

بررسی سودمندی و کیفیت محصول تولیدی در کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تأثیر نیتروژن

رحمن داویدیان^۱، جواد حمزه ئی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۱۹

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

*مسئول مکاتبه: j.hamzei@basu.ac.ir

چکیده

از کشت مخلوط به عنوان ابزاری سودمند جهت ارتقاء بهره‌برداری از منابع زیست‌محیطی موجود، در مقایسه با بوم نظام‌های زراعی کشت خالص یاد شده است. از این رو، پژوهشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا شد. فاکتورها شامل الگوی کشت خالص کلزا و کشت مخلوط با نخود و چهار سطح نیتروژن شامل صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بودند. نخود نیز در دو حالت عدم مصرف نیتروژن و با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت خالص کشت شد. نتایج نشان داد که اثر نیتروژن و الگوی کشت بر صفات کلزا معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود. بیشترین مقادیر اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، شاخص کلروفیل، فتوسنتز، عملکرد دانه (۳۰۴ گرم در مترمربع) و عملکرد روغن کلزا (۱۲۹ گرم در مترمربع) با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدون تفاوت معنی‌دار با سطح کودی ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. کشت خالص کلزا نیز از نظر تمامی صفات مورد بررسی به استثنای شاخص کلروفیل برگ در بالاترین سطح قرار گرفت. همچنین، کشت خالص نخود با دریافت ۴۰ کیلوگرم نیتروژن بدون تفاوت معنی‌دار با عدم مصرف نیتروژن، بیشترین عملکرد دانه و پروتئین (به ترتیب ۱۹۲ و ۷۱ گرم در مترمربع) را داشت. کشت مخلوط عملکرد دانه کلزا و نخود را کاهش داد ولی شاخص‌های مختلف، سودمندی کشت مخلوط نسبت به خالص را تأیید کردند. در تمام کشت‌های مخلوط، نسبت برابری زمین بالاتر از یک بود. همچنین، عملکرد معادل کلزا در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. کشت مخلوط کلزا - نخود با مصرف ۸۰-۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین کارایی استفاده از زمین و سودمندی را داشت.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، روغن کلزا، سودمندی کشت مخلوط، کیفیت، نسبت برابری زمین

Evaluation of Advantage and Yield Quality in Rapeseed (*Brassica napus* L.) and Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Intercropping under Nitrogen Fertilizer

Rahman Davoodian¹, Javad Hamzei^{2*}

Received: November 10, 2019 Accepted: January 26, 2019

1- Former MSc Student, Dept. of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

*Corresponding Author Email: j.hamzei@basu.ac.ir

Abstract

Intercropping has been mentioned as a useful tool for improving the utilization of existing environmental resources in comparison with sole cropping systems. Hence, this research was conducted as a factorial based on randomized complete block design with three replications at the Faculty of Agriculture, University of Tehran during 2015 cropping year. The treatments included cropping patterns (rapeseed sole crop and intercropping of rapeseed with chickpea) and nitrogen rates in four levels (0, 40, 80 and 120 kg nitrogen.ha⁻¹). Chickpea was cropped as sole crop without nitrogen consumption and with consumption of 40 kg N.ha⁻¹. Traits of yield and yield components, leaf chlorophyll index, photosynthesis rate for chickpea and rapeseed, as well as rapeseed equivalent yield (REY) and intercropping indices were measured and evaluated. The effect of nitrogen and planting pattern on rapeseed traits were significant, but nitrogen×planting pattern interaction was not significant for rapeseed traits. Between N rates treatments, the maximum values for yield components, biological yield, chlorophyll index, photosynthesis rate, grain yield (304 g.m⁻²) and oil yield (129 g.m⁻²) were obtained with 120 kg nitrogen.ha⁻¹. However, 120 and 80 kg N treatments were not significantly different for rapeseed traits. Also, rapeseed sole cropping had the highest values of above mentioned traits except for chlorophyll index. Chickpea sole cropping with consumption of 40 kg N without significant difference with non-nitrogen application had the highest seed and protein yields (192 and 71 g.m⁻², respectively). Rapeseed and chickpea yields decreased in intercropping systems, but different indices showed more usefulness of intercropping compared to sole cropping. In all intercropping treatments, LER was >1. Also, REY was higher in intercropping than sole cropping. Rapeseed-chickpea intercropping with consumption of 80-120 kg N.ha⁻¹ had the highest LER and it was useful.

Keywords: Intercropping Advantage, Land Equivalent Ratio, Protein, Quality, Rapeseed Oil

و هیدروژن بیش از سایر عناصر غذایی است (اسماعیلی و پات هاردون ۲۰۰۶). غلظت بهینه نیتروژن بین ۲ تا ۵ درصد وزن خشک گیاه است که بسته به نوع گیاه و

مقدمه

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در تولید گیاهان زراعی است که مقدار آن در گیاهان بعد از کربن

و برداشت و نحوه رشد متفاوت هستند، اطلاق می‌شود. این نوع کشت در مناطقی که با محدودیت نهاده‌ها مانند زمین، آب و یا عناصر غذایی مواجه هستند، روشی کاربردی است (قوش و همکاران ۲۰۰۹). در کشت مخلوط، سیستم‌های مختلف ریشه و برگ قادر به دریافت مواد مغذی بیشتر به‌طور مؤثرتری نسبت به زمانی که ریشه و برگ تنها یک گونه وجود دارد، می‌باشند (به نیک و همکاران ۲۰۰۶). در مطالعه‌ای، افزایش جذب میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم در کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم‌بلبلی در مقایسه با کشت خالص ذرت گزارش شده است (ده‌مرده و همکاران ۲۰۱۰). کشت مخلوط جو و یولاف با لگوم‌ها، راهی مناسب برای کاهش مصرف نیتروژن و بهبود فراهمی آن و نیز افزایش عملکرد کل گزارش شده است (اسکالیس و همکاران ۲۰۱۵؛ گرونل و همکاران ۲۰۱۵). نظام‌های چندکشتی در مقایسه با کشت خالص می‌توانند کارایی جذب و مصرف منابع را بهبود بخشند و از آنجا که بهره‌وری حاصل‌ضرب منابع جذب شده توسط گیاهان زراعی و کارایی مصرف منابع برای تولید ماده خشک است، بنابراین بهره‌وری نیز به دنبال آن افزایش می‌یابد (کامپیگلیا و همکاران ۲۰۱۴). کشت مخلوط گیاهان می‌تواند کارایی استفاده از منابع و زمین را در مقایسه با کشت خالص افزایش داده و منجر به بهبود عملکرد کل شود (سینک راجش و همکاران ۲۰۱۰). به‌طوری‌که، گزارش شده است فتوسنتز ذرت در کشت مخلوط با لوبیا افزایش می‌یابد. هر چند بین ذرت و لوبیا برای دریافت نور و نیتروژن رقابت وجود داشته، ولی افزایش عملکرد ذرت را به دسترسی بیشتر آن به نیتروژن از طریق لگوم همراه، افزایش محتوای کلروفیل برگ و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی ذرت گزارش کرده‌اند (گرن و همکاران ۲۰۰۸). در آزمایشی دیگر، علت افزایش جذب دی‌اکسید کربن توسط کرچک در کشت مخلوط را به کاهش رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای و بهبود کارایی فتوسنتزی نسبت داده‌اند (دوترا و همکاران ۲۰۱۷). کارایی مصرف

مرحله رشد متفاوت است. این عنصر در گیاه در ساختار پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و کوآنزیم‌ها شرکت داشته و نقش عمده‌ای را در فتوسنتز عهده‌دار است (هایکینز ۲۰۰۴). تحقیقات نشان می‌دهند با به کارگیری مدیریت مناسب زراعی نظیر مصرف کود نیتروژن می‌توان عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی را افزایش داد (مرادی و همکاران ۲۰۱۲). مهم‌ترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنه است. اما استفاده از کودهای نیتروژنه برای افزایش تولید محصول و افزایش کارایی نیتروژن، از مهم‌ترین مباحث روز می‌باشد (هایکینز ۲۰۰۴). افزایش جمعیت دنیا باعث افزایش تقاضای مواد غذایی شده و از طرف دیگر ورود بیش از حد نیتروژن به آب یکی از مشکلات زیست محیطی به شمار می‌آید. لذا با به کارگیری روش‌های جدید مدیریتی و نیز استفاده از فناوری جدید در استفاده کمتر از نیتروژن، می‌توان علاوه بر افزایش کمی و کیفی تولیدات کشاورزی، سبب ارتقای سطح سلامت جامعه نیز شد که در این بین، انتخاب نوع، مقدار و زمان مصرف صحیح کود می‌تواند در افزایش کارایی بسیار مؤثر باشد.

در سال‌های اخیر با روشن‌تر شدن مشکلات کشاورزی کشت خالص از جمله آلودگی آب‌ها، خاک و همچنین کاهش توان تولید زمین‌های زراعی، توجه محققین بیش از پیش به حفظ ثبات و باروری نظام‌های تولید کشاورزی معطوف شده است (هاگاردنیلسون و همکاران ۲۰۱۱؛ دو و همکاران ۲۰۱۸). یکی از راهکارهای افزایش ثبات، ایجاد تنوع از طریق به کارگیری نظام‌های چندکشتی است. کشت مخلوط به رشد دو یا چند محصول به‌طور همزمان در یک قطعه زمین گفته می‌شود (بنیک و همکاران ۲۰۰۶). کشت مخلوط در بسیاری از نقاط جهان در جهت تولید محصولات غذایی اجرا می‌شود. کشت مخلوط به روشی از کشت که بر مبنای استفاده حداکثر از پتانسیل محیطی، از طریق کشت توأم یا متوالی دو یا چند گیاه زراعی که از لحاظ زمان کاشت

هکتار و مقدار تولید نخود و کلزا را به ترتیب ۲۷۸ و ۱۸۱ هزار تن گزارش کرده است. بنابراین، با توجه به اهمیت کلزا و نخود و ضرورت توجه به تحقیقات بهزرایی در زمینه بهبود عملکرد کمی و کیفی آن‌ها در نقاط مختلف کشور، آزمایش حاضر با هدف ارزیابی فتوسنتز، شاخص‌های کشت مخلوط، عملکرد معادل و کیفیت محصول در کشت خالص و مخلوط تحت کود شیمیایی نیتروژنه طراحی و اجرا شد. همچنین، تعیین بهره‌وری سیستم و سودمندی مالی کشت مخلوط کلزا با نخود، از دیگر اهداف پژوهش بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در دولت‌آباد کرج در سال زراعی ۱۳۹۴ اجرا گردید. طول جغرافیایی منطقه ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریای محل آزمایش ۱۳۱۲ متر است. به‌طور کلی، خاک منطقه جزء خاک‌های رسوبی با اسیدیته قلیائی است. منطقه کرج از نظر تقسیم‌بندی آب و هوایی جزء مناطق نیمه‌خشک و نیمه سرد است. میانگین بارندگی سالانه منطقه طبق آمار هواشناسی ۲۵۶ میلی-متر است. بافت خاک محل آزمایش از نوع لوم رسی با پی اچ ۷/۷۸ بود. سایر خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین، نحوه توزیع بارندگی و برخی ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش در جدول ۲ آورده شده است.

نیتروژن از عوامل مهم در بررسی توزیع کودهای نیتروژنه در سیستم‌های مختلف کشاورزی است که به‌خصوص در حفظ محیط زیست اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. از این رو، در کشت‌های مخلوط گیاهان مختلف (به‌ویژه در کشت مخلوط غیرلگوم با لگوم)، افزایش تراکم و عملکرد در واحد سطح نقش مثبتی در بهبود کارایی سیستم تولیدی خواهد داشت. در بیشتر مواقع یکی از گیاهان وارد شده در کشت مخلوط گیاهی از خانواده بقولات است. دلیل عمده این مطلب را می‌توان در تثبیت نیتروژن توسط اعضای این خانواده و افزایش حاصلخیزی خاک دانست. همچنین، این امر باعث بهبود کیفیت محصول غیرلگوم در کشت مخلوط خواهد شد (هاگارد-نیلسون و همکاران ۲۰۱۱؛ کامپلیگیا و همکاران ۲۰۱۴؛ گرونل و همکاران ۲۰۱۵).

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از سه لگوم مهم در آسیای غربی و آفریقای شمالی است. نخود گیاهی یکساله و به‌عنوان محصول سازگار به مناطق نیمه‌خشک در گستره وسیعی از شرایط محیطی مناطق گرمسیری تا سردسیری قابل کشت و کار است (مجنون حسینی ۲۰۰۸). از طرفی، توسعه زراعت کلزا (*Brassica napus* L.) نقطه امید برای تأمین قسمت عمده‌ای از روغن مورد نیاز کشور است. این گیاه از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که با دارا بودن بیش از ۴۰ درصد روغن در دانه و حدود ۴۰ درصد پروتئین در کنجاله نقش مهمی در تغذیه انسان و دام و طیور دارد (فتاحی و همکاران ۲۰۱۳). وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۷، سطح زیر کشت نخود و کلزا در ایران را به ترتیب ۵۰۲ و ۱۰۲ هزار

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	بافت خاک	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	نیتروژن کل (%)	pH	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (%)
۲۹	۴۳	۲۸	لوم رسی	۳/۶	۳۴۵	۰/۰۷	۷/۷۸	۰/۴۹	۰/۷۹

جدول ۲- خصوصیات آب و هوایی محل آزمایش در طول فصل رشد

تیر ۹۴	خرداد ۹۴	اردیبهشت ۹۴	فروردین ۹۴	
۱۷/۰	۹/۱	۷/۷	۴/۳	دمای کمینه (°C)
۳۹/۷	۳۳/۹	۲۵/۲	۱۸/۲	دمای بیشینه (°C)
.	۳/۹	۶۲/۷	۵۰/۵	بارندگی کل (mm)

نهایت داده‌های سرعت فتوسنتز براساس میکرومول دی‌اکسید کربن در مترمربع در ثانیه با استفاده از دستگاه فتوسنتز متر ایرگا با میانگین‌گیری از سه قرائت گزارش گردید. با توجه به رسیدگی همزمان دو محصول، عملیات برداشت نهایی نخود و کلزا در ۱۵ تیرماه ۹۴ انجام گرفت. بدین‌صورت که بعد از حذف ردیف‌های کاشت کناری و نیم متر از بالا و پایین هر کرت (به‌عنوان اثر حاشیه‌ای)، به‌طور جداگانه برای تعیین عملکرد نهایی دانه و عملکرد بیولوژیک هر دو گونه گیاهی، دو مترمربع از هر کرت برداشت شد. صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد خورجین در بوته کلزا، تعداد دانه در خورجین کلزا، تعداد دانه در بوته نخود، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک برای هر دو گونه (نخود و کلزا) اندازه‌گیری شد.

برای ارزیابی زراعت مخلوط و مقایسه آن با زراعت تک‌کشتی، از شاخص‌های نسبت برابری زمین، عملکرد معادل، شاخص سودمندی مالی و شاخص بهره‌وری سیستم استفاده شد (بنیک و همکاران ۲۰۰۶؛ آجینهو و همکاران ۲۰۰۶). نسبت برابری زمین (LER) بر اساس سطح زمین زیر کاشت محاسبه می‌گردد و به‌وسیله آن مشخص می‌شود که برای به‌دست آوردن مقدار محصولی که از یک هکتار کشت مخلوط عاید می‌شود چه مقدار از زمین به‌صورت زراعت تک‌کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت شود. این شاخص با استفاده از فرمول (۱) محاسبه شد. چنانچه $LER=1+X$ باشد، مقدار X (در واحد سطح) زمین اضافه در تک‌کشتی مورد نیاز است تا بتوان همان مقدار محصولی که در واحد سطح از کشت مخلوط به‌دست آمده است را

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل الگوی کشت در دو سطح (کشت خالص کلزا و کشت مخلوط با نخود) و مقادیر نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) بودند. نخود نیز در دو حالت عدم مصرف نیتروژن و با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت خالص کشت شد. تراکم نخود و کلزا در کشت خالص به‌ترتیب ۳۰ و ۶۰ بوته در مترمربع بود. در کشت مخلوط نیز نخود با همان تراکم (۳۰ بوته در مترمربع) در بین ردیف‌های کلزا کشت شد (شکل ۱). در واقع، در کشت مخلوط، ۳۰ بوته نخود در مترمربع به مزرعه کلزا اضافه شد و مجموع بوته در واحد سطح در کشت مخلوط ۹۰ بوته در مترمربع شد. قابل ذکر است که داده‌های مربوط به نخود به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی آنالیز شدند. در این آزمایش از رقم هاشم نخود و رقم هایولا ۴۰۱ کلزا استفاده شد که به‌ترتیب از مرکز جهاد کشاورزی همدان و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. عملیات خاک‌ورزی شامل شخم، دیسک و تسطیح قبل از کاشت انجام گرفت. عملیات کاشت نخود و کلزا به‌طور همزمان و در ۲۷ اسفند سال ۱۳۹۳ با دست انجام گرفت. در هر کرت آزمایش ۶ خط کاشت به طول ۳ متر با فاصله ردیف ۴۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مصرف نیتروژن برای کشت خالص کلزا و کشت مخلوط در سه مرحله همراه با اولین آبیاری پس از کاشت، ساقه روی و اوایل گلدهی کلزا صورت گرفت.

سرعت فتوسنتز در زمان گلدهی کلزا و در محدوده ساعت ۱۱ صبح تا یک بعدازظهر اندازه‌گیری شد و در

استفاده از دستگاه کج‌دال (Kjeltec™ 2300 Analyzer) (Unit, Foss Tecator Company) اندازه‌گیری شد. سپس درصد پروتئین نیز از حاصل‌ضرب میزان نیتروژن در ضریب ۶/۲۵ به دست آمد. همچنین، روغن موجود در دانه‌های کلزا از طریق روش سوکسله استخراج شد (پریچارد و همکاران ۲۰۰۰). برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از کلروفیل سنج SPAD-502 استفاده گردید. اندازه‌گیری از سه قسمت مختلف انتهایی، وسطی و پایینی برگ‌های بالغ هر دو گونه به صورت مجزا صورت گرفت. سپس از میانگین اندازه‌گیری از سه قسمت مختلف، میزان کلروفیل برای هر سه گونه به طور جداگانه یادداشت شد. تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.1 صورت گرفت.

$$LER=(Y_{AA}/Y_{AB})+(Y_{BB}/Y_{BA})$$

رابطه ۱

$$SPI=(Y_{AA}/Y_{BB})\times Y_{BA}+Y_{AB}$$

رابطه ۲

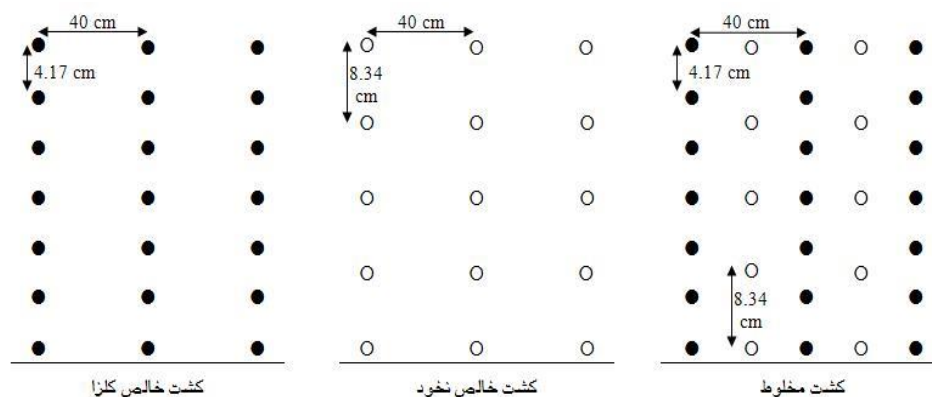
$$MAI=(Y_{AB}\times P_R)(Y_{BA}\times P_C)*((LER-1)/LER)$$

رابطه ۳

$$REY=Y_R+((Y_C\times P_C)/P_R)$$

رابطه ۴

برداشت نمود. جهت محاسبه LER مربوط به نخود از کشت خالص نخود با دریافت ۴۰ کیلو نیتروژن استفاده شد. در واقع، چون در زراعت لگوم‌ها از نیتروژن استراتر استفاده می‌شود، در این طرح نیز کشت خالص نخود با دریافت ۴۰ کیلو نیتروژن به عنوان شاهد جهت محاسبه LER مربوط به نخود (سهم نخود از LER کل) استفاده شد. برای کلزا نیز جهت محاسبه LER مربوط به کلزا از کشت خالص کلزا با دریافت ۱۲۰ کیلو نیتروژن (تیمار شاهد در این مورد) استفاده شد. شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) نیز با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (۵). جهت تعیین شاخص سودمندی مالی از رابطه (۳) استفاده شد. در این معادلات، Y_{AA} و Y_{BB} : به ترتیب محصول کلزا و نخود در کشت خالص، Y_{AB} و Y_{BA} : به ترتیب ترتیب محصول کلزا و نخود در کشت مخلوط، P_C و P_R : به ترتیب قیمت کلزا (هر کیلو ۱۲۰۰ تومان) و نخود (هر کیلو ۳۰۰۰ تومان) در سال آزمایش است. همچنین، عملکرد گیاه نخود (Y_C) به عنوان گیاه همراه به عملکرد کلزا (Y_R) تبدیل و عملکرد معادل کلزا (REY) بر اساس فرمول (۴) محاسبه و ارزیابی شد. میزان نیتروژن دانه با



شکل ۱- دیاگرام نحوه کشت خالص و مخلوط کلزا و نخود

وزن هزار دانه کلزا نیز در سطح احتمال یک درصد فقط تحت تأثیر الگوی کشت قرار گرفت. ولی، اثر متقابل نیتروژن در الگوی کشت بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۳). در بین سطوح نیتروژن، بیشترین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین (به ترتیب ۶۴

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر نیتروژن و الگوی کشت قرار گرفتند.

با افزایش تراکم بوته در واحد سطح در کشت مخلوط نخود و کلزا، افزایش رقابت بین گونه‌ای به کاهش اجزای عملکرد دانه کلزا منجر شد. آجینهو و همکاران (۲۰۰۶) نیز کاهش تعداد نیام در بوته باقلا را در کشت مخلوط با جو نسبت به کشت خالص باقلا گزارش کردند. علیزاده و همکاران (۲۰۰۹) در کشت مخلوط لوبیا و ریحان اظهار داشتند که کشت مخلوط تعداد نیام و دانه را در هر دو گونه زراعی تحت تأثیر قرار داد، به طوری که تیمارهای کشت مخلوط به طور معنی‌داری دارای تعداد نیام و دانه کمتری در بوته بودند. سایر پژوهشگران نیز در مطالعات خود این نتایج را تأیید کرده‌اند (آجینهو و همکاران ۲۰۰۶؛ پورامیر و همکاران ۲۰۱۰). از طرفی، کشت مخلوط باعث افزایش وزن هزار دانه کلزا شد، به طوری که کشت مخلوط وزن هزار دانه کلزا را نسبت به کشت خالص کلزا، ۱۰/۳۷ درصد افزایش داد (شکل ۲). به نظر می‌رسد افزایش تعداد دانه در کشت خالص کلزا سبب شده است که وزن هزار دانه به طور معنی‌داری نسبت به کشت مخلوط کاهش یابد. شاید بتوان دلیل این امر را کاهش فراورده‌های فتوسنتزی اختصاص یافته به این مقصدهای فیزیولوژیک در کشت خالص کلزا دانست. محققین دیگر نیز بر افزایش وزن هزار دانه گیاهان زراعی در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص اشاره کرده‌اند (قنبری و همکاران ۲۰۱۰).

خورجین در بوته و ۲۰ دانه در خورجین) به تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعلق گرفت ولی این تیمار با سطح کودی ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین نیز به ترتیب با ۱۶ و ۲۵ درصد کاهش نسبت به سطح کودی ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، از تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن) به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد، کاهش مصرف نیتروژن به دلیل کاهش درصد تشکیل و باروری گل‌ها در حین گرده‌افشانی و یا پس از آن سبب کاهش تعداد خورجین در بوته‌ها گردید. تحقیقات ربیعی و طوسی کهل (۲۰۱۱) نشان داد که مصرف نیتروژن تعداد خورجین در بوته کلزا را افزایش داد. نتایج مطالعات دیگر نیز حاکی از اثرات مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش تعداد خورجین در بوته کلزا بود (گلدوست خورشیدی و همکاران ۲۰۱۳). کاظمینی و همکاران (۲۰۱۰) نیز دریافتند که کاربرد نیتروژن افزایش تعداد دانه در خورجین کلزا را به دنبال داشت. آن‌ها افزایش تعداد سلول‌های بنیادی و افزایش مواد فتوسنتزی را دلیل افزایش تعداد دانه در خورجین دانستند.

در بین الگوهای کشت نیز تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین (به ترتیب ۶۶ خورجین در بوته و ۲۰ دانه در خورجین) در کشت خالص کلزا به طور معنی‌داری بیشتر از کشت مخلوط کلزا بود (جدول ۴). در واقع،

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر نیتروژن و الگوی کشت بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
بلوک	۲	۲۱۲/۱۶**	۴۷/۵۴**	۰/۵۴*	۷۰۱۳۳۵/۲۹**	۴۹۰۶۱/۷۹**	۶۲/۵۴*
نیتروژن	۳	۱۱۰/۷۱**	۲۵/۳۸**	۰/۳۳ ^{ns}	۸۲۲۷۶/۷۲**	۱۱۰۲۸/۱۱**	۶۲/۳۳**
الگوی کشت	۱	۱۰۵۳/۳۵**	۷۷/۰۴**	۱/۵۰**	۸۳۰۷۲/۱۱ ^{ns}	۴۲۳۳۶/۰۰**	۱۶۰/۱۷**
نیتروژن×الگوی کشت	۳	۰/۸۲ ^{ns}	۱/۷۱ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۲۶۰۵۹/۰۰ ^{ns}	۳۱۹/۴۴ ^{ns}	۵/۶۱ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۴	۳/۹۸	۴/۱۲	۰/۱۱	۳۹۹۷۹/۹۵	۱۶۸۶/۵۱	۱۰/۳۷
ضریب تغییرات (%)	--	۱۳/۳۵	۱۱/۲۹	۷/۲۰	۱۵/۸۸	۱۵/۶۹	۱۵/۳۶

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و شاخص برداشت کلزا در سطوح نیتروژن و الگوی کاشت

تیمار	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	عملکرد دانه (g.m ⁻²)	شاخص برداشت (%)
نیتروژن				
صفر (شاهد)	۵۴ ^c	۱۵ ^b	۲۱۰ ^c	۲۶ ^a
۴۰ کیلوگرم در هکتار	۵۹ ^b	۱۸ ^{ab}	۲۴۴ ^{bc}	۲۲ ^b
۸۰ کیلوگرم در هکتار	۶۲ ^a	۱۹ ^a	۲۸۹ ^{ab}	۱۹ ^b
۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	۶۴ ^a	۲۰ ^a	۳۰۴ ^a	۱۹ ^b
الگوی کشت				
کشت خالص کلزا	۶۶ ^a	۲۰ ^a	۳۰۴ ^a	۲۴ ^a
کشت مخلوط کلزا	۵۳ ^b	۱۶ ^b	۲۲۰ ^b	۱۹ ^b

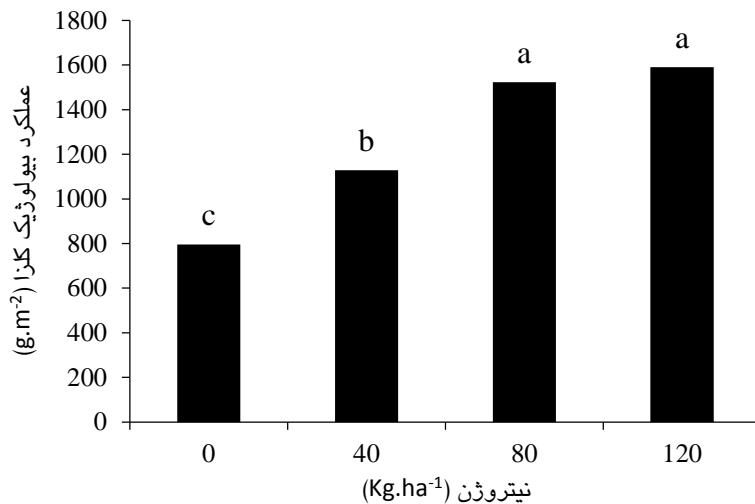
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. (داده‌های مربوط به سطوح نیتروژن و الگوی کشت به‌طور جداگانه مقایسه شده‌اند).

مانند عملکرد بیولوژیک افزایش مصرف نیتروژن از طریق افزایش شاخص سطح برگ و دوام آن پس از گلدهی و میزان باروری گل‌ها از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود (بنی سعیدی و مدحج ۲۰۰۹). بیشترین شاخص برداشت کلزا (۲۶ درصد) به تیمار عدم مصرف نیتروژن تعلق گرفت (جدول ۴). دلیل کاهش این ویژگی در تیمارهای با مصرف نیتروژن بالاتر را می‌توان به افزایش بیشتر عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه نسبت داد. سایر پژوهشگران نیز در مطالعات خود چنین نتایجی را تأیید کرده‌اند (حمزه‌ئی و سعیدی ۲۰۱۲، حمزه‌ئی و همکاران ۲۰۱۲).

مقایسه الگوهای کشت نیز مؤید این بود که کشت خالص کلزا بیشترین عملکرد دانه (۳۰۴ گرم در مترمربع) و شاخص برداشت (۲۴ درصد) را داشت (جدول ۴). به‌عبارت‌دیگر، در کشت مخلوط با ایجاد رقابت درون و بین گونه‌ای، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کلزا مشاهده شد. همچنین، به نظر می‌رسد دلیل کاهش شاخص برداشت کلزا در کشت مخلوط، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک است. پورامیر و همکاران

نتایج میانگین مربعات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت کلزا نشان داد که اثر نیتروژن بر این صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر الگوی کشت نیز بر عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود، ولی عملکرد بیولوژیک کلزا تحت تأثیر الگوی کشت قرار نگرفت. قابل ذکر است که اثر متقابل نیتروژن در الگوی کشت بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک (به- ترتیب ۱۵۹۱ و ۷۹۶ گرم بر مترمربع) و دانه کلزا (به- ترتیب ۳۰۴ و ۲۱۰ گرم بر مترمربع) از سطح کودی ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن و تیمار شاهد (عدم مصرف نیتروژن) به‌دست آمد. سطح کودی ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار که دارای عملکرد بیولوژیک و دانه معادل ۱۵۲۳ و ۲۸۹ گرم بر مترمربع بود، از نظر آماری با تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن تفاوت معنی‌دار نداشت. تیمار شاهد عملکرد بیولوژیک و دانه کلزا را به‌ترتیب ۵۰ و ۳۱ درصد کاهش داد (جدول ۴ و شکل ۲). افزایش مصرف نیتروژن از طریق افزایش تعداد شاخه‌های جانبی در بوته و رشد برگ‌ها موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود (بنی سعیدی و مدحج ۲۰۰۹). در مورد صفت عملکرد دانه نیز

کشت مخلوط یکی از اصول تفکیک ناپذیر در این سیستم می‌باشد، ولی معمولاً برآیند این الگوی کاشت مثبت خواهد بود (فیونته و همکاران ۲۰۱۴؛ یان و همکاران ۲۰۱۴؛ حمزه‌ئی و سیدی ۲۰۱۴).



شکل ۲- اثر نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک کلزا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد است.

و کاهش عملکرد روغن به افزایش و کاهش عملکرد دانه باز می‌گردد. بنی سعیدی و مدح (۲۰۰۹) اظهار داشتند که افزایش نیتروژن مصرفی و تراکم بوته، از طریق افزایش عملکرد دانه در واحد سطح موجب افزایش عملکرد روغن شد.

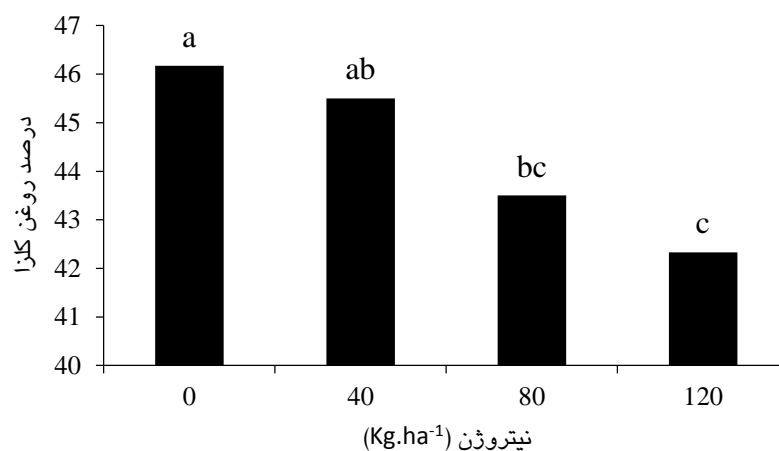
درصد و عملکرد پروتئین کلزا نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نیتروژن و الگوی کشت قرار گرفتند ولی اثر متقابل تیمارهای آزمایشی بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۵). بیشترین درصد پروتئین کلزا (۲۰ درصد) با کاربرد ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. با کاهش مصرف نیتروژن به‌طور معنی‌داری از درصد پروتئین دانه کلزا کاسته شد، بطوریکه کمترین میزان این ویژگی به تیمار بدون مصرف کود تعلق گرفت (جدول ۶). همچنین، بیشترین عملکرد پروتئین کلزا (۶۰ گرم بر مترمربع) بدون تفاوت معنی‌دار با سطح کودی ۸۰ کیلوگرم نیتروژن، در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد. همان‌طور که ذکر شد، به دلیل رابطه

(۲۰۱۰) نیز در ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کج و نخود در کشت مخلوط اعلام کردند که در کشت مخلوط کج نسبت به کشت خالص آن عملکرد دانه کاهش معنی‌داری یافت. درواقع، رقابت گونه‌های زراعی مختلف در

اثر نیتروژن بر درصد و عملکرد روغن کلزا معنی‌دار شد ولی اثر الگوی کشت تنها بر عملکرد روغن معنی‌دار بود. اثر متقابل تیمارها بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۵). با افزایش مصرف کود نیتروژن به‌طور معنی‌داری از درصد روغن کلزا کاسته شد (شکل ۳). درواقع، به دلیل رابطه عکسی که بین سنتز روغن و پروتئین و از طرفی رابطه مستقیمی که بین سنتز پروتئین و نیتروژن وجود دارد، افزایش مصرف نیتروژن موجب کاهش درصد روغن دانه می‌شود. درواقع، از آنجایی‌که مصرف نیتروژن باعث سنتز اسیدهای آمینه می‌شود، بنابراین درصد پروتئین دانه در شرایط کاربرد نیتروژن افزایش خواهد یافت (قلی پوری و همکاران ۲۰۰۶). بیشترین عملکرد روغن کلزا (۱۲۹ گرم در مترمربع) نیز با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد. در بین الگوهای کشت نیز کشت خالص کلزا با عملکرد روغن معادل ۱۳۶ گرم در مترمربع و با ۲۹ درصد افزایش، بالاتر از کشت مخلوط کلزا قرار گرفت (جدول ۶). مهم‌ترین دلیل افزایش

(قوش و همکاران ۲۰۰۹؛ وریگون-برینز و همکاران ۲۰۱۸). باوجوداین، عملکرد پروتئین کلزا در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص آن بود (جدول ۶). همانند عملکرد روغن، مهم‌ترین دلیل افزایش و کاهش عملکرد پروتئین نیز به افزایش و کاهش عملکرد دانه باز می‌گردد (بنی سعیدی و مدحج ۲۰۰۹).

مستقیمی که بین نیتروژن و سنتز پروتئین و نیز بین عملکرد پروتئین با عملکرد دانه وجود دارد، مصرف نیتروژن موجب افزایش درصد و عملکرد پروتئین کلزا شد. با اجرای کشت مخلوط بر درصد پروتئین دانه کلزا افزوده شد. در الگوهای کشت مخلوط علاوه بر کود نیتروژن مصرفی شاید بتوان تثبیت بیولوژیک این عنصر توسط لگوم‌ها را دلیل افزایش درصد پروتئین دانست



شکل ۳- اثر نیتروژن بر درصد روغن کلزا

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد است.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر نیتروژن و الگوی کشت بر درصد و عملکرد روغن و پروتئین، شاخص کلروفیل و

سرعت فتوسنتز کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن	عملکرد روغن	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	شاخص کلروفیل	سرعت فتوسنتز
بلوک	۲	۳/۵۰ ^{ns}	۱۰۰۵۳/۰۴ ^{**}	۱۵/۱۲ ^{**}	۲۴۵۱/۰۴ ^{**}	۱۱/۲۹ ^{ns}	۱/۷۹ ^{ns}
نیتروژن	۳	۱۸/۸۲ [*]	۱۲۹۹/۸۷ [*]	۱۲/۷۱ ^{**}	۷۸۷/۱۷ ^{**}	۵۹/۳۳ [*]	۳۰/۴۸ ^{**}
الگوی کشت	۱	۱۲/۰۴ ^{ns}	۹۵۲۰/۱۷ ^{**}	۷/۰۴ [*]	۱۰۱۴/۰۰ ^{**}	۶۷/۴۰ [*]	۱۷۶/۰۴ ^{**}
نیتروژن×الگوی کشت	۳	۰/۱۵ ^{ns}	۴۶/۲۸ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۲۰/۳۳ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۷/۶۰ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۴	۳/۹۸	۳۹۱/۲۷	۱/۲۶	۹۱/۳۷	۱۳/۶۲	۳/۷۹
ضریب تغییرات (%)	-	۴/۴۹	۱۷/۰۴	۶/۱۳	۱۹/۵۴	۹/۵۴	۱۰/۰۹

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر نیتروژن و الکوی کشت بر عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین، شاخص کلروفیل و سرعت فتوسنتز کلزا

تیمار	عملکرد روغن (g.m ⁻²)	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین (g.m ⁻²)	شاخص کلروفیل	سرعت فتوسنتز (μmol CO ₂ .m ⁻² . s ⁻¹)
نیتروژن صفر (شاهد)	۹۸ ^b	۱۷ ^b	۳۵ ^b	۳۶ ^b	۱۷ ^b
۴۰ کیلوگرم در هکتار	۱۱۱ ^{ab}	۱۸ ^b	۴۴ ^b	۳۸ ^{ab}	۱۸ ^b
۸۰ کیلوگرم در هکتار	۱۲۷ ^a	۲۰ ^a	۵۷ ^a	۴۱ ^a	۲۱ ^a
۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	۱۲۹ ^a	۲۰ ^a	۶۰ ^a	۴۱ ^a	۲۲ ^a
الگوی کشت					
کشت خالص کلزا	۱۳۶ ^a	۱۸ ^b	۵۵ ^a	۳۷ ^b	۲۲ ^a
کشت مخلوط کلزا	۹۶ ^b	۱۹ ^a	۴۲ ^b	۴۱ ^a	۱۷ ^b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند. (داده‌های مربوط به سطوح نیتروژن و الگوی کشت به‌طور جداگانه مقایسه شده‌اند)

اجزای عملکرد و عملکرد نخود

نتایج تجزیه واریانس مربوط به ویژگی تعداد دانه در بوته نخود نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول ۷). در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص، تعداد دانه در بوته نخود کاهش یافت (جدول ۸). به نظر می‌رسد سایه‌اندازی کلزا بر روی نخود باعث تخصیص بیشتر فتوآسمیلات‌های نخود به بخش رویشی شده و در نتیجه کاهش سهم فاز زیستی، تعداد دانه در بوته نخود کاهش یافته است. گلدوست خورشیدی و همکاران (۲۰۱۳) اظهار داشتند که مصرف نیتروژن دارای اثرات مثبت بر تعداد نیام در بوته گیاهان زراعی بود. نامور و همکاران (۲۰۱۱) افزایش تعداد نیام در بوته نخود را بر اثر مصرف بالاتر کود نیتروژن گزارش کردند. حمزه‌ئی و سیدی (۲۰۱۲) در کشت

مخلوط نخود و جو بهاره کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد نیام و دانه در بوته نخود را گزارش نمودند. در مطالعه آن‌ها نیز بیشترین تعداد نیام در بوته نخود متعلق به تیمار کشت خالص نخود بود و پس از این تیمار الگوهای کشت مخلوط دارای تعداد نیام در بوته کمتری نسبت به کشت خالص بودند. اکرام و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیق خود روی کشت مخلوط جو و نخود اعلام کردند اجزای عملکرد نخود در کشت خالص به‌طور معنی‌داری بیش از الگوهای کشت مخلوط است. دوسا و استان (۲۰۱۳) کاهش تعداد دانه در نیام و دانه در بوته عدس و خودفرنگی را در کشت مخلوط با یولاف نسبت به کشت خالص این گونه‌ها گزارش کردند. نامبردگان علت این امر را سایه‌اندازی یولاف بر روی خودفرنگی و عدس ذکر کردند.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات کمی و کیفی نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه	شاخص برداشت	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین
بلوک	۲	۷/۱۶ ^{ns}	۳۰۲/۱۶ ^{**}	۱۱۵۲۹/۵۵ ^{ns}	۴۲۰۷/۳۸ ^{**}	۵۰/۸۸ ^{ns}	۲/۰۵ ^{ns}	۷۲۲/۳۸ [*]
تیمار	۵	۸۵/۷۰ ^{**}	۶۷/۰۳ ^{ns}	۱۷۷۵۸/۱۸ [*]	۳۹۳۱/۴۲ ^{**}	۴۰/۷۲ ^{ns}	۱/۱۵ ^{ns}	۵۶۱/۱۵ [*]
خطای آزمایش	۱۰	۴/۷۵	۳۰/۳۰	۵۶۲۴/۶۲	۵۲۷/۵۲	۱۵/۱۵	۶/۰۵	۱۰۷/۲۵
ضریب تغییرات (%)		۱۲/۲۴	۱۲/۱۶	۱۸/۲۶	۱۶/۸۶	۱۱/۸۱	۶/۷۵	۲۰/۸۰

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات کمی و کیفی نخود

عملکرد پروتئین (g.m ⁻²)	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک (g.m ⁻²)	وزن هزار دانه (g)	تعداد دانه در بوته	تیمار
۶۰ ^{ab}	۳۸ ^a	۱۶۶ ^{ab}	۴۳۴ ^{abc}	۲۵۰ ^a	۲۳ ^a	خالص نخود - نیتروژن صفر
۳۸ ^c	۳۲ ^a	۹۸ ^c	۳۰۶ ^c	۲۶۰ ^a	۱۳ ^b	مخلوط - نیتروژن صفر
۷۱ ^a	۳۷ ^a	۱۹۲ ^a	۵۲۰ ^a	۲۴۷ ^a	۲۶ ^a	خالص نخود - نیتروژن ۴۰
۳۵ ^c	۳۱ ^a	۱۰۶ ^c	۳۴۲ ^{bc}	۲۵۸ ^a	۱۴ ^b	مخلوط - نیتروژن ۴۰
۴۶ ^{bc}	۳۰ ^a	۱۲۳ ^{bc}	۴۱۴ ^{abc}	۲۵۵ ^a	۱۵ ^b	مخلوط - نیتروژن ۸۰
۴۸ ^{bc}	۲۹ ^a	۱۳۳ ^{bc}	۴۴۷ ^{ab}	۲۵۲ ^a	۱۶ ^b	مخلوط - نیتروژن ۱۲۰

درصد پروتئین دانه نخود تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت، ولی، اثر تیمار بر عملکرد پروتئین معنی‌دار بود (جدول ۷). بیشترین و کمترین عملکرد پروتئین (به ترتیب ۷۱ و ۳۵ گرم در مترمربع) به ترتیب در کشت خالص نخود با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن و کشت مخلوط با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (جدول ۸). هرچند، قلی پوری و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش پروتئین دانه می‌شود. به نظر می‌رسد این افزایش با اجرای کشت مخلوط خنثی شده است. زیرا رقابت برای منابع محیطی مختلف در تیمارهای کشت مخلوط وجود دارد و نیز در تراکم‌های بالا به دلیل کاهش سهم بوته‌ها جهت بهره‌گیری از نور و عناصر غذایی، باعث شده که مواد غذایی کمتری به دانه رسیده و در نتیجه عملکرد دانه کاهش یابد (گائو و همکاران ۲۰۱۰). از طرفی، با توجه به اینکه عملکرد پروتئین حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه است، بنابراین کاهش عملکرد دانه به کاهش عملکرد پروتئین منجر خواهد شد.

شاخص کلروفیل برگ و سرعت فتوسنتز

میانگین مربعات نشان داد که شاخص کلروفیل کلزا تنها تحت تأثیر اثرات اصلی نیتروژن و الگوی کشت قرار گرفت (جدول ۵)، ولی اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص

اثر تیمارهای آزمایشی بر عملکرد بیولوژیک و دانه نخود معنی‌دار شد، ولی صفت شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۷). کمترین عملکرد بیولوژیک و دانه در تیمار کشت مخلوط بدون مصرف کود نیتروژن به دست آمد (جدول ۸). با اینکه بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه در کشت خالص نخود با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد، ولی این تیمار با کشت خالص نخود بدون مصرف نیتروژن اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۸). به‌طورکلی، تیمارهای کشت مخلوط عملکرد دانه کمتری نسبت به تیمارهای کشت خالص داشتند که با توجه به اثر رقابت درون و بین گونه‌ای در کشت مخلوط و کاهش منابع محیطی در دسترس گیاهان، عملکرد دانه کاهش یافت. پورامیر و همکاران (۲۰۱۰) نیز در ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد کنجد و نخود در کشت مخلوط اظهار کردند که کشت مخلوط کنجد نسبت به کشت خالص آن دارای عملکرد بیولوژیک کمتری بود. در گیاه نخود نیز کاهش عملکرد بیولوژیک در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص قابل مشاهده بود. بعضی از پژوهشگران دیگر نیز اعتقاد دارند که عملکرد بیولوژیک و همچنین عملکرد دانه گیاهان به‌طور معنی‌داری در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابد که دلیل آن افزایش رقابت بین گونه‌ای در این سیستم کاشت است (دوسا و استان ۲۰۱۳؛ فیونته و همکاران ۲۰۱۴).

فتوسنتز کلزا (۲۲ میکرومول CO₂ بر مترمربع در ثانیه) بدون تفاوت معنی‌دار با سطح کودی ۸۰ کیلوگرم نیتروژن، به تیمار ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن تعلق گرفت. در بین الگوهای کشت نیز سرعت فتوسنتز کلزا در کشت خالص ۲۳ درصد بیشتر از کشت مخلوط آن بود (جدول ۶). بیشترین سرعت فتوسنتز خود (۱۸ میکرو مول دی‌اکسید کربن بر مترمربع در ثانیه) نیز متعلق به کشت خالص خود با مصرف ۴۰ کیلوگرم نیتروژن بود (جدول ۱۰). به‌طورکلی، افزایش مصرف نیتروژن سبب افزایش سرعت فتوسنتز برگ خود و کلزا شد که شاید بتوان دلیل آن را افزایش کلروفیل برگ دانست (سی و سه مرده و همکاران ۲۰۱۴). با اجرای کشت مخلوط و افزایش تراکم گیاهی از میزان سرعت فتوسنتز برگ هر دو گونه کاسته شد (جدول ۶ و ۱۰). می‌توان دلیل این امر را افزایش سایه‌اندازی برگ‌ها بر یکدیگر دانست. به‌نظر می‌رسد اجرای کشت مخلوط و سایه‌اندازی بر روی برگ‌ها کاهش ظرفیت فتوسنتزی را در پی دارد. سرحدی و همکاران (۲۰۱۰) نیز کاهش ظرفیت فتوسنتزی نرت را در اثر سایه‌اندازی گزارش کرده‌اند.

کلروفیل نخود معنی‌دار نشد (جدول ۹). شاخص کلروفیل کلزا با افزایش نیتروژن و نیز اجرای کشت مخلوط افزایش یافت (جدول ۶). از آنجایی‌که نیتروژن از جمله عناصر ضروری تشکیل دهنده کلروفیل محسوب می‌گردد، از این رو مصرف بیشتر آن به افزایش میزان کلروفیل منجر شد. نتایج این آزمایش با یافته‌های یوسفی تبار و همکاران (۲۰۱۲) هماهنگ است. خواجه‌پور (۲۰۰۹) افزایش کلروفیل را بر اثر افزایش مصرف نیتروژن گزارش کرد. از دلایل افزایش شاخص کلروفیل کلزا می‌تواند بحث تثبیت نیتروژن توسط خانواده لگوم و همچنین سایه‌اندازی در کشت مخلوط باشد (قوش و همکاران ۲۰۰۹). به‌عبارت‌دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هرچه بیشتر نور برای تولید فتوآسمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد. سرعت فتوسنتز کلزا (جدول ۵) و نخود (جدول ۹) نیز تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند. به‌طوری‌که، سرعت فتوسنتز کلزا (جدول ۶) و نخود (جدول ۱۰) در سطوح پایین نیتروژن و کشت مخلوط کمتر از کشت خالص و مصرف بیشتر نیتروژن بود. بیشترین سرعت

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص کلروفیل و سرعت فتوسنتز نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	سرعت فتوسنتز
بلوک	۲	۵۱/۰۵**	۱/۵۵ ^{ns}
تیمار	۵	۱۵/۱۵ ^{ns}	۱۹/۲۵*
خطای آزمایش	۱۰	۶/۴۵	۳/۹۵
ضریب تغییرات (%)	-	۷/۳۵	۱۴/۱۴

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

افزایش عملکرد دانه است. موسویان و همکاران (۲۰۱۰) هم اعلام کردند کشت مخلوط نرت-آفتابگردان در مصرف بالاتر نیتروژن دارای نسبت برابری زمین بیشتر بود. شایگان و همکاران (۲۰۰۸) در کشت مخلوط نرت و ارزن دم‌روباهی اعلام کردند که کلیه تیمارهای کشت مخلوط LER بالاتری را نسبت به کشت خالص دو

شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط

بررسی شاخص نسبت برابری زمین نشان داد که کلیه تیمارهای مخلوط دارای LER بالاتر از یک بودند که نشان دهنده برتری مخلوط خود و کلزا نسبت به تک‌کشتی آن‌ها است. به‌طورکلی، با افزایش مصرف نیتروژن بر میزان این ویژگی افزوده شد (جدول ۱۰) که احتمالاً بر اثر

جدول ۱۰- مقایسه میانگین شاخص کلروفیل و سرعت فتوسنتز نخود و مقادیر شاخص نسبت

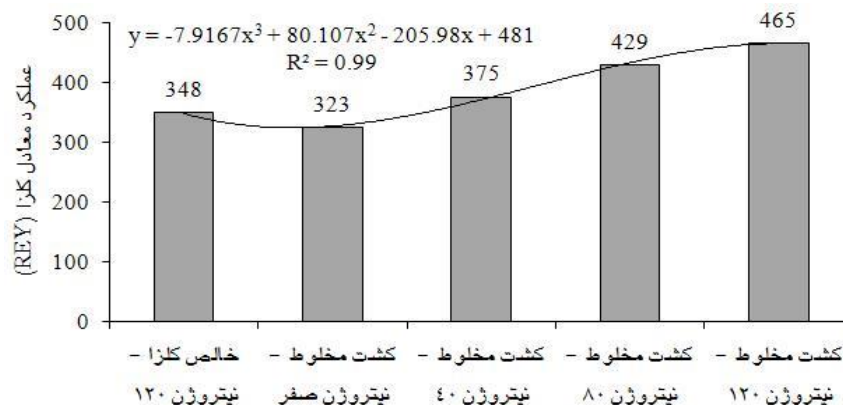
برابری زمین در کشت خالص و مخلوط متأثر از نیتروژن

نسبت برابری زمین	سرعت فتوسنتز ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	شاخص کلروفیل	تیمار
-	۱۶ ^{ab}	۳۵ ^a	کشت خالص نخود - نیتروژن صفر
۱/۱۰	۱۱ ^c	۳۱ ^a	کشت مخلوط - نیتروژن صفر
-	۱۸ ^a	۳۷ ^a	کشت خالص نخود - نیتروژن ۴۰
۱/۱۹	۱۲ ^c	۳۳ ^a	کشت مخلوط - نیتروژن ۴۰
۱/۳۸	۱۳ ^{bc}	۳۵ ^a	کشت مخلوط - نیتروژن ۸۰
۱/۴۸	۱۴ ^{bc}	۳۶ ^a	کشت مخلوط - نیتروژن ۱۲۰

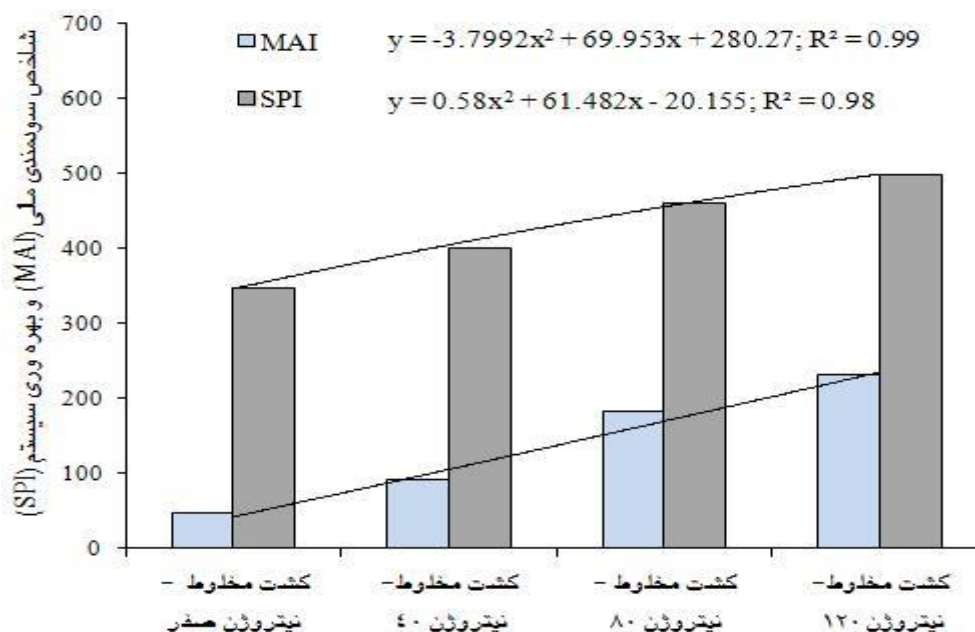
در ستون‌های مربوط به صفات شاخص کلروفیل و سرعت فتوسنتز، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

کاهش عملکرد را نسبت به کشت خالص گونه‌ها جبران می‌کند (چاپگین و همکاران ۲۰۱۴؛ کامپیگیا و همکاران ۲۰۱۴). بنیک و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند بالا بودن این شاخص مؤید افزایش کارایی کشت مخلوط در استفاده از منابع محیطی و کارایی استفاده از زمین است. در بین شاخص‌های سودمندی مالی و بهره‌وری سیستم نیز بیشترین مقادیر مربوط به کشت مخلوط با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن بود (شکل ۵). در همه تیمارها میزان این ویژگی‌ها مثبت بود که نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بوده (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۱۱) و در واقع ناشی از استفاده بهتر اجزای کشت مخلوط از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی می‌باشد (حمزه‌ئی و سیدی ۲۰۱۶).

گیاه داشتند. نتایج مشابهی نیز در کشت مخلوط جو - نخود و آفتابگردان-سویا گزارش شده است (حمزه‌ئی و سیدی ۲۰۱۵؛ حمزه‌ئی و سیدی ۲۰۱۶). همچنین در تمام تیمارها به استثنای کشت مخلوط بدون مصرف نیتروژن، عملکرد معادل کلزا بیشتر از عملکرد کشت خالص این گیاه با دریافت ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن (۳۴۸ گرم در مترمربع) بود. بیشترین میزان این ویژگی در تیمار کشت مخلوط با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن مشاهده شد (شکل ۴). بااینکه عملکرد دانه در اکثر مطالعات کشت مخلوط کاهش یافته است، ولی عملکرد معادل در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بوده است که بیانگر سودمند بودن سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد (کروسیول و همکاران ۲۰۱۴؛ کامپیگیا و همکاران ۲۰۱۴). در واقع، مجموع تولید گونه‌های زراعی،



شکل ۴- مقایسه عملکرد معادل کلزا در کشت مخلوط با عملکرد کشت خالص آن



شکل ۵- شاخص سودمندی مالی و بهره‌وری سیستم در تیمارهای آزمایشی

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج آزمایش حاضر نشان داد بیشتر صفات مورد بررسی در کلزا و نخود تحت تأثیر مصرف کود نیتروژن و اجرای کشت مخلوط قرار گرفتند. با افزایش مصرف کود نیتروژن اجزای عملکرد و عملکرد هر دو گونه زراعی افزایش یافت. ولی، با اجرای کشت مخلوط اجزای عملکرد و عملکرد کلزا و نخود کاهش یافت. بیشترین و کمترین عملکرد کلزا به ترتیب با مصرف ۸۰-۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن و عدم مصرف نیتروژن

حاصل شد. از طرفی، شاخص‌های نسبت برابری زمین، سودمندی مالی و بهره‌وری سیستم، سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را تأیید کردند. در کل، مصرف ۸۰-۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن برای کشت مخلوط بهتر از کشت خالص کلزا با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن است. چراکه علاوه بر اثرات مثبت کشت مخلوط (مثلاً بهبود کارایی مصرف نیتروژن در کشت دو گیاه با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در مقایسه با کشت خالص کلزا)، کارایی استفاده از زمین کلزا نیز افزایش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

- Agegnehu G, Ghizaw A, Sinebo W. 2006. Yield performance and land use efficiency of barley and fababean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy*. 25: 202-207.
- Alizadeh Y, Koocheki A and Nassiri Mahallati M. 2009. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). *Iranian Journal of Agronomic Research*, 7: 541-553. (In Persian).
- Bani saeidi AK and Modhaj A. 2009. Evaluate the effects of different levels of nitrogen and plant density on yield and yield components of *Brassica napus* environmental conditions Ahvaz. *Crop Science Plant*, 4 (2): 57-66. (In Persian).
- Banik P, Midya A, Sarkar BK, and Ghose SS. 2006. Wheat and Chickpea intercropping Systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*. 24: 325-332.

- Campiglia E, Mancinelli R, Radicetti E and Baresel JP. 2014. Evaluating spatial arrangement for durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and sub clover (*Trifolium subterraneum* L.) intercropping systems. *Field Crops Research*, 169: 49–57.
- Chapagain T and Riseman A. 2014. Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research*, 166: 18–25.
- Crusciol CAC, Nascente AS, Mateus GP, Pariz CM, Martins PO and Borghi E. 2014. Intercropping soybean and palisade grass for enhanced land use efficiency and revenue in a no till system. *European Journal of Agronomy*, 58: 53–62.
- Dahmardeh M, Ghanbari A, Syahsar BA and Ramrudi M. 2010. The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties. *African Journal of Agriculture Research*, 5: 631-636.
- Du J, Han T, Gai J, Yong T, Sun X, Wang X, Yang F, Liu J, Shu K, Liu W and Yang W. 2018. Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(4): 747-754.
- Dusa EM and Stan V. 2013. The effect of intercropping on crop productivity and yield quality of oat grain leguminous species pea and lentil cultivated in pure stand and mixtures in the organic agriculture system. *European Scientific Journal*, 9(21): 69-78.
- Ekram AM, Sharaan AN, EL-Sherif AM. 2010. Effect of intercropping patterns on yield and its components of barley, lupin or chickpea grown in newly reclaimed soil. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 25(9): 437-452.
- Eshgizadeh HR, Chaichi MR, Ghalavand A, Shabani G, Azizi K, Tourknejad A, Raeisi Yazdi H and Papizadeh A. 2007. Evaluation of annual medic and barley intercropping on forage yield and protein content in dry farming system. *Pajouhesh and Sazandegi*, 75: 102-112. (In Persian).
- Esmail Y and Patwardhan AM. 2006. Physiological analysis of the growth and development of canola (*Brassica napus* L.) under different chemical fertilizer application. *Asian Journal of Plant Science*, 5 (5): 745-752.
- Fan X, Lin F and Kumar D. 2004. Fertilization with a new type of coated urea. Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 25 (9): 853-865.
- Fatahi Nazad A, siadat A, Esfandiari M, Moghadasi R and Moazi A. 2013. Effect of phosphorus fertilizer on yield, oil and protein in canola in dryland under soil phosphorus fertility groups. *Crop Physiology*, 18: 83-100. (In Persian).
- Fathi GH. 2006. Effects of drought and nitrogen on nitrogen remobilization in six wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 5 (36): 1093-1101. (In Persian).
- Fuente EB, Suárez SA, Lenardis AE, Poggio SL. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems. Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblage. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 165: 1–6.
- Gao Y, Duan A, Qiu X, Liu Z, Suna J, Zhang J and Wang H. 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. *Agricultural Water Management Journal*, 98: 199–212.
- Geren H, Vcioglu RA, Soya H and Kir B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. *African Journal of Biotechnology*, 7: 4100-4104.
- Ghanbari A, Ghadiri H, Ghafari Moghadam M and Safari M. 2010. Evaluation of intercropping of maize (*Zea mays* L.) and cucurbit (*Cucurbita sp.*) and effect on weed control. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, 41: 43-55. (In Persian).
- Gholipoori A, Javanshir A, Rahimzadeh Khoie F, Mohammdi A and Bayat H. 2006. The effect of different nitrogen levels and pruning of head on yield and yield components of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 13: 40-44.

- Ghosh PK, Tripathi AK, Bandyopadhyay KK and Manna MC. 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. *European Journal of Agronomy*, 31: 43–50.
- Goldoust Khorshidi M, Moradpoor S, Ranji A, Karimi B and Asri F. 2013. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and Plant density on yield and yield components of canola. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (11): 2896-2900.
- Gronle A, Lux G, Böhm H, Schmidtke K, Wild M, Demmel M, Brandhuber R, Wilbois K and Heß J. 2015. Effect of ploughing depth and mechanical soil loading on soil physical properties, weed infestation, yield performance and grain quality in sole and intercrops of pea and oat in organic farming. *Soil and Tillage*, 148: 59–73.
- Hamzei J and Seyedi M. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. *Crop Production and Processing*, 2(5): 109-119. (In Persian).
- Hamzei J and Seyedi M. 2015. Evaluation of the effects of intercropping systems on yield performance, land equivalent ratio and weed control efficiency. *Agriculture Research*, 4, 202–207.
- Hamzei J and Seyedi M. 2016. Energy use and input–output costs for sunflower production in sole and intercropping with soybean under different tillage systems. *Soil and Tillage Research*, 157: 73.82.
- Hamzei J and Seyedi, M. 2014. Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. *Sustainable Agriculture and Production Science*, Special Issue: 75-90. (In Persian).
- Hamzei J, Seyedi M, Ahmadvand G and Aboutalebian MA. 2012. Effect of intercropping on weed control, yield component and yield of chickpea and barley. *Crop Production and Processing*. 2(3): 43-55. (In Persian)
- Hauggaard-Nielsen H, Peoples MB and Jensen ES. 2011. Faba bean in cropping systems. *Grain Legum*, 56: 32-33.
- Hopkins WG. 2004. Introduction to plant physiology (3rd Ed.). John Wiley and Sons. New York. PP. 557.
- Jahangiri H, Tohidi Nejad E, Torabi M and Golkar P. 2015. Evaluation of yield, land equivalent Ratio (LER) and silage quality related traits in oat (*Avena sativa*) and vetch (*Vicia sativa*) intercropping. *Agriculture Crop Management*, 17(2): 373-384. (In Persian).
- Kazemeini SA, Hamzehzarghani H and Edalat M. 2010. The impact of nitrogen and organic matter on winter canola seed yield and yield components. *Australian Journal of Crop Science*. 4 (5): 335-342.
- Khajehpour MR. 2009. Principles and Fundamentals of Crop Production. Third edition, Jahad-e- Daneshgahi. Press of Isfahan University of Technology, Pp: 636. (In Persian).
- Lithourgidis AS, Vlachostergios DN, Dordas CA and Damalas CA. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *European Journal of Agronomy*, 34: 287-294.
- Majnoun Hosseini N. 2008. Agronomy and production of legume. Jahad Daneshgahi Press. Tehran, Iran. Pp: 284. (In Persian).
- Mashhadi T, Nakhzari Moghaddam A and Sabouri H. 2015. Investigation of competition indices in intercropping of wheat and chickpea under nitrogen consumption. *Journal of Agroecology*, 7(3): 344-355. (In Persian).
- Moradi M, Motamed MK, Azarpour E and Khosravi Danesh R. 2012. Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*. 7(2): 133-137. (In Persian).
- Mosavian SN, Lorzadeh S, Ebrahimpour F and Chaab A. 2010. Effect of Nitrogen and Intercropping Ratios on Grain Yield and Some Morphological Traits of Corn and Sunflower in North Khouzestan. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(4): 708-716. (In Persian).

- Namvar A, Seyed Sharifi R and Khandan T. 2011. Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. *Ekologija*, 57(3): 97–108.
- Pooramir F, Koocheki AR, Nassiri Mahallati M and Ghorbani R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. *Iranian Journal of Agronomic Research*, 8: 747-757. (In Persian).
- Pritchard FM, Eagles HA, Norton RM, Salisbury PA and Nicolas M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 40: 679-685.
- Rabiei M and Tosi Kohal P. 2011. Effects of nitrogen and potassium levels on nitrogen use efficiency and yield of canola as a second crop after rice in Gilan. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 3 (44): 605-615. (In Persian).
- Rezaei Chianeh E, Dabagh Mohammadinasab A, Shakiba MR, Ghasemi Golazani K and Aharizade S. 2010. Evaluation of light interception and canopy characteristics in mono-cropping and intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Agroecology*, 2(3): 437-447. (In Persian).
- Rezaei Chianeh E, Khorramdel S and Garachali P. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) on their yield and land use efficiency. *Agriculture Crop Management*, 17(1): 183-196. (In Persian).
- Sarhaddi M, Zand E, Baghestani MA and Mohtasebi R. 2010. Investigating on the effect of different corn (*Zea mays* L.) planting methods on weed management, corn growth indices and yield. *Pajouhesh and Sazandegi*, 88: 78-86. (In Persian).
- Scalise A, Tortorella D, Pristeri A, Petrovicova B, Gelsomino A, Lindstrom K and Monti M. 2015. Legume barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 89: 150-161.
- Shaygan M, Mazaheri D, Rahimian Mashhadi H and Peyghambari SA. 2008. Effect of planting date and intercropping maize and foxtail millet on their grain yield and weeds control. *Journal of Crop Sciences*, 10: 31-46. (In Persian).
- Singh Rajesh K, Kumar H and Singh Amitesh K. 2010. Brassica based intercropping systems. *Reviews in Agricultural Science*, 31(4): 6-11.
- Siosemardeh H, Fateh H, Badakhshan H. 2014. Responses of Photosynthesis, Cell Membrane Stability and Antioxidative Enzymes to Drought Stress and Nitrogen Fertilizer in Two Barley (*Hordeum vulgare*) Cultivars under Controlled Condition. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 12(2): 215-228. (In Persian).
- Vrignon-Brenas S, Celette F, Piquet-Pissaloux A, Corre-Hellou G and David C. 2018. Intercropping strategies of white clover with organic wheat to improve the trade-off between wheat yield, protein content and the provision of ecological services by white clover. *Field Crops Research*, 224: 160-169.
- Yan S, Du X, Wu F, Li L, Li C and Meng Z. 2014. Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize (*Zea mays*) in faba bean (*Vicia faba*)/ maize intercropping. *Journal of Proteomics*, 109: 111-124.
- Yoseftabar S, Fallah A and Daneshian J. 2012. Effect of split application of nitrogen fertilizer on spad valuse in hybrid rice. *Journal of Agricultural and Crop Research*, 4: 647-651.