نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2019.15825.2420
۱۹۹-۲۱۳

اثر الگوی کشت و سطوح مختلف کود دامی بر شاخص‌های رقابتی و عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) و اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)

***الهام عزیزی[۱]، قربانعلی اسدی[۲]، رضا قربانی[۳] و سرور خرم‌دل[۲]**

[۱]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه پیام‌نور، ایران، [۲]دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران،
[۳]استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۰٤/۲٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۹/۱۳

چکیده

سابقه و هدف: کشت مخلوط، عملیات کشت دو یا چند گیاه زراعی در یک قطعه زمین در طی یک فصل زراعی می‌باشد که هدف عمده آن، مطابقت نیازهای گیاهی با منابع رشدی در دسترس و نیروی کارگری است. مهم‌ترین سودمندی کشت مخلوط، تولید عملکرد بالاتر در قطعه معینی از زمین با بهره‌گیری از ویژگی‌های متعدد گیاهان زراعی مانند ساختار پوشش گیاهی، قابلیت توسعه ریشه، ارتفاع، نیازهای غذایی و به تبع آن، استفاده کارا از منابع رشدی ذکر شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در الگوهای تک‌کشتی و مخلوط، واکنش هر یک از گیاهان به انواع منابع کودی متفاوت است. هدف از این پژوهش، بررسی اثر نوع الگوی کشت و سطوح مختلف کود دامی بر توان رقابتی و خصوصیات زراعی دو گیاه زراعی سیر و اسفناج بود.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سه سطح کود دامی (۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) در کرت‌های اصلی و شش نوع الگوی کشت (تک‌کشتی سیر، تک‌کشتی اسفناج و کشت مخلوط ردیفی سیر و اسفناج با نسبت‌های ۱:۱، ۲:۲، ۳:۳ و ٤:٤) در کرت‌های فرعی بود. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع، وزن تر و خشک اسفناج و سیر، نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی پوشش گیاهی و شاخص‌های نسبت برابری زمین، ضریب تهاجم و نسبت رقابت در کشت‌های مخلوط بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش سطح کود دامی تا ۲۰ تن در هکتار، وزن تر اسفناج به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، ولی این روند در رابطه با وزن خشک اسفناج مشاهده نشد. با تغییر الگوی کشت نیز وزن تر و خشک اسفناج به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار گرفت. بیش‌ترین وزن تر و وزن خشک اسفناج به‌ترتیب در الگوهای کشت مخلوط ٤:٤ سیر و اسفناج و تک‌کشتی اسفناج مشاهده شد. بررسی اثر متقابل الگوی کشت و کود دامی نشان داد که بیش‌ترین وزن تر و خشک اسفناج به‌ترتیب در الگوهای کشت ۱:۱ و ٤:٤ سیر و اسفناج تحت شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. کم‌ترین وزن خشک اسفناج نیز مربوط به الگوی ردیفی ۳:۳ سیر و اسفناج با اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی بود. وزن تر و خشک سیر، تحت‌تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف کودی قرار نگرفت، اما نوع الگوی کشت بر وزن تر و خشک سیر تأثیر معنی‌داری داشت. بیش‌ترین وزن تر و خشک سیر در الگوی تک‌کشتی سیر تحت شرایط عدم اعمال کود حاصل شد. نتایج نشان داد که شاخص نسبت برابری زمین در همه الگوهای کشت مخلوط، بیش‌تر از یک بود که این امر، نشان از برتری الگوهای مخلوط مورد بررسی نسبت به تک‌کشتی هر یک از اجزاء داشت.

* مسئول مکاتبه: azizi40760@gmail.com

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، بیش‌ترین مقدار شاخص‌های نسبت برابری زمین، نسبت رقابت و ضریب تهاجم و کم‌ترین مقدار نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی پوشش گیاهی در تیمار تلفیقی الگوی کشت مخلوط ۱:۱ سیر و اسفناج در شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: تک‌کشتی، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین، وزن خشک

مقدمه

کشت مخلوط، عملیات کشت دو یا چند گیاه زراعی در یک قطعه زمین در طی یک فصل زراعی می‌باشد که هدف عمده آن، مطابقت نیازهای گیاهی با منابع رشدی در دسترس و نیروی کارگری است. مهم‌ترین سودمندی کشت مخلوط، تولید عملکرد بالاتر در قطعه معینی از زمین با بهره‌گیری از ویژگی‌های متعدد گیاهان زراعی مانند ساختار پوشش گیاهی، قابلیت توسعه ریشه، ارتفاع، نیازهای غذایی و به تبع آن، استفاده کارا از منابع رشدی ذکر شده است (۱۱). پیری و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی اثر کود بر الگوهای مختلف کشت مخلوط ارزن مرواریدی و لوبیا قرمز دریافتند که بالاترین ماده خشک کل ارزن و لوبیا در تیمار ۵۰ درصد کود دامی و ۵۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد. ایشان بیان نمودند که الگوهای مخلوط دارای نسبت برابری زمین بیش‌تر از یک بودند که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بود (۱۶). تاکیم (۲۰۱۲) با بررسی شاخص‌های رقابتی در الگوهای مختلف کشت ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی گزارش کرد که الگوی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی با نسبت ۵۰ درصد از هر گیاه، بیش‌ترین عملکرد دانه ذرت، نسبت رقابت و نسبت برابری زمین را نشان داد. نام‌برده بیان نمود که الگوهای مختلف مخلوط می‌تواند یک رهیافت مناسب غیرشیمیایی جهت مدیریت علف‌های هرز باشد (۲۰). عظیم‌خان و همکاران (۲۰۱۲) با مطالعه اثر کشت مخلوط لگوم (ماش و سویا) و ذرت بر عملکرد ذرت بیان نمودند که الگوی کشت، عملکرد دانه ذرت را به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر قرار داد به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد دانه ذرت در تیمار وجین دستی در الگوی کشت ذرت- سویا حاصل شد (٤). ردی و ویلی (۱۹۸۱) در ارزیابی رشد و عملکرد در کشت مخلوط و تک‌کشتی ارزن مرواریدی- بادام‌زمینی گزارش کردند که عملکرد کل گیاهان و شاخص سطح برگ کل در کشت مخلوط بیش‌تر از تک‌کشتی هر یک از اجزای گیاهی بود (۱۷). ژانگ و لی (۲۰۰۳) در پژوهشی روی سودمندی عملکرد در کشت‌های مخلوط گندم- ذرت، گندم- سویا، باقلا- ذرت و بادام‌زمینی- ذرت به این نتیجه دست یافتند که در نظام‌های مخلوط ذرت- گندم و سویا- گندم، عملکرد گندم به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از تک‌کشتی بود. نام‌بردگان، این امر را ناشی از اثر مثبت ردیف‌های حاشیه‌ای گندم دانستند. اثر ردیف‌های حاشیه‌ای به‌علت رقابت بین‌گونه‌ای برای عناصر غذایی و توانایی رقابتی بیش‌تر گندم نسبت به ذرت و سویا بود (۲۵). بایمن و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که زیست‌توده و پتانسیل تولید دانه علف‌های هرز در کشت مخلوط تره‌فرنگی (*Allium porrum* L.) و کرفس (*Apium graveolens* L.) در مقایسه با تک‌کشتی تره‌فرنگی کاهش یافت. ایشان دلیل این امر را افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی و بنابراین افزایش توان رقابتی کشت مخلوط ذکر کردند (۷). شه و همکاران (۲۰۱۱)، اثر الگوهای مختلف (تک‌کشتی ذرت، کشت مخلوط ذرت- لوبیا و کشت خلوط ذرت- ماش) و عملیات مدیریتی را بر خصوصیات ذرت، مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که

کم‌ترین و بیش‌ترین ارتفاع ذرت به‌ترتیب در الگوی مخلوط ذرت- سویا و تک‌کشتی ذرت مشاهده شد (۱۸). در پژوهش دیگر، کشت کلم‌گل در فواصل بین ردیف ۶۰ و ۷۰ سانتی‌متر به‌عنوان محصول اصلی همراه با اسفناج در بین ردیف‌های کلم گل در کشت مخلوط و بررسی نتایج حاصله نشان داد که کشت مخلوط کلم‌گل با فواصل بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر همراه با اسفناج دارای بیش‌ترین نسبت برابری زمین و عملکرد بود (۲). ماینگی و همکاران (۲۰۰۱) در بررسی اثر کشت مخلوط لوبیا و ذرت بر عملکرد کل در مقایسه با تک‌کشتی گزارش کردند که کل ماده خشک گیاه در مخلوط ذرت و لوبیا به‌طور معنی‌داری بالاتر از تک‌کشتی لوبیا بود (۱۲).

کودهای دامی، دامنه وسیع‌تری از عناصر غذایی را در مقایسه با کودهای شیمیایی دارا هستند، زیرا بخش زیادی از عناصر غذایی گیاهی که در ابتدا توسط حیوانات بلعیده می‌شود (۸۰ درصد فسفر، ۹۰ درصد پتاسیم و ۷۵ درصد نیتروژن) هنوز در کود دامی وجود دارد. البته همه عناصر غذایی موجود در کود دامی در سال اول قابل استفاده توسط گیاه نخواهد بود به‌طور مثال فقط۵۰ درصد از نیتروژن در سال اول در دسترس گیاه زراعی است (۱۳). بررسی اثر کود دامی، فسفوکمپوست و کود شیمیایی کامل بر سورگوم و سویا و گندم در الگوهای تک‌کشتی و مخلوط نشان داد که واکنش هر یک از گیاهان به انواع منابع کودی متفاوت بود. در هر دو نظام تک‌کشتی و مخلوط، سورگوم به کود مرغی و سویا به کود دامی واکنش بهتری نشان داد (۹). با توجه به پوشش گسترده و قدرت رقابت بالای اسفناج در مقابل علف‌های هرز در زمان بسته شدن پوشش گیاهی و عدم توان رقابتی مطلوب سیر در ابتدای فصل رشد و همچنین متفاوت بودن نیازهای غذایی این گیاهان در طی مراحل مختلف رشد، این پژوهش با هدف بررسی اثر نوع الگوی کشت و سطوح مختلف کود دامی بر توان رقابتی و ویژگی‌های زراعی سیر و اسفناج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل سه سطح کود دامی (۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) در کرت‌های اصلی و شش نوع الگوی کشت (تک‌کشتی سیر، تک‌کشتی اسفناج و کشت مخلوط ردیفی سیر:اسفناج با نسبت‌های ردیف ۱:۱، ۲:۲، ۳:۳ و ٤:٤) در کرت‌های فرعی بود. مشخصات خاک محل آزمایش و کود گاوی مورد بررسی در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی کود دامی و خاک محل آزمایش.

Table 1. Some physicochemical properties of soil and manure in experiment place during growing season.

نمونه Sample	بافت Texture	بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potasium ($mg.kg^{-1}$)
خاک Soil	سیلتی لوم Silty loam	سیلتی لوم Silty loam	8.10	1.08	0.03	27.00	118.00
کود دامی Manure	-	-	8.72	7.72	1.83	99.62	247.67

هر کرت اصلی ۲×۱۴/۵ متر و هر کرت فرعی ۲×۲ متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های اصلی و بین تکرارها نیز یک متر اعمال گردید. فواصل بین ردیف برای کاشت، ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به این منظور، بذور اسفناج و سیر به‌طور هم‌زمان روی پشته‌هایی به عرض ۵۰ سانتی‌متر و به‌صورت دو ردیفه کشت شدند. مقدار بذر اسفناج مصرفی جهت کاشت ۸ کیلوگرم در هکتار و مقدار غده‌های مصرفی، ۲ تن در هکتار در نظر گرفته شد. کاشت هر دو گیاه سیر و اسفناج در دی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ صورت گرفت.

جهت تعیین کسر نور جذب شده، مقدار نور در قسمت فوقانی و تحتانی پوشش گیاهی توسط دستگاه تشعشع‌سنج اندازه‌گیری شد و سپس نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی محاسبه گردید. برای تعیین عملکرد اسفناج نیز کل گیاهان موجود در هر کرت در تاریخ ۱۳۹۱/۲/۱ (۱۲۰ روز پس از کاشت و در ابتدای مرحله گلدهی)، جمع‌آوری و وزن تر آن‌ها تعیین شد. سپس جهت تعیین ارتفاع و وزن خشک، دو بوته از هر کرت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برداشت سیر نیز در ۱۳۹۱/٤/٦ (۱۸٦ روز پس از کاشت) صورت گرفت و وزن تر سیرهای تولیدی در هر کرت اندازه‌گیری شد. سپس دو بوته از گیاهان هر کرت به‌طور تصادفی جدا شده و تعداد سیرچه، وزن خشک سیر و کلش و ارتفاع گیاهان تعیین شد و شاخص‌های نسبت برابری زمین[1]، ضریب تهاجم[2] و نسبت رقابت[3] کشت مخلوط از طریق رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه گردید.

$$LER = \frac{Y_{m1}}{Y_{s1}} + \frac{Y_{m2}}{Y_{s2}} \quad (۱)$$

$$AC = \frac{Y_{m1}}{Y_{s1}} - \frac{Y_{m2}}{Y_{s2}} \quad (۲)$$

$$CR = \frac{Y_{m1}}{Y_{s1}} \div \frac{Y_{m2}}{Y_{s2}} \quad (۳)$$

که در آن‌ها، Y_{m1} عملکرد گونه اول (اسفناج) در کشت مخلوط، Y_{m2} عملکرد گونه دوم (سیر) در کشت مخلوط، Y_{s1} عملکرد گونه اول (اسفناج) در کشت خالص، Y_{s2} عملکرد گونه دوم (سیر) در کشت خالص می‌باشد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها با نرم‌افزارهای Minitab، Mstatc و Excel انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی و الگوی کشت بر خصوصیات ریخت‌شناختی- فیزیولوژیکی سیر در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر مقادیر مختلف کود دامی بر ارتفاع سیر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. وزن کلش و شاخص برداشت سیر نیز تحت‌تأثیر سطوح مختلف کود دامی قرار گرفت ($P<۰/۰۵$).

نوع الگوی کشت بر همه صفات زراعی سیر به‌استثای وزن خشک و تعداد سیرچه در بوته تأثیر آماری معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۱$). همچنین تأثیر متقابل نوع الگوی کشت و سطوح مختلف کود دامی بر ارتفاع، وزن خشک و شاخص برداشت سیر در سطح یک درصد و بر وزن کاه و کلش در سطح پنج درصد از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۲).

1- Land equivalent ratio (LER)
2- Aggressivity coefficient (AC)
3- Competition ratio (CR)

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر برخی خصوصیات زراعی سیر.

Table 2. Variance analysis of effect of nutrient resource and cropping pattern on some agronomic traits of garlic.

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares						
		ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	وزن تر (گرم در مترمربع) Fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک (گرم در مترمربع) Dry weight ($g.m^{-2}$)	تعداد سیرچه در بوته Cloves number per plant	وزن کاه و کلش (گرم در مترمربع) Straw weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد زیستی (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.002^{ns}	39489.753^{ns}	37462.050^{ns}	2.398^{ns}	39512.381^{*}	208455.035^{ns}	0.027^{*}
کود دامی Manure	2	155.399^{**}	66353.626^{ns}	55228.272^{ns}	7.676^{ns}	41562.324^{*}	221386.076^{ns}	0.024^{*}
خطای ۱ Error1	4	0.035	108165.032	16951.715	8.940	5855.833	136380.583	0.002
الگوی کشت Cropping pattern	4	5.910^{**}	305196.624^{**}	5265.468^{ns}	2.871^{ns}	16994.967^{**}	443999.992^{**}	0.009^{**}
الگوی کشت × کود Cropping pattern×Manure	8	14.232^{**}	36299.725^{ns}	62424.716^{**}	4.354^{ns}	6746.409^{*}	48354.542^{ns}	0.005^{**}
خطای ۲ Error2	24	0.014	20586.835	5099.001	3.812	3275.062	29448.102	0.001
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		0.970	21.960	34.280	23.200	35.210	20.890	3.850

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

** Significant at α=0.01 probability level, * Significant at α=0.05 probability level and ns no significant.

با افزایش سطوح کود دامی، ارتفاع و شاخص برداشت سیر به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین ارتفاع سیر در الگوی کشت مخلوط ردیفی سیر و اسفناج با نسبت ٤:٤ در شرایط عدم اعمال کود دامی حاصل شد. کم‌ترین مقدار این صفت نیز به الگوی تک‌کشتی سیر تحت تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی اختصاص یافت (جدول ۳). در الگوی کشت مخلوط ٤:٤، رقابت درون‌گونه‌ای در مقایسه با رقابت بین‌گونه‌ای برتری داشته و گیاهان سیر و اسفناج برای دریافت نهاده‌های مورد نیاز مانند نور، آب و عناصر غذایی بیش‌تر، ارتفاع و سطح برگ خود را افزایش می‌دهند.

نتایج نشان داد که الگوی تک‌کشتی سیر در شرایط عدم اعمال کود دامی، بیش‌ترین شاخص برداشت را نشان داد که اختلاف آماری معنی‌داری با الگوی ردیفی ۲:۲ سیر و اسفناج در شرایط عدم اعمال کود دامی نداشت. همچنین الگوی کشت مخلوط ۳:۳ سیر و اسفناج در شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی دارای کم‌ترین مقدار شاخص برداشت بود (جدول ۳). شاید دلیل این امر، حضور عناصر غذایی بیش‌تر در خاک در شرایط اعمال کود دامی و به تبع آن افزایش سطح برگ و رشد افقی سیر در مقایسه با اندام‌های زیرزمینی آن باشد.

اثر متقابل نوع الگوی کشت و کود دامی بر وزن خشک سیر از نظر آماری معنی‌دار بود. بیش‌ترین وزن خشک سیر با مقدار ٤٥٢/٦٠ گرم در مترمربع در الگوی تک‌کشتی سیر تحت شرایط عدم اعمال کود دامی حاصل شد که اختلاف آماری معنی‌داری با الگوی مخلوط ردیفی ۱:۱ سیر و اسفناج در شرایط عدم اعمال کود دامی و الگوهای ۳:۳ و ٤:٤ در شرایط اعمال ۱۰ تن در هکتار کود دامی نداشت. با افزایش مقدار کود دامی، وزن کاه و کلش افزایش معنی‌داری یافت به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین وزن کاه و کلش به‌ترتیب در الگوی تک‌کشتی تحت شرایط ۲۰ تن در هکتار کود دامی و الگوی مخلوط ردیفی ۲:۲ تحت شرایط عدم اعمال کود دامی حاصل شد (جدول ۳).

سیلینگ و همکاران (۲۰۰۵) دریافتند که سطوح مختلف کود نیتروژن، عملکرد دانه گندم و کلزا را در کشت مخلوط، به مقادیر متفاوتی افزایش داد (۱۹). بیجان و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اثر کشت مخلوط برنج (*Oryza sativa*)- ماشک گاودانه (*Cajanus cajan*) و برنج- ماش (*Phaseolus radiatus*) بر عملکرد برنج گزارش کردند که در مخلوط برنج- ماش، عملکرد دانه، تعداد پنجه‌های بارور در واحد سطح، تعداد دانه در پانیکول، وزن هزاردانه برنج در مقایسه با تک‌کشتی افزایش و در مخلوط برنج- ماشک گاودانه کاهش یافت (۸). در مطالعه دیگر، الگوی کشت مخلوط نواری ذرت- سویا و سورگوم دانه‌ای- سویا، تولید کل مخلوط نواری، ٤ درصد بیش‌تر از تک‌کشتی بود. عملکرد ردیف‌های حاشیه‌ای ذرت و سورگوم دانه‌ای که بعد از گیاهان سویا قرار داشتند به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از ردیف‌های داخلی بود (۱۰). بررسی کشت مخلوط سورگوم، ارزن مرواریدی، کنجد، سویا با ماشک گاودانه بیانگر آن بود که کشت‌های مخلوط، عملکرد کل را افزایش داده ولی اثر معکوسی بر عملکرد ماشک گاودانه داشتند (۲۳). در پژوهش دیگر، عملکرد بادام‌زمینی در تک‌کشتی به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از کشت مخلوط بادام‌زمینی و ذرت بود (۲۲). نتایج بررسی اثر عرض ردیف‌های گندم و شبدر بر رقابت بین گونه‌ها و عملکرد گندم در کشت مخلوط نواری بیانگر آن بود که عملکرد دانه گندم در کشت مخلوط شبدر و گندم، ۲۵-۱۰ درصد کم‌تر از عملکرد دانه تک‌کشتی گندم بود. دلیل این کاهش عملکرد، رقابت بین‌گونه‌ای برای نور و نیتروژن در الگوی مخلوط، در طی دوره رشد رویشی ذکر شد (۲۱).

جدول ۳- اثر متقابل منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر میانگین برخی خصوصیات زراعی سیر.

Table 3. The interaction effect of nutrient resource and cropping pattern on some agronomic traits of garlic.

سطوح کودی (تن در هکتار) Manure rates (ton.ha^{-1})	الگوی کشت Cropping pattern	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	وزن تر سیر (گرم در مترمربع) Fresh weight (g.m^{-2})	وزن خشک سیر (گرم در مترمربع) Dry weight (g.m^{-2})	تعداد سیرچه در بوته Cloves number per plant	وزن کاه و کلش (گرم در مترمربع) Straw weight (g.m^{-2})	عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت Harvest index
0	1:1	11.67^{f*}	510.40^{a}	385.20^{a}	337.00^{a}	138.80^{bc}	749.20^{a}	0.82^{bc}
	2:2	16.92^{b}	266.70^{a}	215.10^{c}	414.80^{a}	50.83^{c}	317.50^{a}	0.85^{ab}
	3:3	16.56^{c}	477.50^{a}	94.54^{de}	411.10^{a}	156.30^{b}	833.80^{a}	0.82^{bc}
	4:4	19.94^{a}	480.80^{a}	219.40^{bc}	540.70^{a}	107.50^{bc}	588.30^{a}	0.84^{bc}
	تک‌کشتی سیر Garlic monoculture	15.08^{d}	450.80^{a}	452.60^{a}	537.00^{a}	106.30^{bc}	957.10^{a}	0.89^{a}
10	1:1	12.56^{e}	600.40^{a}	138.70^{cde}	663.60^{a}	156.20^{b}	856.70^{a}	0.83^{bc}
	2:2	10.57^{h}	600.40^{a}	122.60^{cde}	388.00^{a}	155.40^{b}	755.80^{a}	0.80^{bc}
	3:3	11.03^{g}	591.30^{a}	338.20^{ab}	699.20^{a}	170.00^{b}	861.30^{a}	0.81^{bc}
	4:4	9.92^{j}	523.80^{a}	338.20^{ab}	622.20^{a}	125.80^{bc}	649.60^{a}	0.81^{bc}
	تک‌کشتی سیر Garlic monoculture	10.08^{i}	592.50^{a}	153.98^{cde}	633.30^{a}	186.10^{b}	1116.40^{a}	0.82^{bc}
20	1:1	10.72^{h}	597.90^{a}	116.80^{cde}	463.00^{a}	159.20^{b}	757.10^{a}	0.79^{c}
	2:2	10.08^{i}	520.40^{a}	191.20^{cd}	348.10^{a}	166.70^{b}	787.10^{a}	0.79^{c}
	3:3	11.72^{f}	590.40^{a}	192.10^{cd}	422.20^{a}	331.20^{a}	971.70^{a}	0.63^{d}
	4:4	9.36^{j}	262.10^{a}	42.92^{e}	711.10^{a}	132.50^{bc}	694.60^{a}	0.81^{bc}
	تک‌کشتی سیر Garlic monoculture	8.86^{k}	433.30^{a}	223.20^{bc}	437.00^{a}	295.40^{a}	1428.80^{a}	0.79^{c}
	LSD	0.20	241.80	120.30	8.12	96.44	289.20	0.053

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (P<۰/۰۵).

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at P<0.05.

اثر سطوح مختلف کود دامی، الگوهای کشت و اثر متقابل دو تیمار بر ارتفاع، وزن تر و وزن خشک گیاه اسفناج از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ٤).

جدول ٤- تجزیه واریانس اثر منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر برخی خصوصیات زراعی اسفناج.

Table 4. Variance analysis of effect of nutrient resource and cropping pattern on some agronomic traits of spinach.

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares		
		ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	وزن تر (گرم در مترمربع) Fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک (گرم در مترمربع) Dry weight ($g.m^{-2}$)
بلوک Block	2	2723.746**	4054.104^{ns}	1962.989^{ns}
کود دامی Manure	2	1359.613**	24684406.535**	124181.465**
خطای ۱ Error1	4	17.741	1080154.978	3452.257
الگوی کشت Cropping pattern	4	891.806**	9562641.841**	35736.194**
الگوی کشت × کود Cropping pattern×Manure	8	880.809**	13789741.147**	96370.329**
خطای ۲ Error2	24	61.877	400175.638	3765.181
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		26.760	8.890	9.040

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ^{ns} غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

** Significant at α=0.01 probability level, * Significant at α=0.05 probability level and ^{ns} No significant.

بیش‌ترین ارتفاع اسفناج در الگوی کشت مخلوط ٤:٤ سیر و اسفناج در شرایط عدم اعمال کود دامی به مقدار ۸۹ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۵). شاید دلیل این امر، دسترسی به عناصر غذایی بیش‌تر در شرایط اعمال کود دامی و گسترش جانبی گیاهان باشد. اثر متقابل نوع الگوی کشت و کود دامی بر ارتفاع، وزن تر و خشک اسفناج نیز از نظر آماری معنی‌دار بود.

بیش‌ترین مقدار وزن تر اسفناج در تیمارهای تلفیقی الگوی کشت مخلوط ٤:٤ در شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد. همچنین بیش‌ترین وزن خشک اسفناج نیز به الگوی کشت مخلوط ۱:۱ در شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی و الگوی کشت مخلوط ۳:۳ در شرایط عدم اعمال کود دامی تعلق داشت. واکنش وزن خشک سیر به تیمارهای مختلف با وزن تر این گیاه متفاوت بود، به‌طوری‌که بیش‌ترین وزن خشک سیر در الگوی کشت مخلوط ردیفی ۱:۱ سیر و اسفناج با اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد که اختلاف آماری معنی‌داری با الگوی مخلوط ۳:۳ تحت شرایط عدم اعمال کود دامی نداشت. کم‌ترین مقدار این صفت نیز به الگوی مخلوط ردیفی ۲:۲ تحت اعمال ۱۰ تن در هکتار کود دامی اختصاص یافت (جدول ۵).

آبراهام و سینگ (۱۹۸٤) با بررسی مدیریت علف‌های هرز در الگوهای کشت مخلوط سورگوم و لگوم دریافتند که کشت مخلوط، رشد و عملکرد سورگوم را افزایش داد و بیش‌ترین مقدار عملکرد در الگوی کشت مخلوط سورگوم و لوبیای چشم‌بلبلی علوفه‌ای مشاهده شد (۱). پاتنام و آلان (۱۹۹۲) گزارش کردند که در کشت مخلوط خردل و آفتابگردان، عملکرد خردل، ٦۱ درصد و عملکرد آفتابگردان، ٤۰ درصد بیش‌تر از تک‌کشتی آن بود (۱۵).

جدول ۵- اثر متقابل منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر برخی خصوصیات مورفو فیزیولوژیکی اسفناج.

Table 5. The interaction effect of nutrient resource and cropping pattern on some morphophysiological traits of spinach.

سطوح کودی (تن در هکتار) Manure rates ($ton.ha^{-1}$)	الگوی کشت Cropping pattern	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	وزن تر (گرم در مترمربع) Fresh weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک (گرم در مترمربع) Dry weight ($g.m^{-2}$)
0	1:1	18.72^{cd*}	4786.30^{g}	499.10^{ef}
	2:2	42.72^{b}	4490.00^{g}	599.20^{de}
	3:3	18.78^{cd}	8275.60^{cd}	943.60^{a}
	4:4	89.00^{a}	6644.40^{ef}	722.90^{bc}
	تک‌کشتی اسفناج Spinach monoculture	31.17^{bc}	7641.30^{de}	796.00^{b}
10	1:1	21.61^{cd}	7426.90^{def}	670.70^{cd}
	2:2	16.20^{d}	4270.60^{g}	379.60^{g}
	3:3	25.12^{cd}	6631.90^{ef}	556.10^{ef}
	4:4	19.17^{cd}	7150.60^{ef}	597.60^{de}
	تک‌کشتی اسفناج Spinach monoculture	26.89^{cd}	6461.20^{f}	676.10^{cd}
20	1:1	19.89^{cd}	10060.00^{b}	970.30^{a}
	2:2	25.00^{cd}	8850.00^{c}	755.20^{bc}
	3:3	26.44^{cd}	3877.50^{g}	476.20^{fg}
	4:4	29.50^{bc}	11311.9^{a}	809.10^{b}
	تک‌کشتی اسفناج Spinach monoculture	30.78^{bc}	8895.40^{c}	732.80^{bc}
	LSD	13.26	1066.00	103.40

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (P<۰/۰۵).

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at P<0.05.

در این آزمایش اثر مقادیر مختلف کود دامی بر نسبت برابری زمین و کسر جذب نور از نظر آماری معنی‌دار نبود اما الگوی کاشت، تأثیر معنی‌داری بر نسبت برابری زمین و کسر جذب نور داشت (جدول ٦). با توجه به آن که پوشش گیاهی اسفناج، متراکم بود، در تک‌کشتی این گیاه، بخش زیادی از نور توسط پوشش گیاهی جذب شد و مقدار نور دریافتی در قسمت تحتانی پوشش گیاهی به حداقل مقدار خود رسید که اختلاف معنی‌داری با الگوهای کشت دیگر نداشت (جدول ۷).

نتایج به‌دست آمده نشان داد که شاخص نسبت برابری زمین در همه الگوهای کشت مخلوط، بیش‌تر از یک بود که بیانگر برتری الگوهای مخلوط مورد بررسی نسبت به تک‌کشتی در هر یک از اجزاء کشت مخلوط بود. بیش‌ترین مقدار نسبت برابری زمین در تیمار تلفیقی الگوی کشت مخلوط ۳:۳ سیر و اسفناج در شرایط عدم اعمال کود دامی حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با الگوی ۱:۱ و ۳:۳ در شرایط اعمال ۱۰ تن در هکتار کود دامی و الگوی ۱:۱، ۲:۲ و ٤:٤ در شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی نداشت (جدول ۷). با توجه به قدرت رقابت پایین گیاه سیر و قدرت بالای اسفناج در سرکوبی علف‌های هرز، در روش‌های ردیفی متمایل به نواری، حالت مکملی ایجاد شده و از منابع و فضا بهتر استفاده می‌شود.

اثر ساده سطوح مختلف کودی و الگوی کشت بر ضریب تهاجم و نسبت رقابت از نظر آماری معنی‌دار نبود اما کاربرد تیمارهای تلفیقی کود دامی و الگوی کشت بر شاخص ضریب تهاجم، تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ٦). بیش‌ترین ضریب تهاجم در الگوی کشت مخلوط سیر و اسفناج با نسبت ۱:۱ و شرایط کودی ۲۰ تن در هکتار به مقدار ۰/۷۸ مشاهده شد. به‌عبارت دیگر، در این تیمار تلفیقی، عملکرد نسبی اسفناج (حاصل عملکرد در مخلوط به عملکرد در کشت خالص) بیش‌تر از سیر بود و این گیاه در رقابت با سیر بهتر عمل کرد (جدول ۷). شاید یکی از دلایل این امر نیز سرعت بالای رشد اولیه اسفناج و قدرت تسخیر منابع بالا در این گیاه می‌باشد. بانیک و همکاران (۲۰۰٦) بیان نمودند که نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط (*Cicer arietinum* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) بیش‌تر از یک بود که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به خالص هر یک از اجزاء داشت (۵). در طی پژوهشی با بررسی تک‌کشتی و کشت مخلوط دو ژنوتیپ سویا (Bragg و Nts 1007) با سورگوم در مقادیر مختلف نیتروژن (۲۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) مشاهده شد که کشت مخلوط سورگوم- سویا کارآمدتر از تک‌کشتی هر یک از اجزای مخلوط در تولید ماده خشک بوده و نسبت برابری زمین بسته به ژنوتیپ سویا متفاوت ولی بالاتر از یک بود (١٤). یلدیریم و گاونس (۲۰۰۵) با هدف بررسی الگوهای کشت مخلوط مختلف (مخلوط گل کلم با کاهو، تربچه و پیاز) بر رشد و محتوای عناصر معدنی و عملکرد گل‌کلم (*Brassica oleracea* L.) به این نتیجه دست یافتند که انواع کشت مخلوط مورد بررسی به‌جز کشت مخلوط گل‌کلم- تربچه، خصوصیات رشدی و عملکرد گل‌کلم را تحت‌تأثیر قرار ندادند اما نسبت برابری زمین در همه الگوهای مخلوط بیش‌تر از یک بود (٢٤). بومان و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که در کشت مخلوط تره‌فرنگی و کرفس، رقابت درون و بین‌گونه‌ای، عملکرد و کیفیت گیاهی را تحت‌تأثیر قرار داد. نسبت برابری زمین نیز در کشت مخلوط افزایش یافت که این نشان‌دهنده استفاده بهتر از منابع در کشت مخلوط گیاهی است (٦). بررسی دو فاصله بین ردیف ۵۰ و ٦۰ سانتی‌متر در گیاه کاهو به‌عنوان محصول اصلی و کاشت سیر بین ردیف‌های کاهو به‌عنوان محصول همراه در کشت مخلوط کاهو و سیر بعد از برداشت برنج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد و نسبت برابری زمین درتیمار کشت مخلوط دو ردیف سیر در فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی‌متری کاهو حاصل شد (۳). در طی پژوهشی (١٤) با بررسی تک‌کشتی و کشت مخلوط دو ژنوتیپ سویا (Bragg و Nts 1007) با سورگوم در مقادیر مختلف نیتروژن (۲۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) مشاهده شد که کشت مخلوط سورگوم- سویا کارآمدتر از تک‌کشتی هر یک از اجزای مخلوط در تولید ماده خشک بوده و نسبت برابری زمین بسته به ژنوتیپ سویا متفاوت ولی بالاتر از یک بود.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس اثر منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کسر جذب نور و شاخص های کشت مخلوط.

Table 6. Variance analysis of effect of nutrient resource and cropping pattern on on the fraction of light absorbed and intercropping indices.

منابع تغییر Sources of variation	نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی پوشش گیاهی Light fraction in the lower layer to upper layer of canopy		شاخص‌های کشت مخلوط Intercropping indices			
				میانگین مربعات Mean of squares		
	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of squares	درجه آزادی Degree of freedom	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	ضریب تهاجم Aggressivity coefficient	نسبت رقابت competition ratio
بلوک Block	2	0.083^{ns}	2	0.055^{ns}	0.315^{ns}	0.160^{ns}
کود دامی Manure	2	0.014^{ns}	2	0.042^{ns}	0.720^{ns}	2.916^{ns}
خطای ۱ Error1	4	0.013	4	0.372	0.247	3.324
الگوی کشت Cropping pattern	5	0.120**	3	0.212*	0.082^{ns}	1.810^{ns}
الگوی کشت × کود Cropping pattern × Manure	10	0.043^{ns}	6	0.374**	0.200**	3.266^{ns}
خطای ۲ Error 2	30	0.023	18	0.054	0.051	2.043
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		24.120		14.930	28.350	24.480

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

** Significant at α=0.01 probability level, * Significant at α=0.05 probability level and ns No significant.

جدول ۷- اثر متقابل منبع تغذیه‌ای و الگوی کاشت بر کسر جذب نور و نسبت برابری زمین.

Table 7. The interaction effect of nutrient resource and cropping pattern on the fraction of light absorbed and intercropping indices.

کود (تن در هکتار) Manure (ton.ha^{-1})	الگوی کشت Cropping pattern	نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی پوشش گیاهی Light fraction in the lower layer to upper layer of canopy	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	ضریب تهاجم Aggressivity coefficient	نسبت رقابت competition ratio
0	1:1	0.10^{a}	1.37^{cde}	-0.1^{de}	0.87^{a}
	2:2	0.10^{a}	1.04^{e}	0.47^{abc}	4.43^{a}
	3:3	0.30^{a}	2.06^{a}	0.31^{bcd}	1.62^{a}
	4:4	0.50^{a}	1.49^{bcd}	0.32^{bcd}	1.66^{a}
	تک‌کشتی اسفناج Spinach monoculture	0.10^{a}	-	-	-
	تک‌کشتی سیر Garlic monoculture	0.40^{a}	-	-	-

ادامه جدول ۷-

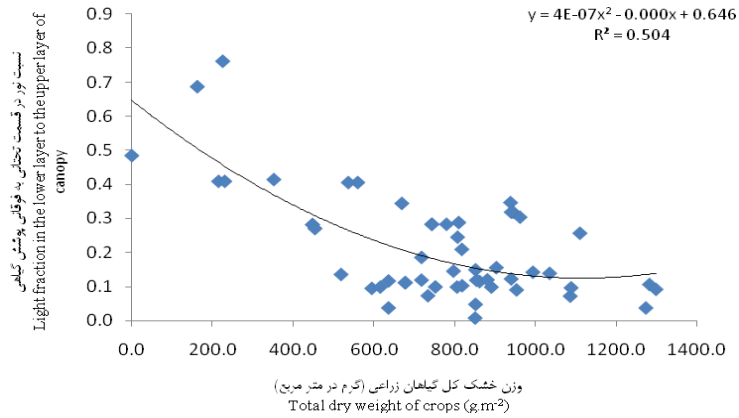
Continue Table 7.

کود (تن در هکتار) Manure (ton.ha^{-1})	الگوی کشت Cropping pattern	نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی پوشش گیاهی Light fraction in the lower layer to upper layer of canopy	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	ضریب تهاجم Aggressivity coefficient	نسبت رقابت competition ratio
10	1:1	0.50^{a}	1.85^{ab}	0.14^{cde}	1.34^{a}
	2:2	0.30^{a}	1.33^{cde}	-0.20^{e}	0.90^{a}
	3:3	0.10^{a}	1.67^{abc}	-0.02^{de}	1.10^{a}
	4:4	0.30^{a}	1.56^{bed}	0.20^{bcde}	1.68^{a}
	تک‌کشتی اسفناج Spinach monoculture	0.10^{a}	–	–	–
	تک‌کشتی سیر Garlic monoculture	0.50^{a}	–	–	–
20	1:1	0.10^{a}	1.86^{ab}	0.78^{a}	2.48^{a}
	2:2	0.20^{a}	1.64^{abc}	0.51^{abc}	1.92^{a}
	3:3	0.30^{a}	1,14^{de}	0.16^{cde}	1.49^{a}
	4:4	0.30^{a}	1.67^{abc}	0.63^{ab}	2.39^{a}
	تک‌کشتی اسفناج Spinach monoculture	0.10^{a}	–	–	–
	تک‌کشتی سیر Garlic monoculture	0.40^{a}	–	–	–
	LSD	0.25	0.40	0.13	0.83

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری ندارند (P<۰/۰۵).

Means with the similar letters in the each column are not significantly different at P<0.05.

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، همبستگی منفی معنی‌داری بین وزن خشک کل گیاهان زراعی و نسبت نور در پوشش گیاهی مشاهده شد به‌طوری‌که با افزایش زیست‌توده گیاهان زراعی، جذب نور توسط پوشش گیاهی افزایش یافته و نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی پوشش گیاهی کاهش نشان داد. در الگوهای تک‌کشتی اسفناج و انواع کشت‌های مخلوط اسفناج با رشد سریع و زیست‌توده بالا و سیر با رشد کند و زیست‌توده اندام هوایی کم‌تر، وزن خشک گیاهان زراعی در واحد سطح، بیش‌تر از تک‌کشتی سیر بوده و از نور بهتر استفاده شد. در پژوهشی، با بررسی میزان جذب نور در کشت خالص سورگوم و مخلوط آن با لوبیا چشم‌بلبلی، ماش سبز، بادام‌زمینی و سویا گزارش شد که جذب نور در تمامی مخلوط‌های گیاهی بیش‌تر از تک‌کشتی سورگوم بود (۱). در مطالعه دیگر با بررسی جذب و مصرف تشعشع در چندکشتی تاخیری گندم و پنبه با تغییر تعداد ردیف‌های مربوط به هر یک از اجزا (۳:۱، ۳:۲، ٤:۲ و ٦:۲ به‌ترتیب پنبه و گندم) گزارش شد که جذب تشعشع فعال فتوسنتزی توسط گندم در الگوهای مخلوط مورد بررسی به‌ترتیب ۸۳، ۷۱، ۷۳ و ۷۵ درصد بیش‌تر از تک‌کشتی گندم بود. پنبه نیز در کشت‌های مخلوط ذکر شده به‌ترتیب، ۷۳، ۹۳، ۸٦ و ٦۷ درصد بیش‌تر از تک‌کشتی، تشعشع فعال فتوسنتزی را جذب کرد (۲٦).



شکل ۱- رابطه رگرسیونی بین وزن خشک علف‌های هرز و نسبت نور در پوشش گیاهی.

Fig. 1. The regression between dry weight of weeds and light fraction in the canopy.

نتیجه‌گیری کلی

بیش‌ترین مقدار وزن تر و خشک اسفناج به‌ترتیب در الگوی کشت مخلوط ردیفی سیر و اسفناج با نسبت ٤:٤ و الگوی کشت مخلوط ۱:۱ در شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد. بیش‌ترین وزن خشک سیر نیز در الگوی تک‌کشتی سیر در شرایط عدم اعمال کود دامی به‌دست آمد. به‌طورکلی، شاخص نسبت برابری زمین در همه الگوهای کشت مخلوط، بیش‌تر از یک بود که این امر، نشان از برتری الگوهای مخلوط مورد بررسی نسبت به تک‌کشتی هر یک از اجزاء داشت. البته در بین تیمارهای مختلف مورد بررسی، بیش‌ترین مقدار شاخص‌های نسبت برابری زمین، نسبت رقابت و ضریب تهاجم و کم‌ترین مقدار نسبت نور در قسمت تحتانی به فوقانی پوشش گیاهی در تیمار تلفیقی الگوی کشت مخلوط ۱:۱ سیر و اسفناج در شرایط اعمال ۲۰ تن در هکتار کود دامی حاصل شد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۱۷۲۳۵/۲ مورخ ۹۰/۸/۲۵ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1.Abraham, C.T. and Singh, P. 1984. Weed management in sorghum- legume intercropping systems. J. Agric. Sci. 103: 103-115.
2.Amoli, N. 2012 a. Investigation of intercropping cauliflower and spinach in north of Iran. Tech. J. Eng. Appl. Sci. 2: 6. 135-140.
3.Amoli, N. 2012b. Investigation on yield of lettuce and garlic intercropping in rice harvested land. Int. J. Agri. Crop Sci. 4: 9. 573-577.
4.Azim Khan, M., Kawsar, A., Zahid, H. and Riaz, A.A. 2012. Impact of maize-legume intercropping weeds and maize crop. Pak. J. Weed Sci. Res. 18: 127-136.
5.Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K. and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in additive series experiment: advantages and weed smothering. Eur. J. Agron. 24: 325-332.
6.Baumann, D.T., Bastiaans, L. and Kropff, M.J. 2001. Effects of intercropping on growth and reproductive capacity of late-

emerging *Senecio vulgaris* L., with spatial reference to competition for light. Ann. Bot. 87: 209-217.

7. Baumann, D.T., Bastiaans, L., Goudriaan, J., van Laar H.H. and Krop, M.J. 2002. Analyzing crop yield and plant quality in an intercropping system using an eco-physiological model for interplant competition. Agric. Sys. 73: 173-203.
8. Bijan, K.M., Sanjoy, S. and Tapan, K.J. 2000. Yield performance and complementarity of rice (*Oriza sativa*) with greengram (*Phaseolus radiatus*), blackgram (*Phaseolus mungo*) and pigeonpea (*Cajanus cajan*) under different rice-legume associations. Indian J. Agron. 45: 41-47.
9. Ghosh, P.K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K.K., Tripathi, A.K., Hati, K.M., Misra, A.K. and Acharya, C.L. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer- NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. I. Crop yields and system performance. Bioresour. Technol. 95: 77-83.
10. Lesoing, G.W. and Francis C.A. 1999. Strip intercropping effects on yield and yield components of corn, grain sorghum, and soybean. Agron. J. 91: 807-813.
11. Lithourgidis, A.C., Dordas, C.A., Damalas, C.A. and Vlachostergios. D.N. 2011. Annual intercrops: an alternative pathway sustainable agriculture. Aust. J. Crop Sci. 5: 398-410.
12. Maingi, J.M., Shisanya, C.A., Gitonga, N.M. and Hornetz, B. 2001. Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semi-arid south-east Kenya. Eur. J. Agron. 14: 1-12.
13. Miles, C., Cheeke, T. and Flores, T. 1999. From end to beginning, a manure resource, guide for farmers and gardeners in western Washington. King County Agriculture Commission. *http://agsyst.wsu.edu/manure*.
14. Ofosu-Budu, K.G., Noumura, K. and Fujita, K. 1995. N_2 fixation, N transfer and biomass production of soybean cv. Bragg or its supernodulating nts1007 and sorghum mixed-cropping at two rates of N fertilizer. Soil Biol. Biochem. 27: 311-317.
15. Patnam, D.H. and Allan, D.L. 1992. Mechanisms for over yielding sunflower/mustard intercrop. Agron. J. 84: 188-195.
16. Piri, I., Abrahimpour, F., Tavassoli, A., Amiri, E. and Rastegaripour. F. 2011. Effect of fertilizer in controlling weeds under intercropping of pearl millet and red bean in Sistan region, Iran. Afr. J. Biotechnol. 10: 7397-7403.
17. Reddy, M.S. and Willey, R.W. 1981. Growth and resource use studies in an intercrop of pearl millet/groundnut. Field Crops Res. 4: 13-24.
18. Shah, S.N., Shroff, J.C., Patel, R.H. and Usadadiya, V.P. 2011. Influence of intercropping and weed management practices on weed and yields of maize. Int. J. Sci. Nat. 2: 47-50.
19. Sieling, K., Stahl, C., Winkelmann, C. and Christen, O. 2005. Growth and yield of winter wheat in the first 3 years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. Eur. J. Agron. 22: 71-84.
20. Takim, F.O. 2012. Advantages of maize-cowpea intercropping over sole cropping through competition indices. J. Agric. Biodiversity Res. 1: 53-59.
21. Thorsted, M.D., Olesen, J.E. and Weiner, J. 2005. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crops Res. 95: 280-290.
22. Thwala, M.G. and Ossom, E.M. 2004. Legume-maize association influences crop characteristics and yields. New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia, 26 Sep-1 Oct.

23. Verma, K.P. and Warsi, A.S. 1997. Production potential of pigeonpea (*Cajanus cajan*) based intercropping systems under rainfed conditions. Ind. J. Agron. 42: 419-421.
24. Yildirim, E. and Guvenc, I. 2005. Intercropping based on cauliflower: more productive, profitable and highly sustainable. Eur. J. Agron. 22: 11-18.
25. Zhang, F. and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. Plant. Soil, 248: 305-312.
26. Zhang, L., van der Werf, W., Bastiaans, L., Zhang, S., Li, B. and Spiertz, J.H.J. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Res. 107: 29-42.