی منابع آبی توسط نیترات حاصل از زراعت‌های فشرده و به‌کارگیری کودهای نیتروژنه به‌عنوان مشکلی بسیار مهم در سرتاسر دنیا محسوب می‌شود (Choi et al., 2007). آچاکزی و بنگلزای (Achakzai & Bangulzai, 2006) با بررسی تأثیر مقادیر صفر، 25، 50، 75، 100 و 125 کیلوگرم نیتروژن در هکتار روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود فرنگی گزارش کردند که حداکثر غلاف تر با 11909 کیلوگرم در هکتار از تیمار مصرف 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد.

شاخص‌هایی که توسط تعدادی از محققین جهت تشریح رقابت و سودمندی اقتصادی سیستم کشت مخلوط استفاده شده‌اند عبارتند از؛ نسبت برابری زمین[1]، ضریب نسبی تراکم[2]، شاخص غالبیت[3]، نسبت رقابتی[4]، کاهش واقعی عملکرد[5]، سودمندی کشت مخلوط[6]، عملکرد معادل[7] و شاخص بهره‌وری سیستم[8] (Dhima et al., 2007).

نسبت برابری زمین، نسبت زمین لازم برای تک‌کشتی را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند. اگر نسبت برابری زمین بیش از یک باشد، کشت مخلوط بر تک‌کشتی مزیت دارد. اگر کم‌تر از یک باشد کشت خالص ترجیح داده می‌شود و اگر مساوی یک باشد نشان‌گر حد بحرانی بوده و در آن کشت مخلوط با تک‌کشتی یکسان می‌باشد. در بررسی نخ‌زری مقدم و همکاران (Nakhzari Moghaddam et al., 2010) کشت مخلوط جایگزین ذرت و ماش سبز (*Vigna radiata* L.) برتری خاصی بر کشت خالص از نظر نسبت برابری زمین نشان نداد، اما در کشت مخلوط افزایشی نسبت برابری زمین بیش از یک بود.

ضریب نسبی تراکم غلبه نسبی یک گیاه را بر گیاه دیگر در کشت مخلوط نشان می‌دهد (Banik et al., 2006). اگر ضریب نسبی تراکم بیش از یک باشد کشت مخلوط سودمند است، اگر کم‌تر از یک باشد سودمند نیست و اگر برابر یک باشد در کشت مخلوط حالت موازنه یا تعادل برقرار است (Dhima et al., 2007).

با استفاده از شاخص غالبیت، رابطه رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط تعیین می‌شود (Willey, 1979). اگر این ضریب برابر صفر باشد نشان می‌دهد که بین دو گونه هیچ رقابتی وجود ندارد. علامت‌های مثبت و منفی به‌ترتیب نشان‌دهنده غالب و مغلوب بودن گونه‌ها است (Mazaheri, 1998). در بررسی برخی محققان در تمام الگوهای کشت مخلوط ماشک گل‌خوشه‌ای و گندم، شاخص غالبیت ماشک گل‌خوشه‌ای مثبت و شاخص غالبیت گندم منفی بود (Atis et al., 2012). در بررسی قوش (Ghosh, 2004) غلات (ذرت، سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) و ارزن (*Panicum miliaceum* L.)) گیاه غالب و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گیاه مغلوب در سیستم کشت مخلوط بود. وی علت این امر را ارتفاع زیاد غلات، سایه‌اندازی آن‌ها روی بادام‌زمینی، کاهش طول بادام‌زمینی و کاهش عملکرد آن ذکر کرد.

نسبت رقابتی در مقایسه با ضریب نسبی تراکم و غالبیت شاخص

1- Land equivalent ratio (LER)
2- Relative crowding coefficient (RCC)
3- Aggressivity (A)
4- Competitive ratio (CR)
5- Actual yield loss (AYL)
6- Intercropping advantage (IA)
7- Equivalent yield (EY)
8- System productivity index (SPI)

www.SID.ir

Archive of SID

بهتری برای تعیین توانایی رقابت گیاهان است (Dhima et al., 2007). جو (*Hordeum vulgare* L.) در کشت مخلوط با نخود فرنگی، بالاترین توانایی رقابت برای جذب عناصر غذایی در مقایسه با نخود فرنگی را داشت (Banik et al., 2006). با بررسی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخودفرنگی تحت سری‌های جایگزین در سطوح نیتروژن نشان داده شد که عملکرد از دست رفته واقعی، شاخص تولید سیستم و شاخص‌های اقتصادی شامل مزیت پولی و مزیت مخلوط برای همه نسبت‌ها مثبت شد و نسبت برابری زمین و ضریب نسبی تراکم برای تمام نسبت‌های مخلوط بیش‌تر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی 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 نخود فرنگی یا استفاده بهتر از نهاده‌ها در کشت مخلوط بود (Fallah et al., 2014).

کاهش (یا سودمندی) عملکرد واقعی، شاخصی است که اطلاعات حقیقی بیش‌تری در باره رقابت درون و برون‌گونه‌ای گیاهان همراه و رفتار هر گونه در سیستم کشت مخلوط نسبت به شاخص‌های دیگر می‌دهد. علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش عملکرد واقعی و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد. عملکرد واقعی ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در کشت مخلوط 50 درصد لگوم (لوبیا و نخود) و 100 درصد ذرت کاهش نشان داد در حالی‌که در کشت مخلوط 50 درصد نخود و 50 درصد ذرت، عملکرد واقعی ذرت افزایش و عملکرد واقعی نخود کاهش یافت (Yilmaz et al., 2008).

در تعیین سودمندی کشت مخلوط، علامت مثبت نشانه سودمندی اقتصادی کشت مخلوط و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط می‌باشد. لیتورجیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2011) گزارش کردند که بالا بودن مقادیر نسبت برابری زمین و ضریب نسبی تراکم در تیمارهای کشت مخلوط بیان‌گر سودمندی اقتصادی سیستم کشت مخلوط بوده و سبب افزایش مقادیر شاخص سودمندی می‌شود.

برای تعیین عملکرد معادل کشت مخلوط از قیمت گیاهان استفاده می‌شود. عملکرد معادل جو در کشت مخلوط دو ردیف بادام‌زمینی و یک ردیف جو با 20/6 تن در هکتار نسبت از سایر تیمارهای کشت مخلوط بیش‌تر بود (Awal et al., 2007).

شاخص دیگری که معمولاً در ارزیابی اقتصادی سیستم‌های کشت مخلوط کاربرد دارد، شاخص بهره‌وری سیستم است که داده‌های آن با استاندارد کردن محصول زراعت ثانوی بر مبنای محصول زراعت اصلی محاسبه می‌گردد (Agegnehu et al., 2006).

با توجه به این‌که در رابطه با کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو تحقیقی در ایران انجام نشده است، این بررسی با هدف تعیین مناسب‌ترین تیمار کشت خالص، مخلوط جایگزین یا افزایشی نخود فرنگی و کاهو از نظر عملکرد و ارزیابی شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط جایگزین و افزایشی نخود فرنگی و کاهو در منطقه گنبد کاووس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 94-1393 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گنبد کاووس انجام شد. طول جغرافیایی محل آزمایش 55 درجه و 11 دقیقه شرقی و عرض آن 37 درجه و 15 دقیقه شمالی است. ارتفاع از سطح دریا 46 متر و براساس تقسیم‌بندی آب و هوایی کوپن، دارای اقلیم مدیترانه‌ای گرم و نیمه-خشک است.

خصوصیات خاک منطقه تحت کشت بنابر اطلاعات حاصل از آزمون خاک در سال 1393 در جدول 1 آورده شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های مورد بررسی مشتمل بر الگوی کاشت در نه سطح شامل کشت خالص نخود فرنگی، کشت مخلوط جایگزین 33، 50 و 67 درصد کاهو به‌جای نخود فرنگی، کشت مخلوط افزایش 33، 50، 67 و 100 درصد کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو بود و نیتروژن نیز در سه سطح شامل عدم مصرف نیتروژن و مصرف 25 و 50 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود.

در این بررسی از کاهوی سفید فرانسوی رقم آسگرو (پفکی) نخود فرنگی استفاده شد. فواصل خطوط کاشت 30 سانتی‌متر و طول آن‌ها سه متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته در روی ردیف برای کاهو 20 سانتی‌متر و برای نخود فرنگی 10 سانتی‌متر بود. تعداد ردیف‌های کاشت در کشت خالص نخود فرنگی و کاهو چهار خط بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- مشخصات خاک مزرعه دانشگاه گنبد کاووس

Table 1- Soil characteristics of Gonbad Kavous University farm

بافت Texture	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (درصد) N (%)	عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Depth sample (cm)
سیلتی لومی Silt-loam	0.78	0.77	7.94	409	11	0.08	0-30

در کشت مخلوط جایگزین 50 درصد کاهو به‌جای نخود فرنگی تعداد ردیف برابر چهار خط و به‌صورت کاهو- نخود فرنگی-کاهو- نخود فرنگی بود. در تیمار کشت مخلوط جایگزین 67 درصد نخود و 33 درصد کاهو تعداد ردیف کاشت پنج خط به‌صورت کاهو-نخود فرنگی- نخود فرنگی کاهو- نخود فرنگی و در تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد نخود و 67 درصد کاهو تعداد ردیف کاشت پنج خط به‌صورت نخود فرنگی- کاهو-کاهو- نخود فرنگی-کاهو بود. در تیمارهای افزایشی تعداد ردیف هشت خط و کاهو در وسط ردیف‌های نخود فرنگی (به فاصله 15 سانتی‌متر از نخود فرنگی) کشت شد. بذور نخود فرنگی در عمق حدود سه سانتی‌متر کشت شدند. در هر کپه دو بذر کاشته شد که در مرحله 4-3 برگی بوته‌های اضافی نخود فرنگی حذف و در هر کپه یک بوته باقی ماند. کشت کاهو به‌صورت نشائی بود. در زمان کاشت 100 کیلوگرم فسفر (سوپرفسفات تریپل) در هکتار مصرف گردید. 50 درصد کود نیتروژن خالص (با منشأ اوره 46 درصد) با توجه به میزان تعیین شده در تیمارها در زمان کاشت و 50 درصد بقیه به‌صورت سرک در زمان شروع غلاف‌دهی نخود فرنگی مصرف شد.

برای تعیین عملکرد، ردیف‌های حاشیه و نیم‌متر از دو طرف ردیف‌های وسط حذف و بقیه برداشت گردید. برای تعیین وزن کاهو، برگ‌های نامرغوب حذف شد و برای تعیین وزن نخود فرنگی، غلاف‌های سبز برداشت شد. محاسبه شاخص‌ها بر مبنای وزن‌تر انجام شد. در تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین کاهو و نخودفرنگی به‌طور مجزا محاسبه و سپس با هم جمع گردید (Agegnehu et al., 2006). برای محاسبه عملکرد معادل، نخود فرنگی به‌عنوان گیاه اصلی و کاهو به‌عنوان گیاه همراه در نظر گرفته شد، لذا عملکرد معادل نخود فرنگی تیمارها محاسبه شد. همچنین برای بررسی رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط از معادلات ارائه شده در جدول 2 استفاده شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver. 9.1 انجام و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

تأثیر الگوی کاشت و نیتروژن مصرفی بر عملکرد

اثر الگوی کاشت و نیتروژن بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل الگوی کاشت و نیتروژن مصرفی بر صفات مورد بررسی تأثیرگذار نبود (جدول 3). مقایسه عملکرد در تیمارهای الگوی کاشت نشان داد که حداکثر عملکرد کل به تیمار کشت مخلوط افزایشی 100 درصد نخود فرنگی + 100 درصد کاهو و تیمار کشت خالص کاهو به‌ترتیب با 61565 و 61473 کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول 4). از دلایل بالا بودن عملکرد در این تیمارها نسبت به کشت خالص، تراکم بالای نخود فرنگی و کاهو بود. در تیمار کشت خالص نخود فرنگی عملکرد 11759 کیلوگرم در هکتار بود که کم‌تر از سایر تیمارها بود. سیستم ریشه‌ای و آرایش فضایی متفاوت گیاهان در کشت مخلوط منجر به افزایش استفاده از منابع قابل دسترس گردید. برخی محققان با بررسی کشت مخلوط جو و باقلا افزایش عملکرد در کشت مخلوط را نسبت به تک‌کشتی گزارش کردند (Agegnehu et al., 2006). با بررسی تیمارهای کشت مخلوط افزایش 25، 50 و 75 درصد تراکم مطلوب لوبیا به ذرت، با افزایش تراکم لوبیا از 25 به 75 درصد، عملکرد کل افزایش یافت. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد هم افزایش یافت (Morgado & Willey, 2006).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 2- شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط

Table 2- Competition indices in intercropping

شاخص Index	معادله Equation
نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	$LER= (Y_{ab} / Y_{aa}) + (Y_{ba} / Y_{bb})$
ضریب نسبی تراکم برای گیاه a Relative crowding coefficient for a	$K = K_a \times K_b$ $K_a = (Y_{ab}\times Z_{ba})/((Y_{aa}-Y_{ab})(Z_{ab}))$
غالبیت برای گیاه a Dominance for a	$A_a= (Y_{ab}/Y_{aa} \times Z_{ab}) - (Y_{ba} / Y_{bb} \times Z_{ba})$
نسبت رقابتی a Competitive ratio for a نسبت رقابتی b Competitive ratio for b	$CR_a = (LERa / LER_b) \times (Z_{ba} / Z_{ab})$ $CR_b = (LER_b / LER_a) (Z_{ab} / Z_{ba})$
کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی برای گیاه a Reduction or advantage of actual yield for a	$AYL = AYL_a + AYL_b$ $AYL_a = ((Y_{ab} / Z_{ab}) / (Y_{aa} / Z_{aa})) - 1$
سودمندی کشت مخلوط برای گیاه a Intercropping benefits for a	$IA= IA_a + IA_b$ $IA_a = AYL_a \times P_a$
عملکرد معادل گیاه b Equivalent yield for b	$EY_b = Y_b + Y_{aa} \times (P_a / P_b)$
شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index	$SPI = (S_a / S_b) \times Y_b + Y_a$
Z_{ab}: نسبت گیاه a در کشت مخلوط Z_{ab}= Ratio of plant a in intercropping Z_{ba}: نسبت گیاه b در کشت مخلوط Z_{ba}= Ratio of plant b in intercropping Z_{aa}: نسبت گیاه a در کشت خالص Z_{aa}= Ratio of plant a in sole cropping Z_{bb}: نسبت گیاه b در کشت خالص Z_{bb}= Ratio of plant b in sole cropping P_a: قیمت محصول گیاه a P_b= Price of plant b S_a: عملکرد متوسط گیاه a در کشت خالص S_a= Average yield of plant a in sole cropping Y_a: عملکرد متوسط گیاه a در کشت مخلوط Y_a= Yield of plant a in intercropping	Y_{ab}: عملکرد گیاه a در کشت مخلوط Y_a= Yield of plant a in intercropping Y_{aa}: عملکرد گیاه a در کشت خالص Y_{aa}= Yield of plant a in sole cropping Y_{ba}: عملکرد گیاه b در کشت مخلوط Y_{ba}= Yield of plant b in intercropping Y_{bb}: عملکرد گیاه b در کشت خالص Y_{bb}= Yield of plant b in intercropping P_b: قیمت محصول گیاه b P_a= Price of plant a Sb: عملکرد متوسط گیاه b در کشت خالص S_b= Average yield of plant b in sole cropping Y_b: عملکرد متوسط گیاه b در کشت مخلوط Y_b= Yield of plant b in intercropping

بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد از تیمارهای مصرف 50 کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به‌ترتیب با 45311 و 37432 تن در هکتار به‌دست آمد (جدول 5). با وجود این‌که نخود فرنگی یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن اتمسفر است، نیتروژن تأثیر زیادی بر عملکرد داشت. مقدار هر سطح نیتروژن مصرفی برای نه تیمار الگوی کاشت بود، از جمله کشت خالص کاهو و کشت‌های مخلوط افزایشی. این امر باعث شد نیاز این تیمارها به نیتروژن زیاد باشد لذا، تثبیت نیتروژن به تنهایی برای تولید بالا مناسب نبود. این امر بیان‌گر عدم تأمین نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیک است. تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر وزن خشک علوفه ذرت با بررسی مقادیر صفر، 30، 60، 90، 120 و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به عدم مصرف کود گزارش شده است (Baser Kouchebagh et al., 2012).

عملکرد معادل نخود فرنگی

کم‌ترین عملکرد معادل نخودفرنگی مربوط به تیمار کشت خالص نخود فرنگی با 11759 کیلوگرم و بیش‌ترین آن مربوط به کشت

www.SID.ir

Archive of SID

مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی با 25159 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 4). عملکرد معادل نخود فرنگی در تیمارهای کشت مخلوط به‌خصوص کشت‌های مخلوط افزایشی نسبت به کشت خالص نخود فرنگی افزایش نشان داد. فقط عملکرد معادل کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی نسبت به کشت خالص کاهو بیش‌تر بود.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و عملکرد معادل نخود فرنگی تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با کاهو و نیتروژن

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of yield and pea equivalent yield under planting patterns with lettuce and nitrogens

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد Yield	عملکرد معادل نخود فرنگی Equivalent yield of pea
تکرار Replication	2	50666441	7275722
الگوی کاشت Planting pattern (P)	8	2156575662**	117329308**
نیتروژن Nitrogen (N)	2	421899496**	107125444**
نیتروژن × الگوی کاشت P × N	16	4613909^{ns}	819401^{ns}
خطا Error	52	24429175	4371954
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	11.89	11.16

^{ns}، * و **: به‌ترتیب عدم وجود تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد و عملکرد معادل نخود فرنگی تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با کاهو

Table 4- Mean comparison for yield and pea equivalent yield under planting patterns with Lettuce

صفات Traits / الگوی کاشت Planting pattern	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})	عملکرد معادل نخود فرنگی (کیلوگرم در هکتار) Equivalent yield of pea (kg.ha^{-1})		
		نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total
کشت خالص نخود فرنگی Sole cropping of pea	11759	11759	-	11759
67% نخود فرنگی + 33% کاهو 67% pea + 33% lettuce	33224	8092	8377	16469
50% نخود فرنگی+ 50% کاهو 50% pea + 50% lettuce	41063	6697	11456	18153
33% نخود فرنگی + 67% کاهو 33%pea + 67% lettuce	48048	4952	14365	19317
100% نخود فرنگی+33% کاهو 100% pea + 33% lettuce	32054	10282	728	17540
100% نخود فرنگی+50% کاهو 100% pea + 50% lettuce	38654	9073	9860	18933
100% نخود فرنگی+67% کاهو 100% pea + 67% lettuce	46198	8002	12732	20734
100% نخود فرنگی+100% کاهو 100% pea+100% lettuce	61565	6956	18203	25159
کشت خالص کاهو Sole cropping of lettuce	61473	-	20491	20491
LSD (5%)	**4675**	**-**	**-**	**1978**

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به تیپ رشدی نخود فرنگی که گیاهی رونده است و کاهو که گیاهی با رشد مستقیم است انتظار می‌رفت کشت مخلوط این دو گیاه سبب استفاده بهتر آن‌ها از منابع محیطی شود که این امر بیان‌گر سازگاری بالای کشت این دو گیاه با هم به‌صورت مخلوط بود. با وجودی که قیمت نخود فرنگی بیش از کاهو بود، اما پایین بودن عملکرد نخود فرنگی در کشت مخلوط و خالص نخود فرنگی عامل پایین بودن عملکرد معادل در تیمارهای کشت مخلوط و کشت خالص نخود فرنگی بود.

بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد معادل نخود فرنگی به‌ترتیب با 20669 و 16689 کیلوگرم در هکتار با مصرف 50 کیلوگرم نیتروژن خالص و عدم مصرف نیتروژن به‌دست آمد (جدول 5). مصرف نیتروژن تأثیر مثبتی بر عملکرد معادل داشت هرچند تفاوت تیمارها کم بود (حداکثر 23/8 درصد). با وجودی که قیمت نخود فرنگی بیش از کاهو بود (سه برابر)، اما کاهش زیاد عملکرد نخود فرنگی در تیمار عدم مصرف نیتروژن باعث پایین آمدن عملکرد معادل در نخود فرنگی شد. عملکرد معادل جو در تیمار کشت خالص جو و تیمار کشت مخلوط 25 درصد نخود فرنگی به‌جای جو حداکثر و در تیمار کشت خالص نخود فرنگی حداقل بود (Nakhzari Moghaddam et al., 2016).

جدول 5- مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر عملکرد کل و عملکرد معادل نخود فرنگی

Table 5- The mean comparisons for effect of nitrogen on total yield and equivalent pea yield

صفات Traits / نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen (kg. ha^{-1})	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total yield (kg.ha^{-1})	عملکرد معادل نخود فرنگی (کیلوگرم در هکتار) Equivalent yield of pea (kg.ha^{-1})
0	37432	16689
25	41935	18828
50	45311	20669
LSD (5%)	**2699**	**1142**

*حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

*Different alphabet in each column indicate significant difference at p≤0.05 based on LSD.

نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بیش از تیمارهای کشت مخلوط جایگزین و خالص بود. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار 100 درصد نخود فرنگی + 100 درصد کاهو با 1/48 بود (جدول 6). حداکثر نسبت برابری زمین نخود فرنگی متعلق به تیمار 100 درصد نخود فرنگی + 33 درصد کاهو با 0/88 و حداکثر نسبت برابری زمین کاهو متعلق به تیمار100 درصد نخود فرنگی + 100 درصد کاهو با 0/89 بود. این امر احتمالاً به‌دلیل برداشت سبز دو گیاه اتفاق افتاد، زیرا با وجود رقابت زیاد بین بوته‌ها به‌دلیل تراکم بالا، باز هم در تیمارهای افزایشی عملکرد بیش‌تری تولید شد. بنابراین، از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو مناسب بود. در بررسی حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2003) بالاترین مقدار LER را با 1/37 از تیمار کشت مخلوط 50 درصد ارزن و 50 درصد لوبیا چشم بلبلی و مصرف 200 کیلوگرم اوره گزارش کردند. در بررسی کشت مخلوط، کشت مخلوط کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ماش (Rastgoo et al., 2015) مقدار LER در تمام تیمارها بالاتر از یک گزارش کرده‌اند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

ضریب نسبی تراکم

اثر الگوی کاشت بر ضریب نسبی تراکم نشان داد که ضریب نسبی تراکم نخود فرنگی در تیمار 100% نخود فرنگی + 33% کاهو حداکثر و برابر با 2/38 و حداکثر ضریب نسبی تراکم کاهو متعلق به تیمار100% نخود فرنگی + 100% کاهو با 8/05 بود. ضریب نسبی تراکم کل در تمام تیمارها بیش از یک بود که نشان‌دهنده مطلوب بودن کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو است (جدول 6). افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد ردیف‌های نخود فرنگی منجر به کاهش غلبه کاهو شد و نسبت رقابتی نخود فرنگی را افزایش داد. لامعی هروانی (Lamei Heravani, 2012) در تحقیقی که برای ارزیابی فنی و اقتصادی کشت مخلوط خلر (*Lathyrus sativus* L.) با جو و تریتیکاله (X *Triticosecale* witmack) گزارش کرد که مقادیر ضریب نسبی تراکم جو و تریتیکاله در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیش از ضریب نسبی تراکم گیاه علوفه‌ای خلر بود.

جدول 6- مقایسه نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم و شاخص غالبیت نخودفرنگی و کاهو در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط با نخود فرنگی

Table 6- Comparison of land equivalent ratio, relative crowding coefficient and aggressivity of pea and lettuce under different intercropping arrangements with pea

شاخص Index	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			ضریب نسبی تراکم Relative crowding coefficient			غالبیت Dominance	
تیمار Treatment	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce
67% نخود فرنگی + 33% کاهو 67% pea + 33% lettuce	0.69	0.39	1.08	1.12	1.29	1.44	0.14	-0.14
50% نخود فرنگی + 50% کاهو 50% pea + 50% lettuce	0.57	0.54	1.11	1.33	1.16	1.54	-0.07	0.07
33% نخود فرنگی + 67% کاهو 33%pea + 67% lettuce	0.42	0.68	1.1	1.46	1.06	1.55	-0.25	0.25
100% نخود فرنگی+33% کاهو 100% pea + 33% lettuce	0.88	0.35	1.23	2.38	1.58	3.76	0.21	-0.21
100% نخود فرنگی+50% کاهو 100% pea + 50% lettuce	0.77	0.47	1.24	1.71	1.77	3.03	0.25	-0.25
100% نخود فرنگی+67% کاهو 100% pea + 67% lettuce	0.68	0.61	1.29	1.43	2.34	3.35	0.38	-0.38
100% نخود فرنگی + 100% کاهو 100% pea + 100% lettuce	0.59	0.89	1.48	1.46	8.05	11.75	0.59	-0.59

شاخص غالبیت

نتایج حاصل از محاسبه شاخص چیرگی (غالبیت) نشان داد که نخود فرنگی در تیمارهای افزایشی و تیمار جایگزین 67% نخود فرنگی و 33% کاهو گیاه غالب بود در نتیجه، علامت چیرگی نخود فرنگی مثبت شد (جدول 6). افزایش نسبت نخود فرنگی و استفاده مطلوب از منابع رشدی از جمله فضا (با توجه به رونده بودن) باعث تولید بیشتر و غالبیت آن بر کاهو گردید. در طی تحقیقی در کشت مخلوط جو و نخود فرنگی، جو (به‌دلیل ارتفاع بسیار زیاد نسبت به نخود فرنگی) گیاه غالب و نخود فرنگی گیاه مغلوب بود (Banik et al., 2006).

نسبت رقابتی

بالاترین نسبت رقابتی مربوط به کاهو از تیمار100% نخود فرنگی + 100% کاهو با 1/51 به‌دست آمد (جدول 7). بررسی نسبت رقابتی نخود فرنگی و کاهو نشان داد که در تیمارهای افزایشی و تیمار جایگزین 67% نخود فرنگی و 33% کاهو، کاهو قدرت رقابتی بیش‌تری نسبت به نخود فرنگی برای استفاده از منابع در کشت مخلوط داشت. تفاوت در نسبت رقابتی گیاهان توسط بانیک و همکاران (Banik et al., 2006) نیز گزارش شده است. در بررسی آنان جو توانایی رقابت بالاتری نسبت به نخود فرنگی در کشت مخلوط داشت.

کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی

بررسی شاخص کاهش عملکرد واقعی نشان داد که کاهش عملکرد واقعی در هیچ یک از تیمارها منفی نبود (جدول 7). این امر بیان‌گر مفید بودن کشت مخلوط به‌خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی بود. به‌عبارت دیگر، در کلیه تیمارها و به‌خصوص

www.SID.ir

Archive of SID

تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد واقعی مشاهده شد.

جدول 7- مقایسه نسبت رقابتی، کاهش عملکرد واقعی و سودمندی کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو در آرایش‌های مختلف کشت مخلوط
Table 7- Comparison of competitive ratio, actual yield loss, intercropping advantage and system productivity index pea and lettuce under different intercropping arrangements

شاخص Index	نسبت رقابتی Competitive ratio		کاهش عملکرد واقعی Actual yield loss			سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage			شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index
تیمار Treatment	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	نخود فرنگی Pea	کاهو Lettuce	کل Total	کل Total
67% نخود فرنگی + 33% کاهو 67% pea + 33% lettuce	0.89	1.13	0.04	0.18	0.22	60	90	150	12.70
50% نخود فرنگی + 50% کاهو 50% pea + 50% lettuce	1.06	0.95	0.14	0.07	0.21	210	35	245	12.98
33% نخود فرنگی + 67% کاهو 33%pea + 67% lettuce	1024	0.81	0.27	0.02	0.29	405	10	415	12.92
100% نخود فرنگی+33% کاهو 100% pea + 33% lettuce	0.83	1.19	0.17	0.38	0.55	255	190	445	14.33
100% نخود فرنگی+50% کاهو 100% pea + 50% lettuce	0.82	1.22	0.16	0.41	0.57	240	205	445	14.57
100% نخود فرنگی+67% کاهو 100% pea + 67% lettuce	0.74	1.35	0.14	0.52	0.66	210	260	470	15.14
100% نخود فرنگی + 100% کاهو 100% pea + 100% lettuce	0.66	1.51	0.19	0.78	0.97	285	390	675	17.39

این افزایش با افزایش نسبت گیاهان در کشت مخلوط افزایشی مشهودتر بود که نشان‌دهنده آن است که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط بیش از محصول پیش‌بینی شده بود، زیرا از عوامل محیطی مؤثر در رشد استفاده بیشتری کردند. لامعی هروانی (Lamei Heravani, 2012) با بررسی کشت مخلوط خلر با جو و تریتیکاله اعلام کردند که در کلیه تیمارهای کشت مخلوط مقادیر کاهش عملکرد واقعی گیاهان جو و تریتیکاله مثبت بود که نشان‌دهنده آن است که محصول واقعی این گیاهان در کشت مخلوط بیش از محصول پیش‌بینی شده بود زیرا از عوامل محیطی مؤثر در رشد استفاده بیش‌تری کردند. بیش‌ترین کاهش عملکرد واقعی مربوط به گیاه خلر بود که از تیمار کشت مخلوط 25 درصد جو و 75 درصد خلر به مقدار 0/171- به‌دست آمد.

سودمندی کشت مخلوط

با بررسی این شاخص مشاهده گردید که کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو باعث افزایش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط گردید. بیش‌ترین سودمندی اقتصادی کشت مخلوط مربوط به گیاه نخود فرنگی به مقدار 405 و کم‌ترین آن مربوط به گیاه کاهو به مقدار 10 واحد بود که از تیمار کشت مخلوط جایگزین 33% نخود فرنگی + 67% کاهو حاصل شد (جدول 7). در آزمایشی که به‌منظور ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای انجام شد برخی محققین گزارش کردند که کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای سودمندی اقتصادی داشت و بیش‌ترین میزان سودمندی متعلق به تیمار افزایشی 100:15 با 4/41 بود (Ahmadi et al., 2010). بیش‌ترین نسبت برابری زمین کل (1/93) از کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به‌دست آمد که نشان‌دهنده افزایش سودمند زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سه گونه دارد و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص بهره‌وری سیستم

در تمام تیمارهای کشت مخلوط شاخص بهره‌وری سیستم بالا بود. این شاخص در تیمار کشت مخلوط افزایشی 100% نخود فرنگی + 100% کاهو حداکثر و برابر 17/39 بود (جدول 7). کم‌ترین مقدار این شاخص به تیمار کشت مخلوط جایگزین 67% نخود فرنگی و 33% کاهو با 12/70 تعلق داشت. این امر بیان‌گر سودمندی بالای کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو در این نسبت کشت است. در بررسی لامعی هروانی (Lamei Heravani, 2013) کشت مخلوط 75 درصد نخود علوفه‌ای و 25 درصد جو بیش‌ترین مقدار شاخص بهره‌وری سیستم با 2/92 را داشت.

نتیجه‌گیری

از بین دو گیاه نخود فرنگی و کاهو، کاهو با وجود تراکم کم‌تر عملکرد بیش‌تری تولید کرد. تولید بیش‌تر کاهو را می‌توان به نوع ویژگی‌های ژنتیکی گیاه، قسمت برداشت شده، وزن بوته کاهو نسبت داد. تیمار کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخود فرنگی و کشت خالص کاهو حداکثر عملکرد کل و تیمار کشت خالص نخود فرنگی حداقل عملکرد کل را تولید کرد. با افزایش مصرف کود نیتروژن، عملکرد در هر دو گیاه افزایش یافت. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد کل به‌ترتیب از تیمارهای 50 کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد کود نیتروژن به‌دست آمد. حداکثر نسبت برابری زمین متعلق به تیمار افزایشی 100 درصد کاهو به نخود فرنگی بود. بنابراین، از نظر نسبت برابری زمین، کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو مناسب بود. ضریب نسبی تراکم کل در تمام تیمارها بیش از یک بود که نشان‌دهنده مطلوب بودن کشت مخلوط نخود فرنگی و کاهو است. بررسی شاخص غالبیت نشان داد که نخود فرنگی در تیمارهای افزایشی و تیمار کشت مخلوط جایگزین 33 درصد کاهو به‌جای نخود فرنگی به‌دلیل افزایش نسبت نخود فرنگی به کاهو و استفاده مطلوب از منابع رشدی گیاه غالب بود در نتیجه، علامت چیرگی نخود فرنگی با وجود مطلوب بودن عملکرد هر دو گیاه مثبت شد. در کلیه تیمارها و به‌خصوص تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، افزایش عملکرد کل مشاهده شد. کشت مخلوط سودمندی اقتصادی داشت. عملکرد معادل نخود فرنگی در تیمارهای کشت مخلوط به‌خصوص کشت مخلوط افزایشی نسبت به کشت خالص نخودفرنگی افزایش نشان داد. فقط کشت مخلوط افزایش 100 درصد کاهو به نخودفرنگی نسبت به کشت خالص کاهو افزایش نشان داد. با توجه به نتایج حاصله به‌نظر می‌رسد در کشت مخلوط برای به‌دست آوردن حداکثر محصول به‌خصوص در این دو گیاه نیاز به تراکم بالاتری است.

منابع

Achakzai, A.K.K., and Bangulzai, M.I. 2006. Effect of various levels of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of pea (*Pisium sativum* L.) cultivars. Pakistan Journal of Botany 38(2): 331-340.

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(3): 202-207.

Ahmad, F., Gaur, P., and Croser, J. 2005. Pea (*Pisum sativum* L.). In: Singh, R.J., Jauhar, P.P. Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement-Grain Legumes 1: 185-214.

Ahmadi, A., Dabbagh Mohammdi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, R., and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. Journal of Agricultural and Sustainable Production 20(4): 77-87. (In Persian with English Summary)

Atis, I., Kotgen, K., Hatipoglu, R., Yilmaz, S., Atak, M., and Can, E. 2012. Plant density and mixture ratio effects the competition between vetch and wheat. Australian Journal of Crop Science 6(3): 498-505.

Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A. 2007. Interspecies competition growth and yield in barley peanut intercropping. Asian Journal of Plant Science 6(4): 577-584.

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

Baser Kouchebagh, S., Mirshekari, B., and Farahvash, F. 2012. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. World Applied Sciences Journal 16(9): 1239-1242.

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.

Choi, W.J., Han, G.H., Lee, S.M., Lee, G.T., Yoon, K.S., Choi, S.M., and Ro, H.M. 2007. Impact of land-use types

www.SID.ir

Archive of SID

on nitrate concentration and N^{15} in unconfined groundwater in rural areas of Korea. Agriculture, Ecosystems and Environment 120(2-4): 259-268.

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(2-3): 249-256.

Fakharian, N., Hassanpour Asil, M., and Samizadeh Lahiji, H. 2008. Effects of temperature, thickness of polypropylene shrink wrapping and modified atmosphere packaging on storage longevity of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Horticultural Science and Technology 22(2): 135-145.

Fallah, S.A. 2011. Recovery of nitrogen residue by the canola (*Brassica napus*) in rotation forage maize–canola. Journal of Agroecology 1(2):83-75. (In Persian with English Summary)

Fallah, S.A., Baharlouie, S., and Abbasi Suraki, A. 2014. Evaluation of competitive and economic indices in canola and pea intercropping at different rates of nitrogen fertilizer. Journal of Agroecology 6(3): 571-581. (In Persian with English Summary)

Food and Agriculture Organization (FAO). 2013. The FAOSTAT Database. Available at: http://faostat.fao.org/default.aspx.

Gao, Y., Duan, A., Sun, J., Li, F., Liu, H., and Liu, Z. 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field Crops Research 111(1-2): 65-73.

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.

Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 16(2): 60-67. (In Persian with English Summary)

Lamei Heravani, J. 2012. Technical and economical evaluation of mixed cropping Lathyrus with barley and triticale under dryland conditions in Zanjan province. Journal of Crop Production and Processing 2(4): 93-103.

Lamei Heravani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed conditions of Zanjan. Seed and Plant Production Journal 29(2): 169-184. (In Persian with English Summary)

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(4): 287-294.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping (2nd Eds.). Tehran University Press, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Morgado, L., and Willey, R.W. 2003. Effects of plant population and nitrogen fertillizer on yield and efficiency of maize-bean intercropping. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 38(11): 1257-1264.

Najafi, S., and Keshtehgar, A. 2014. Effect of intercropping on increase yield. International Research Journal of Applied and Basic Sciences 8(5): 549-552.

Nakhzari Moghaddam, A., Dehghanpour Inchehbron, O., and Rahemi Karizaki, A. 2016. The effects of nitrogen levels and intercropping pattern on forage yield and competition indices of barley and pea. Electronic Journal of Crop Production 9(1): 199-214. (In Persian with English Summary)

Nakhzari Moghaddam, A., Chaeichi, M.R., Mazaheri, D., Rahimian Mashhsdi, H., Majnoon Hoseini, N., and Noorinia, A.A. 2009. The effects of corn (*Zea mays* L.) and green gram (*Vigna radiata* L.) intercropping on yield, LER and some quality characteristics of forage. Iranian Journal of Field Crop Science 40(4): 151-159. (In Persian with English Summary)

Rastgoo, S., Aynehband, A., and Fateh, E. 2015. Competitiveness of sesame and mung bean crops in both monocropping and intercropping systems. Journal of Agroecology 7(3): 356-367. (In Persian with English Summary)

Sanjani, S., Hosseini, M.B., Chaichi, M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2011. Evaluation of yield and yield components in additive intercropping of grain sorghm (*Sorghum bicolor* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under complete and limited irrigation conditions. Journal of Agroecology 3(1): 25-35. (In Persian with English Summary)

Singh, R., and Pandey, M.D. 2002. Studies on integrated pest management in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 3(3): 662-664.

Willey, R.M. 1979. Intercropping, its importance and research needs, competition and yield advantages. Journal of Crop Science 32: 1-10.

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

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 504-515

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 10، شماره 2، تابستان 1397، ص. 515-504

The Effect of Nitrogen Fertilizer and Planting Pattern on Yield and Competition Indices of Pea (*Pisum sativum* L.) and Lettuce (*Lactuca sativa* L.)

E. Raftari[1*], A. Nakhzari Moghaddam[2], M. Mollashahi[2] and H. Hosseini Moghaddam[2]

Submitted: 25-12-2016
Accepted: 31-05-2017

Raftari, E., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., and Hosseini Moghaddam, H. 2018. The effect of nitrogen fertilizer and planting pattern on yield and competition indices of pea (*Pisum sativum* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Agroecology. 10(2): 504-515.

Introduction

Intercropping, the agricultural practice of cultivating two or more crops in the same space at the same time, is an old and commonly used cropping practice which aims to match efficiently crop demands to the available growth resources. Intercropping of chickpea with linseed reduced the chickpea yield by 60.3%, although linseed occupied only 33% of the total area. The loss of chickpea yield was compensated by the additional yield of linseed, and thus the system productivity of chickpea + linseed intercropping was increased by 43.4% compared to the sole chickpea. Of this increase in system productivity, 65.3 and 34.7% were contributed by higher seed yield and higher minimum support prices of linseed, respectively, as compared to chickpea. The objectives of the present study were to study the competition indices of Pea and Lettuce intercropping, such as land equivalent ratio, relative crowding coefficient, aggressivity, pea equivalent yield and effects of nitrogen and different intercropping arrangements on the yield of sole pea, sole lettuce and intercropping yield of two plants.

Materials and Methods

In order to study the effect of planting pattern and nitrogen application on yield and competitive indicators of pea and lettuce, a factorial experiment based on Randomized Complete Block Design was conducted with three replications at research farm of Gonbad Kavous University during the growing season of 2014-2015. The treatments of the planting pattern were included 9 levels of sole pea, 67% pea + 33% lettuce, 50% pea + 50% lettuce, 33% pea + 67% lettuce, 100% pea + 33% lettuce, 100% pea + 50 % lettuce, 100% pea + 67% lettuce, 100% pea + 100% lettuce and sole lettuce and the nitrogen factor was included three levels of non-application and application of 25 and 50 kg $N.ha^{-1}$. Row spacing was 30cm. Density of pea and lettuce was 33.3 and 16.7 $plants.m^{-2}$, respectively.

Results and Discussion

The results showed that the effect of planting pattern and nitrogen application on the yield was significant on the confidence level of 99%. Additive treatment of 100% lettuce + 100% pea and lettuce sole cropping with 61565 and 61473 $kg.ha^{-1}$ were produced the maximum yields and pea sole cropping with 11759 $kg.ha^{-1}$ produced the minimum yield. Total yield was increased with increasing nitrogen fertilizer application. The maximum and minimum equivalent yield was achieved in additive treatment of 100% lettuce + 100% pea and sole cropping of pea, respectively. The most and the least pea equivalent yield were obtained from treatments of 50 kg nitrogen/ha and non-application of nitrogen with 20669 and 16689 $kg.ha^{-1}$, respectively. Land equivalent ratio in intercropping treatments was greater than sole cropping. The maximum land equivalent ratio with 1.48 belonged to additive intercropping of 100% pea + 100% lettuce. Therefore, intercropping of pea and lettuce, especially in additive series was appropriate. Relative crowding coefficient in all traits was more than 1. Aggressivity index showed that pea in additive treatments and replacement of 33% lettuce instead of pea was the dominant plant. Increasing of actual yield was observed in all treatments, especially in additive series. Intercropping advantage and system productivity index in all treatments of additive and replacement treatments was greater than 1, therefore Intercropping had sufficient economic benefits in this mixture.

Conclusion

Of the two plants of pea and lettuce, lettuce produced more yield than pea in all treatments. Additive treatment of 100% lettuce to pea and lettuce sole crop with 61565 and 61473 $kg.ha^{-1}$ produced the maximum yield and pea sole crop with 11759 $kg.ha^{-1}$ produced the minimum total yield. With increasing of nitrogen fertilizer consumption, yield was increased. According to the results, it seems that obtaining the maximum yield in the intercropping system required increasing plant density.

Keywords: Aggessivity, Intercropping, Land Equivalent Ratio, Pea equivalent yield

1 and 2- MSc. Graduated of Agroecology and Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Gonbad Kavoos, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: raftarielham70@yahoo.com)

www.SID.ir