نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد نهم، شماره یکم، بهار ۹۵
۲۱۴-۱۹۹
http://ejcp.gau.ac.ir

تأثیر سطوح نیتروژن و نسبت‌های کشت مخلوط سری جایگزینی بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت جو و نخودفرنگی

*علی نخ‌زری مقدم[۱]، امید دهقان‌پور اینچه‌برون[۲] و علی راحمی‌کاریزکی[۱]

[۱]استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس،

[۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/٦/۱۲

چکیده

سابقه و هدف: کشت مخلوط یا کشت همزمان دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین توانایی افزایش قدرت تولیدی اکوسیستم را دارد. افزایش عملکرد غله و کاهش عملکرد لگوم در سیستم کشت مخلوط غله- لگوم گزارش شده است. چندین شاخص از جمله نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، نسبت رقابتی، شاخص غالبیت، کاهش واقعی عملکرد، سودمندی کشت مخلوط، عملکرد معادل و شاخص بهره‌وری سیستم برای تشریح رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرند. کشت مخلوط غلات و لگوها برای توسعه سیستم‌های پایدار تولید غذا مخصوصاً در سیستم‌های کشت با نهاده‌های خارجی محدود دارای اهمیت است. تعدادی از شاخص‌هایی که جهت تشریح رقابت و سودمندی اقتصادی سیستم کشت مخلوط استفاده می‌شوند عبارتند از نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی، کاهش واقعی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط. اهداف این مطالعه بررسی تأثیر کود نیتروژن و الگوی کاشت مخلوط بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی، کاهش واقعی عملکرد، سودمندی کشت مخلوط، عملکرد معادل و بهره‌وری سیستم بود.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر کود نیتروژن و الگوی کاشت مخلوط بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت جو و نخود فرنگی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به اجرا در آمد. عوامل مورد بررسی مشتمل بر نسبت کاشت در پنج سطح شامل کشت خالص جو، کشت مخلوط جایگزین ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نخودفرنگی

*مسئول مکاتبه: a_nakhzari@yahoo.com

به‌جای جو و کشت خالص نخود فرنگی و نیتروژن در چهار سطح شامل عدم مصرف و مصرف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. صفات مورد بررسی شامل عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط یعنی نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی، کاهش واقعی عملکرد، سودمندی کشت مخلوط، عملکرد معادل و بهره‌وری سیستم بود. کاشت در اوایل آذر ماه ۱۳۹۰ و برداشت در اوایل اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که کشت خالص جو بیشترین عملکرد خشک علوفه را با ۱۷/۱٦ تن در هکتار داشت. با کاهش نسبت جو در کشت مخلوط، عملکرد علوفه هم کاهش یافت به‌طوری که حداقل عملکرد علوفه در کشت مخلوط با ۹/٦۲ تن در هکتار از تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد جو و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌دست آمد. تیمار کشت خالص نخود فرنگی با ٦/۷۱ تن در هکتار حداقل عملکرد علوفه را در بین نسبت‌های کشت مخلوط تولید کرد. افزایش نیتروژن باعث افزایش عملکرد علوفه شد. نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط کم‌تر از یک بود که نشان‌دهنده نامطلوب بودن کشت مخلوط جو و نخود فرنگی از این نظر می‌باشد. ضریب نسبی تراکم، نسبت رقابتی و شاخص غالبیت جو در هر سه تیمار کشت مخلوط بیش‌تر از نخود فرنگی بود. شاخص بهره‌وری سیستم در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۲۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو بیش از دو تیمار دیگر بود. کشت مخلوط سودمندی اقتصادی نداشت.

نتیجه‌گیری: عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو در تیمارهای کشت خالص و مخلوط بیش از نخود فرنگی بود. مصرف نیتروژن عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو را افزایش نشان داد. نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی و سودمندی اقتصادی در جو بیش از نخود فرنگی بود. کاهش عملکرد واقعی در جو مثبت و در نخود فرنگی منفی بود. شاخص بهره‌وری سیستم در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو بیش از دو تیمار دیگر بود.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری سیستم، عملکرد معادل، غالبیت، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشت مخلوط غلات و لگوها برای توسعه سیستم‌های پایدار تولید غذا مخصوصا در سیستم‌های کشت با نهاده‌های خارجی محدود دارای اهمیت است (۱۰). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از این روش‌ها و نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیش‌تر از منابع، افزایش کمی و کیفی عملکرد و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز را دنبال می‌کند. کاهش وابستگی کشاورزان به آفت‌کش‌ها به‌شرط حفظ کیفیت محصول و بازار پسندی آن، یکی از اهداف اصلی کشت مخلوط در کشاورزی پایدار است (۱۲). عملکرد نخود زراعی در کشت مخلوط با کتان به‌دلیل رقابت بین اجزای مخلوط و غالب بودن گیاه کتان، کاهش یافت (۳). لامعی‌هروانی (۲۰۱۲) با ارزیابی فنی و اقتصادی کشت مخلوط خلر با جو و تریتیکاله در ایستگاه تحقیقاتی دیم خدابنده، کم‌ترین مقدار عملکرد ماده‌خشک را از تیمار کشت خالص لگوم (خلر) گزارش کردند. با افزایش سهم جو و تریتیکاله در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، مقادیر عملکرد ماده‌خشک افزایش یافت (۱۵). در بررسی اسدی و خرم‌دل (۲۰۱٤) حداکثر عملکرد بیولوژیک و دانه از تیمار کشت خالص جو (٤) و در بررسی روستایی و همکاران (۲۰۱۵) از تیمارهای کشت خالص سیاهدانه و شنبلیله به‌دست آمد (۱۹).

کمبود نیتروژن یکی از معمول‌ترین تنش‌های تغذیه‌ای است. مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت است. مقدار آن در مراحل اولیه کم و سپس با رشد گیاه افزایش می‌یابد به‌طوری که در زمان گل‌دهی تا میوه‌دهی به حداکثر خود می‌رسد (١٤). تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر وزن خشک علوفه ذرت توسط باسر کوچه‌باغ و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است (۸). در آزمایش کامپیلو و همکاران (۲۰۱۰) مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با مصرف مقادیر کم‌تر عملکرد علوفه جو را افزایش داد (۹).

شاخص‌هایی که جهت تشریح رقابت و سودمندی اقتصادی سیستم کشت مخلوط استفاده می‌شوند 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].

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)

نسبت برابری زمین بیش از یک نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی و کم‌تر از یک برتری کشت خالص است (۱۳). در بررسی نخزری مقدم (۲۰۱۳) در کشت مخلوط جو و خردل علوفه‌ای نسبت برابری زمین حداکثر یک بود (۱۸). اگر ضریب نسبی تراکم بیش از یک باشد کشت مخلوط سودمند و اگر کم‌تر باشد کشت خالص سودمند است (۱۱). در بررسی بانیک و همکاران (۲۰۰٦) ضریب نسبی تراکم گندم بیش‌تر از یک بود (۷). در بررسی وهلا و همکاران (۲۰۰۹) ضریب نسبی تراکم جو بیش از لگوم (عدس و ماش) بود (۲۰).

با استفاده از شاخص غالبیت رابطه رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط تعیین می‌شود (۲۱). اگر این ضریب برابر صفر باشد نشان می‌دهد که بین دو گونه رقابتی وجود ندارد. علامت‌های مثبت و منفی به‌ترتیب نشان‌دهنده غالب و مغلوب بودن گونه‌ها است (۱۷). در بررسی وهلا و همکاران (۲۰۰۹) جو در تمام تیمارهای کشت مخلوط با نخود فرنگی و عدس و سطوح مختلف کودی گیاه غالب و در کشت مخلوط با کلزا گیاه مغلوب بود (۲۰). نسبت رقابتی اندازه‌گیری بهتری از توانایی رقابتی گیاهان می‌دهد و شاخص مطلوب‌تری نسبت به ضریب نسبی تراکم و غالبیت است (۲۲). در بررسی اوال و همکاران (۲۰۰۷) جو رقیب قوی‌تری نسبت به بادام زمینی بود (۵). جو در کشت مخلوط با نخود فرنگی بالاترین توانایی رقابتی را در مقایسه با نخود فرنگی داشت (۷).

کاهش عملکرد واقعی، کاهش عملکرد یا سودمندی هر گیاه را در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص نشان می‌دهد (٦). علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش عملکرد واقعی و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌باشد. در بررسی عاصم و همکاران (۲۰۰۸) کشت مخلوط پنبه با بادام زمینی و سورگوم منجر به کاهش واقعی عملکرد پنبه و افزایش واقعی عملکرد بادام زمینی و سورگوم گردید. بیش‌ترین کاهش واقعی عملکرد پنبه در مخلوط با سورگوم به‌علت سایه‌اندازی زود هنگام آن در اوایل دوره رشد پنبه بود (۱). علامت مثبت شاخص سودمندی کشت مخلوط بیان‌گر سودمندی اقتصادی کشت مخلوط است و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش سودمندی اقتصادی می‌باشد. در بررسی ییلماز و همکاران (۲۰۰۸) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (۲۳) و در بررسی دهیما و همکاران (۲۰۰۷) در کشت مخلوط یولاف و جو با ماشک (۱۱) این شاخص در لگوم منفی و در غله مثبت بود.

جهت تعیین عملکرد معادل کشت مخلوط، عملکرد گیاه دوم در نسبت قیمت گیاه دوم به گیاه اول ضرب و با عملکرد گیاه اول (اصلی) جمع می‌گردد (۲). عملکرد معادل جو در کشت مخلوط دو

ردیف بادام‌زمینی و یک ردیف جو با ۲۰/٦ تن در هکتار نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط حداکثر بود (۵).

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 (۲). لامعی‌هروانی (۲۰۱۳) بیان کرد که کشت مخلوط ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای و ۲۵ درصد جو بیش‌ترین مقدار شاخص بهره‌وری سیستم برابر با ۲/۹۲ را داشت (١٦). با توجه به کمبود اطلاعات در خصوص کشت مخلوط جو و نخود فرنگی در منطقه گلستان، این مطالعه با هدف بررسی عملکرد علوفه در کشت خالص و مخلوط جو و نخود فرنگی و ارزیابی شاخص‌های نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی، کاهش واقعی عملکرد، سودمندی کشت مخلوط، عملکرد معادل و بهره‌وری سیستم کشت مخلوط در منطقه گنبد کاووس انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش پنج نمونه خاک برداشت و با هم مخلوط و سپس یک نمونه تهیه و خصوصیات آن در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد که نتیجه آن در جدول ۱ آوده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش.

Table 1. Physical and chemical properties of the studied soil.

بافت خاک Soil Texture	کربن آلی Organic carbon	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس K available	فسفر قابل دسترس P available	نیتروژن کل Total N
-	(درصد)	دسی‌زیمنس بر متر	-	(قسمت در میلیون)	(قسمت در میلیون)	(درصد)
-	(%)	dsm^{-1}	-	(ppm)	(ppm)	(%)
سیلتی لوم Silty Loam	0.84	1.2	8.23	445	22.4	0.08

نسبت‌های کشت مخلوط سری جایگزین در پنج سطح شامل کشت خالص جو (B)، کشت خالص نخود فرنگی (P)، کشت مخلوط جایگزین ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو و میزان نیتروژن در چهار سطح شامل عدم مصرف نیتروژن و مصرف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با منشأ اوره ٤٦ درصد بود. رقم صحرای جو که شش ردیفه و رقم غالب منطقه بود، از ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد و نخود فرنگی مورد استفاده با نام تجاری گرین‌آرو از شرکت پتوسید هلند که از نوع شمشیری و تولید ۲۰۱۲ بود، از گنبد تهیه شد.

عملیات کشت در اوایل آذر ماه ۱۳۹۰ با دست انجام شد. مقدار مصرف جو ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. هر تیمار در شش ردیف پنج متری با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. بذرهای نخود فرنگی به‌فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر و به‌عمق سه سانتی‌متر بر روی ردیف‌ها کاشته شدند. در زمان کاشت ۱۲۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل دارای ٤٦ درصد فسفر خالص مصرف شد. کود نیتروژن خالص با منشأ اوره ٤٦ درصد در سه مرحله، یک سوم هنگام کاشت و دو سوم بعدی در زمان ساقه‌رفتن و خوشه‌رفتن جو با توجه به‌میزان تعیین شده در تیمارها به‌صورت سرک مصرف شد. عملیات برداشت کل طرح در اوایل اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ پس از ۱٤۸ روز با حذف ردیف‌های حاشیه و نیم متر از دو طرف ردیف‌های وسط در مرحله پرشدن نخود فرنگی و در مرحله خمیری شدن دانه جو انجام شد.

برای تعیین شاخص‌های رقابت، نیم متر طول از هر ردیف به‌صورت تصادفی برداشت شد. برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت در داخل خشک‌کن الکتریکی قرار داده شدند. برای محاسبه عملکرد معادل، جو به‌عنوان گیاه اصلی و نخود فرنگی به‌عنوان گیاه همراه در نظر گرفته شد لذا، عملکرد معادل جو در تیمارها محاسبه شد. برای این کار قیمت علوفه جو بر اساس قیمت بازار ۱۰۰۰ ریال و قیمت علوفه نخود فرنگی ۱۲۰۰ ریال در زمان برداشت یعنی اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ در نظر گرفته شد.

برای ارزیابی رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط از معادلات زیر استفاده شد:

شاخص	معادله
۱- نسبت برابری زمین (۲۱)	$(Yab / Yaa) + (Yba / Ybb) = LER$
۲- ضریب نسبی تراکم (۷)	$K = Ka \times Kb$
برای گیاه a	$Ka = (Yab \times Zba) / (Yaa - Yab)(Zab)$
برای گیاه b	$Kb = (Yba \times Zab) / (Ybb - Yba)(Zba)$
۳- غالبیت برای گیاه a (۱۱)	$Aa = (Yab / Yaa \times Zab) - (Yba / Ybb \times Zba)$
غالبیت برای گیاه b	$Ab = (Yba / Ybb \times Zba) - (Yab / Yaa \times Zab)$
٤- نسبت رقابتی a (۱۱)	$CRa = (LERa / LERb) \times (Zba / Zab)$
نسبت رقابتی b	$CRb = (LERb / LERa)(Zab / Zba)$
۵- کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی (٦)	$AYL = AYLa + AYLb$
برای گیاه a	$AYLa = ((Yab / Zab) / (Yaa / Zaa)) - 1$
برای گیاه b	$AYLb = ((Yba / Zba) / (Ybb / Zbb)) - 1$
٦- سودمندی کشت مخلوط (٦)	$IA = IAa + IAb$
برای گیاه a	$IAa = AYLa \times Pa$
برای گیاه b	$IAb = AYLb \times Pb$
۷- عملکرد معادل گیاه b (۲)	$EYb = Yb + Yab \times (Pa / Pb)$
عملکرد معادل گیاه a	$EYa = Ya + Yba \times (Pb / Pa)$
۸- شاخص بهره‌وری سیستم (۲)	$SPI = (Yaa / Ybb) \times Yba + Yab$
Zab: نسبت گیاه a در کشت مخلوط	Yab: عملکرد گیاه a در کشت مخلوط
Zba: نسبت گیاه b در کشت مخلوط	Yaa: عملکرد گیاه a در کشت خالص
Zaa: نسبت گیاه a در کشت خالص	Yba: عملکرد گیاه b در کشت مخلوط
Zbb: نسبت گیاه b در کشت خالص	Ybb: عملکرد گیاه b در کشت خالص
Pa: قیمت محصول گیاه a	Pb: قیمت محصول گیاه b

تجزیهٔ آماری داده‌ها و مقایسهٔ میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1.3 انجام شد. برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوی کاشت و نیتروژن بر عملکرد علوفه خشک و عملکرد معادل جو در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اثر متقابل الگوی کاشت × نیتروژن در مورد این دو صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد علوفه خشک و عملکرد معادل جو تحت تأثیر کشت مخلوط نواری و مقادیر نیتروژن.

Table 2. Analysis variance (maen squares) of forage dry yield and equivalent yield of barley under planting pattern and nitrogen levels

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	عملکرد معادل جو Barley Equivalent Yield	عملکرد علوفه خشک Forage dry yield
Block	بلوک	2	1.98	1.668
Intercropping (I)	نسبت کشت مخلوط	4	182**	231. 3**
Nitrogen (N)	نیتروژن	3	82.84**	78.46**
I × N	نسبت کشت مخلوط × نیتروژن	12	1.795	2.183
Error	خطای آزمایش	38	1.481	1.378
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-	9.48	9.45

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون LSD

** Significant at 1% probability level based on LSD

مقایسه وزن خشک علوفه در تیمارهای الگوی کاشت نشان‌دهنده تولید زیاد در تیمار کشت خالص جو می‌باشد (جدول ۳). عملکرد علوفه این تیمار نسبت به تیمار کشت خالص نخود فرنگی که حداقل علوفه تولیدی را داشت ۱/۵٦ برابر بیش‌تر بود. با کاهش نسبت جو در تیمارهای کشت مخلوط، عملکرد علوفه هم کاهش یافت. در تیمارهای کشت مخلوط ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو، عملکرد علوفه به‌ترتیب ۵/۷، ۲۷/۹۱ و ٤۱/۸٤ درصد نسبت به تیمار کشت خالص جو کاهش یافت. این امر نشان‌دهنده تأثیر وجود جو در کشت مخلوط بر عملکرد علوفه می‌باشد. با توجه به تیپ رشدی نخودفرنگی که گیاهی رونده است و جو که گیاهی با رشد مستقیم است انتظار می‌رفت کشت مخلوط این دو گیاه سبب استفاده بهتر آن‌ها از منابع محیطی شود اما رشد زیاد جو و غلبه آن بر نخود فرنگی، عملکرد را کاهش داد. عملکرد

جو در تیمارهای کشت مخلوط بیش از حد انتظار بود اما کاهش زیاد عملکرد نخود فرنگی باعث کاهش عملکرد این تیمارها نسبت به تیمار کشت خالص جو شد. بالا بودن عملکرد گرامینه (جو) نسبت به لگوم (ماشک گل خوشه‌ای) در بررسی اسدی و خرم‌دل (۲۰۱٤) نیز مشاهده شد (٤). در بررسی آنان عملکرد کشت خالص از همه تیمارها بیش‌تر بود.

مقایسه میانگین وزن خشک علوفه با مصرف مقادیر مختلف کود نیتروژن نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار وزن خشک علوفه با افزایش مصرف نیتروژن می‌باشد (جدول ٤). این افزایش در تیمارهای مصرف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب ۳۳/۳۷، ۵۱/۷۷ و ۵۹/۵۷ درصد در مقایسه با شاهد بود. کاهش درصد افزایش تولید با افزایش مصرف نیتروژن را می‌توان به تأمین نیاز دو گیاه مربوط دانست. نیاز نخود فرنگی با توجه به این‌که از خانواده لگوم است و تثبیت کننده نیتروژن، کم می‌باشد و نیاز جو نیز اگرچه از خانواده غلات می‌باشد کم و در مجموع در مخلوط کاهش یافت. تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار مصرف ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن مشاهده نشد. تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن بر وزن خشک علوفه ذرت توسط باسر کوچه‌باغ و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی مقادیر صفر، ۳۰، ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به عدم مصرف کود گزارش شده است (۸).

جدول ۳- تأثیر الگوی کاشت بر عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو در کشت خالص و مخلوط.

Table 3. Effect of planting pattern on forage yield and barley equivalent yield in mono cultural and intercropping.

کشت مخلوط Intercropping		عملکرد علوفه (تن در هکتار) Forage Yield (Ton ha^{-1})			عملکرد معادل جو (تن در هکتار) Barley Equivalent Yield (Ton ha^{-1})		
		جو Barley	نخودفرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total
Barley	خالص‌جو	17.16	–	17.16^{a}	17.16	0	17.16^{a}
	$B_{75}P_{25}$	15.79	0.397	16.19^{b}	15.79	0.48	16.27^{a}
	$B_{50}P_{50}$	11.46	0.92	12.38^{c}	11.46	1.10	12.56^{b}
	$B_{25}P_{75}$	7.01	2.97	9.98^{d}	7.01	3.56	10.56^{c}
Pea	خالص نخودفرنگی	–	6.71	6.71^{e}	0	8.05	8.052^{d}
	$LSD_{5\%}$	–	–	0.97	-	۰	1.01

در ستون عملکرد کل، تیمارهایی که حروف مشترک دارند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

In total yield column, values followed by the same letter are not significantly different at $P \leq 0.05$.

$B_{75}P_{25}$، $B_{50}P_{50}$ و $B_{25}P_{75}$: به‌ترتیب کشت مخلوط جایگزین ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو.

$B_{75}P_{25}$, $B_{50}P_{50}$ and $B_{25}P_{75}$: 25, 50 and 75% pea instead of barley, respectively.

عملکرد معادل جو در تیمار کشت خالص جو و تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو حداکثر و در تیمار کشت خالص نخود فرنگی حداقل بود (جدول۳). عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دو تیمار کشت خالص جو و تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو به‌دلیل بالا بودن قیمت نخود فرنگی بود که اختلاف دو تیمار را کم کرد. عملکرد معادل جو در تیمارهای کشت مخلوط ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو نسبت به کشت خالص جو کاهش و نسبت به کشت خالص نخود فرنگی افزایش نشان داد. با وجودی که قیمت علوفه نخود فرنگی بیش از جو بود (۱/۲ برابر) اما پایین بودن عملکرد علوفه نخود فرنگی در تیمارهای کشت مخلوط ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو و تیمار کشت خالص نخود فرنگی باعث کاهش عملکرد معادل جو در این تیمارها شد. کاهش عملکرد جو در تیمارهای کشت مخلوط ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو به‌ترتیب ۵/۱۹، ۲٦/۸۱ و ۳۸/٤٦ درصد نسبت به تیمار کشت خالص جو بود.

بررسی عملکرد معادل جو در تیمارهای نیتروژن حاکی تأثیر مثبت نیتروژن بر این صفت می‌باشد به‌طوری‌که با افزایش مصرف نیتروژن، عملکرد معادل جو و نخود فرنگی افزایش نشان داد. این افزایش با مصرف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص به‌ترتیب ۳۳/۰۸، ۵۳/۹۷ و ۵۸/٤۹ درصد بود (جدول٤). افزایش عملکرد معادل جو نیز مانند افزایش عملکرد علوفه ناشی از افزایش عملکرد جو بود. افزایش مصرف نیتروژن تا ۷۵ کیلوگرم در هکتار عملکرد جو را ۵۸/٤۹ درصد افزایش داد در حالی که عملکرد نخود فرنگی ۱٤/۰٤ درصد افزایش یافت و بالا بودن قیمت نخود فرنگی هم نتوانست این اختلاف را کاهش دهد.

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو تحت تأثیر سطوح نیتروژن.

Table 4. Mean comparison for forage yield and equivalent yield of barley under nitrogen levels.

نیتروژن (کیلوگرم) Nitrogen (kg)	عملکرد علوفه (تن در هکتار) Forage Yield (Ton ha^{-1})			عملکرد معادل جو (تن در هکتار) Barley Equivalent Yield (Ton ha^{-1})		
	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total
0	8.21	1.14	9.35^{c}	8.21	1.37	9.58^{c}
25	11.09	1.38	12.47^{b}	11.09	1.66	12.75^{b}
50	12.77	1.42	14.19^{a}	12.77	1.70	14.47^{a}
75	13.62	1.3	14.92^{a}	13.62	1.56	15.18^{a}
$LSD_{5\%}$	-	-	0.87	-	0	0.9

در ستون عملکرد کل و عملکرد معادل جو تیمارهایی که حروف مشترک دارند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

In total yield and barley equivalent yield column, values followed by the same letter are not significantly different at $P\leq 0.05$.

نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط کم‌تر از یک بود که نشان‌دهنده نامطلوب بودن کشت مخلوط جو و نخود فرنگی می‌باشد (جدول ۵). نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد نخود فرنگی به‌جای جو کم‌تر از دو تیمار دیگر بود. در هر سه تیمار کشت مخلوط به‌دلیل سایه‌اندازی جو بر نخود فرنگی و در نتیجه تولید پایین نخود فرنگی، نسبت برابری زمین نخود فرنگی کم‌تر از حد انتظار و در جو بالاتر بود اما بالا بودن نسبت برابری زمین جو نتوانست کاهش نسبت برابری زمین نخود فرنگی را جبران کند و به این ترتیب نسبت برابری زمین در کشت مخلوط کم‌تر از یک بود. به‌عنوان مثال، نسبت برابری زمین جو در تیمار ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو ۰/۱۶ افزایش یافت اما نسبت برابری زمین نخود فرنگی ۰/۳۱ کاهش یافت که این امر باعث کاهش نسبت برابری زمین کل شد (۰/۸۵). بنابراین، کشت مخلوط نسبت بر کشت خالص برتری نداشت. کاهش نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط ناشی از تولید نسبتاً پایین نخود فرنگی به‌دلیل سایه اندازی جو بر آن و نامطلوب بودن شرایط برای رشد این گیاه بود. در بررسی نخزری مقدم (۲۰۱۳) نسبت برابری زمین در کشت مخلوط دو ردیف جو و یک ردیف خردل علوفه‌ای به‌دلیل غلبه خردل علوفه‌ای کم‌تر از یک بود (۱۸). در بررسی اسدی و خرم‌دل (۲۰۱٤) نیز جو نسبت برابری زمین جزئی جو در کشت مخلوط بیش از ماشک گل‌خوشه‌ای بود (٤).

جدول ۵- نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم و شاخص غالبیت در تیمارهای الگوی کاشت.

Table 5. land equivalent ratio (LER), relative crowding coefficient (K) and aggressivity (A) under planting pattern.

تیمار Treatment	نسبت برابری زمین Land Equivalent Ratio			ضریب نسبی تراکم Relative Crowding Coefficient			شاخص غالبیت Aggressivity	
	جو Barley	نخودفرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخودفرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخودفرنگی Pea
$B_{75}P_{25}$	0.92	0.06	0.98	3.84	0.19	0.73	0.99	-0.99
$B_{50}P_{50}$	0.67	0.14	0.81	2.01	0.16	0.32	1.06	-1.06
$B_{25}P_{75}$	0.41	0.44	0.85	2.07	0.26	0.54	1.04	-1.04

$B_{75}P_{25}$، $B_{50}P_{50}$ و $B_{25}P_{75}$: به‌ترتیب کشت مخلوط جایگزین ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو.

$B_{75}P_{25}$, $B_{50}P_{50}$ and $B_{25}P_{75}$: 25, 50 and 75% pea instead of barley, respectively.

تأثیر کشت مخلوط بر ضریب نسبی تراکم (جدول ۵) نشان می‌دهد که ضریب نسبی تراکم جو در تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود فرنگی، ۵۰ درصد جو و ۵۰ درصد نخود فرنگی و ۲۵ درصد جو و ۷۵ درصد نخود فرنگی بیش‌تر از نخود فرنگی بود. ضریب نسبی تراکم کل کم‌تر از یک بود که نشان‌دهنده عدم مزیت کشت مخلوط بر کشت خالص می‌باشد. با افزایش تعداد ردیف‌های

نخود فرنگی که منجر به کاهش غلبه جو شد و نسبت رقابتی نخود فرنگی را به نسبت دو تیمار دیگر افزایش داد اما باز هم نسبت رقابتی نخود فرنگی کم‌تر از جو بود. در بررسی وهلا و همکاران (۲۰۰۹) ضریب نسبی تراکم در جو بیش از عدس و ماش بود. دلیل این امر بهره‌مندی بیش‌تر جو از منابع نسبت به عدس و ماش عنوان شد (۲۰).

نتایج حاصل از محاسبه شاخص چیرگی (غالبیت) جو نشان می‌دهد که گیاه جو غالب بوده و گیاه نخود فرنگی مغلوب شده است در نتیجه، علامت چیرگی جو مثبت شده است (جدول ۵). رشد اولیه سریع جو نسبت به نخود فرنگی و حداکثر استفاده از منابع رشدی توسط جو باعث غالبیت آن نسبت به نخود فرنگی گردید. افزایش نسبت نخود فرنگی در کشت مخلوط باعث استفاده بهتر نخود فرنگی از منابع رشدی شد لذا، غالبیت جو کاهش آن نسبت به گردید. در بررسی بانیک و همکاران (۲۰۰٦) جو گیاه غالب و نخود فرنگی گیاه مغلوب بود (۷). وهلا و همکاران (۲۰۰۹) هم غالبیت جو را در تیمارهای کشت مخلوط با نخود فرنگی و عدس گزارش کرده‌اند (۲۰).

بررسی نسبت رقابتی جو و نخود فرنگی، بیانگر توانایی رقابتی بیش‌تر جو نسبت به نخود فرنگی می‌باشد. این نسبت در تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود فرنگی و ۵۰ درصد جو و ۵۰ درصد نخود فرنگی بیش‌تر از ۲۵ درصد جو و ۷۵ درصد نخود فرنگی بود (جدول ٦). بانیک و همکاران (۲۰۰٦) نیز در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که جو توانایی رقابت بالاتری نسبت به نخود فرنگی در کشت مخلوط دارد (۷). در بررسی اوال و همکاران (۲۰۰۷) جو رقیب قوی‌تری نسبت به بادام زمینی برای استفاده از منابع در کشت مخلوط بود (۵).

جدول ٦- نسبت رقابتی، کاهش عملکرد واقعی، سودمندی کشت مخلوط و بهره‌وری سیستم در تیمارهای الگوهای کاشت.

Table 6. Competitive ratio (CR), actual yield loss (AYL), intercropping advantage (IA) and system productivity index (SPI) under planting pattern.

تیمار Treatment	نسبت رقابتی (CR)		کاهش عملکرد واقعی (AYL)			سودمندی کشت مخلوط (IA)			بهره‌وری سیستم (SPI)
	جو Barley	نخودفرنگی Pea	جو Barley	نخودفرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخودفرنگی Pea	کل Total	
$B_{75}P_{25}$	5.11	0.2	0.23	-0.76	-0.53	230	-836	-601	16.81
$B_{50}P_{50}$	4.79	0.21	0.34	-0.73	-0.39	340	-803	-463	13.81
$B_{25}P_{75}$	2.8	0.36	0.63	-0.41	0.22	630	-451	179	12.54

$B_{75}P_{25}$، $B_{50}P_{50}$ و $B_{25}P_{75}$: به‌ترتیب کشت مخلوط جایگزین ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو.

$B_{75}P_{25}$, $B_{50}P_{50}$ and $B_{25}P_{75}$: 25, 50 and 75% pea instead of barley, respectively.

در تیمارهای کشت مخلوط، کاهش عملکرد واقعی در جو مثبت و در نخود فرنگی منفی بود (جدول ٦). این امر نشان می‌دهد که جو عملکرد بیشتری در فضای اشغال شده نسبت به کشت خالص داشت، در حالی‌که نخود فرنگی کاهش عملکرد در فضای اشغال شده نسبت به کشت خالص داشته است. بررسی شاخص غالبت نیز موید این مسئله است. غلبه جو بر نخود فرنگی باعث کاهش عملکرد نخود فرنگی شد به‌طوری که عملکرد آن در حد انتظار کم‌تر بود. با افزایش نسبت نخود فرنگی، این شاخص در هر دو گیاه بهتر شد. بیش‌ترین کاهش عملکرد واقعی کل مربوط به تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود فرنگی بود که ناشی از اثرات منفی رقابت بین گونه‌ای بود. در این تیمار، عملکرد نخود فرنگی به‌علت رقابت بالای جو و اشغال بیش‌تر فضا که رشد بیش‌تر آن و رشد کم‌تر نخود فرنگی را باعث شد، بسیار کم بود و این شاخص را در نخود فرنگی کاهش داد. لامعی‌هروانی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی کشت مخلوط خلر با جو و تریتیکاله اعلام کردند که در کلیه تیمارهای کشت مخلوط مقادیر کاهش واقعی عملکرد 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 از تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد جو و ۷۵ درصد خلر به مقدار ۰/۱۷۱- به‌دست آمد (۱۵). عاصم و همکاران (۲۰۰۸) کاهش واقعی عملکرد پنبه و افزایش واقعی عملکرد سورگوم را در کشت مخلوط سایه‌اندازی زود هنگام سورگوم در اوایل دوره رشد پنبه ذکر کردند (۱).

با بررسی شاخص سودمندی کشت مخلوط مشاهده گردید که کشت مخلوط جو و نخود فرنگی باعث افزایش سودمندی اقتصادی گیاه جو و کاهش سودمندی گیاه نخود فرنگی گردید (جدول٦). بیش‌ترین سودمندی اقتصادی مربوط به گیاه جو در تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود فرنگی و کم‌ترین سودمندی اقتصادی مربوط به گیاه نخود فرنگی در تیمار کشت مخلوط ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود فرنگی بود. بنابراین، کشت مخلوط جو و نخود فرنگی سودمندی اقتصادی نداشت. در بررسی عاصم و همکاران (۲۰۰۸) کشت مخلوط پنبه با سورگوم و بادام‌زمینی به دلیل سایه‌اندازی سورگوم روی پنبه و در نتیجه منفی بودن این شاخص در پنبه، سودمندی اقتصادی نداشت (۱). در بررسی ییلماز و همکاران (۲۰۰۸) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا (۲۳) و دهیما و همکاران (۲۰۰۷) در کشت مخلوط یولاف و جو با ماشک این شاخص در لگوم منفی و در غله مثبت بود (۱۱).

شاخص بهره‌وری سیستم در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود فرنگی بیش از دو تیمار دیگر بود (جدول ٦). این امر بیان‌گر سودمندی بیش‌تر کشت مخلوط جایگزین ۷۵ درصد جو و ۲۵ درصد نخود فرنگی است. لامعی‌هروانی (۲۰۱۳) در بررسی عملکرد و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای یک‌ساله با جو اعلام کرد که بیش‌ترین مقدار شاخص بهره‌وری سیستم با ۲/۹۲ متعلق به تیمار کشت مخلوط جایگزین ۷۵ درصد نخود علوفه‌ای و ۲۵ درصد جو بود (١٦).

نتیجه‌گیری کلی

گیاه جو به‌دلیل رشد مستقیم نسبت به نخود فرنگی که رشد رونده داشت قدرت تولیدی بیش‌تری داشت. این امر باعث شد که از نظر عملکرد معادل نیز جو برتر باشد. مصرف نیتروژن عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو را افزایش نشان داد. کاهش بسیار زیاد عملکرد نخود فرنگی در تیمارهای کشت مخلوط باعث شد با وجود این‌که عملکرد جو در این تیمارها زیاد بود اما نسبت برابری زمین کم‌تر از یک شود و به این ترتیب کشت مخلوط مناسب نباشد. غلبه جو بر نخود فرنگی بر شاخص‌های دیگر نیز تأثیر گذاشت به‌طوری که ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی و سودمندی اقتصادی در جو بیش از نخود فرنگی بود. کاهش عملکرد واقعی نیز در جو مثبت و در نخود فرنگی منفی بود. شاخص بهره‌وری سیستم در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد نخود فرنگی به‌جای جو بیش از دو تیمار دیگر بود. از نظر سودمندی اقتصادی نیز کشت مخلوط جو و نخود فرنگی مطلوب نبود.

منابع

1.Aasim, M., Umer, E.M., and Karim, A. 2008. Yield and competition indices of intercropping cotton (*Gossypium hirsutum* L.) using different planting patterns. Tarim Bilim. Derg., 14(4): 326-333.
2.Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ettiopian highlands. Eur. J. Agron., 25: 202-207.
3.Ahlawat I.P.S., and Gangaiah, B. 2010. Effect of land configuration and irrigation on sole and linseed *(Linum usitatissimum)* intercropped chickpea (*Cicer arietinum*). Indian J. Agri. Sci., 80: 3.250–253.
4.Asadi, Gh.A., and Khorramdel, S. 2014. Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. EJCP. 7: 131-156.

5.Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A. 2007. Interspecies competition growth and yield in barley peanut intercropping. Asian J. Plant Sci., 6: 577-584.
6.Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row replacement series systems. J. Agron. Crop Sci., 185: 9-14.
7.Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Barley and pea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. Eur. J. Agron., 24: 325-332.
8.Baser Kouchebagh, S., Mirshekari, B., and farahvash, F. 2012. Improvement of corn yield by seed biofertilization and urea application. World Appl. Sci. J., 16: 1239-1242.
9.Campillo, R., Jobet, C., and Undurraga, P. 2010. Effect of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpa-INIA in andisols of southern chile. Chil. J. Agr. Res., 70: 1.122-131.
10.Dapaah, H.K., Asafu-Agyei, J.N., Ennin, S.A., and Yamoah, C.Y. 2003. Yield stability of cassava, maize, soybean and cowpea intercrops. J. Agri. Sci., 140: 73–82.
11.Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., and Vasilakoglou, I.B. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding rasio. Field Crop. Res., 100: 249-256.
12.Fernandez Aparicio, M., Sillero, J.C., and Rubials, D. 2007. Inter cropphing with cereals reduces infection be orobanche crenata in legumes. Crop Pro., 26: 1166-1172.
13.Javanshir, A., Da bbagh, A., Hamidi, A., and Gholypour, M. 2000. The Ecology of Intercropping. Mashhad University Press. 222p. (Translated In Persian)
14.Koocheki, A., and Soltani, A. 1998. Agriculture in dry lands, Principles and practices. Agricultural Education Publish. 942p. (In Persian)
15.Lamei Harvani J. 2012. Technical and economical evaluation of mixed cropping lathyrus with barley and triticale under dryland conditions in Zanjan province. JCPP., 2: 93-103. (In Persian)
16.Lamei Hervani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yeilds, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops with barley in rainfed comditions of Zanjan province in Iran. SPPJ., 29: 169-183. (In Persian)
17.Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Press. 262p. (In Persian)
18.Nakhzari Moghaddam, A. 2013. The yield and forage quality of intercropping barley and mustard in different planting dates. EJCP. 5: 173-189. (In Persian)
19.Rostaei, M., Fallah, S., and Abbasi Sorki, A. 2015. Effect of fertilizer sources on growth, yield and yield components of fenugreek intercropped with black cumin. EJCP., 7(4): 197-222. (In Persian)

20.Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah Ahmad, A., and Jabbar, A. 2009. Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. Int. J. Agric. Biol., 11: 69-72.
21.Willey, R.M. 1979. Intercropping its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crop Abst, 32: 1-10.
22.Willey, R.W., and Rao, M.R. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Exp. Agr., 16: 117-125.
23.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. Turk. J. Agric. For., 32: 111-119.