"مجله علوم زراعی ایران"
جلد بیست و یکم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸

مقاله پژوهشی

اثر الگوی کاشت و منبع کود بر خصوصیات زراعی بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط در شرایط دیم

Effect of planting pattern and fertilizer source on agronomic characteristics of linseed (*Linum usitatissimum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) in intercropping under rainfed conditions

سهیلا اسدی[1]، اسماعیل رضائی چیانه[2] و رضا امیرنیا[3]

چکیده

اسدی. س.، ا. رضائی چیانه و ر. امیرنیا. ۱۳۹۸. اثر الگوی کاشت و منبع کود بر خصوصیات زراعی بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشت مخلوط در شرایط دیم. **مجله علوم زراعی ایران. ۲۱(۱): ۳۰-۱۶.**

به‌منظور بررسی اثر الگوی کاشت و منبع کود بر خصوصیات زراعی نخود و بزرک در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل الگوی کاشت در شش سطح: کشت خالص نخود، کشت خالص بزرک، کشت مخلوط جایگزین با نسبت یک ردیف بزرک و یک ردیف نخود، کشت مخلوط ردیفی با نسبت دو ردیف بزرک و دو ردیف نخود، کشت مخلوط ردیفی با نسبت دو ردیف بزرک و چهار ردیف نخود، کشت مخلوط ردیفی با نسبت چهار ردیف بزرک و دو ردیف نخود و منبع کود در چهار سطح: عدم مصرف کود (شاهد)، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (NPK)، کود زیستی (فسفات بارور۲ + ازتو بارور۱ + پتا بارور۲+ سولفوبارور۱) و ورمی‌کمپوست (۱۰ تن در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که الگوهای کاشت و منابع کودی بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، میزان و عملکرد روغن بزرک و عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد گره‌های ریشه و میزان پروتئین دانه نخود تاثیر معنی‌داری داشتند. بیشترین عملکرد دانه هر دو گونه از تیمار کشت خالص به‌دست آمد (بزرک ۹۴۵ و نخود ۶۲۹ کیلوگرم در هکتار)، اما میانگین عملکرد هر یک از دو گیاه در واحد سطح یکسان بیشتر از عملکرد دانه مورد انتظارآنها بود (بزرک ۱۶۱/۵ و نخود ۱۲۸/۵ کیلوگرم در هکتار). میزان روغن دانه بزرک ۶/۶ درصد و میزان پروتئین دانه نخود ۲۰/۲درصد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بالاتر بود. نتایج نشان داد که مصرف منابع کودی، به خصوص ورمی‌کمپوست، باعث بهبود خصوصیات گیاهی مورد مطالعه در هر دو گیاه نسبت به شاهد شد. بیشترین نسبت برابری زمین کل (۱/۵۵) از کشت مخلوط چهار ردیف نخود و دو ردیف بزرک در تیمار عدم مصرف کود بدست آمد که معادل ۵۵ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود. با در نظر گرفتن اهداف کشاورزی پایدار و ضرورت کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، در این آزمایش، تیمار عدم مصرف کود برای نسبت کشت مخلوط چهار ردیف نخود و دو ردیف بزرک مناسب‌تر بود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، روغن دانه، کود زیستی، نسبت برابری زمین و ورمی‌کمپوست.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۱۲ این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)
۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

مقدمه

افزایش تقاضا برای روغن‌های نباتی در بازارهای جهانی و هزینه بالای خرید و واردات روغن، اهمیت توسعهٔ کشت دانه‌های روغنی و تحقیقات در این زمینه را بیش از پیش ضروری می‌سازد. با توجه به افزایش جمعیت در حال رشد و تامین نیازهای روز افزون غذایی، استفاده از نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی تک کشتی افزایش یافته است، اما با توجه به بروز و تأثیر سوء ناشی از مصرف این نهاده‌ها بر کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی و محیط زیست، نیاز به بهره‌گیری از اصول اکولوژیک مانند کشت مخلوط در گیاهان زراعی ضروری به‌نظر می‌رسد. کشت مخلوط کاشت دو یا چند گیاه به‌طور همزمان در یک قطعه زمین است و گیاهان معمولا بخش عمده‌ای از دوره رشد خود را به‌صورت توام سپری می‌کنند (Mazaheri, 1998). کشت مخلوط گیاهان بقولاتی با سایر گیاهان، متداول‌ترین نوع کشت مخلوط به‌شمار می‌رود. در ارزیابی زراعی، اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط گندم با نخود در شرایط دیم گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در هر دو گیاه از کشت خالص آنها به‌دست آمد (Javanmard *et al.*, 2016). نتیجه یک آزمایش دیگر نشان داد که عملکرد دانه و اجزای عمکرد در کشت مخلوط سیاهدانه و نخود، به‌دلیل بهبود کارایی مصرف منابع، افزایش یافت (Gholinezhad and Rezaei-Chiyaneh, 2014). در یک آزمایش در کشت مخلوط باقلا و بادرشبی گزارش شد که بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح از کشت خالص باقلا به‌دست آمده و تیمار کود شیمیایی عملکرد دانه را نسبت به کود زیستی و ورمی‌کمپوست افزایش داد، لیکن در کلیه نسبت‌های مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده کارایی کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به تک کشتی می‌باشد (Vafadar-Yengeje *et al.*, 2017). در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سه رقم لوبیا با تیمارهای کودهای زیستی نشان داده شد که کشت مخلوط ذرت و لوبیا در تیمار کود زیستی، بیشترین سودمندی بدست آمد (Dabbagh Mohammadi Nassab *et al.*, 2015).

استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی باعث فشردگی و کاهش حاصلخیزی خاک، افزایش آلودگی و خسارت زیست محیطی و افزایش هزینه‌های تولید شده و بنابراین توجه بیشتر به مدیریت تلفیقی کودها معطوف شده است (Nassiri Mahallati *et al.*, 2001). کودهای زیستی دارای جمعیت متراکمی از موجودات مفید خاکزی و یا فرآورده‌های متابولیکی آن‌ها هستند که به منظور تأمین عناصر غذایی و حفظ پایداری ساختمان خاک مورد بهره برداری قرار گرفته و هریک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن و رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آنها تولید می‌شوند (Jahan and Nasiri Mahalati, 2013). ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی بیولوژیکی است که از طریق بهبود فعالیت میکروبی خاک، افزایش تخلخل زیاد، نفوذپذیری، قدرت جذب و نگهداری عناصر معدنی و آزادسازی تدریجی آنها و نیز ظرفیت بالای نگهداری آب در خاک، باعث افزایش تحمل خشکی در گیاهان در شرایط کمبود آب شده و می‌تواند در شرایط تنش خشکی موثر باشد (Tohidinejad *et al.*, 2011). به‌نظر می‌رسد که با بهره‌گیری از کودهای زیستی و آلی در کشت مخلوط، می‌توان ضمن افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، به افزایش عملکرد و کیفیت محصول کمک کرد.

با توجه به مشکلات خشک شدن بخش زیادی از دریاچه ارومیه و اهمیت توسعهٔ کشت دانه‌های روغنی و گسترش برنامه‌های تحقیقات در باره گیاهان کم‌نیاز به آب در استان آذربایجان غربی، این آزمایش در راستای معرفی گیاهان کم‌نیاز به آب و بهبود الگوی کشت در راستای کشاورزی پایدار اجرا شد. در این آزمایش علاوه بر توجه به الگوی کشت،

اثر مصرف کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های گیاهی بزرک و نخود در الگوهای کشت مخلوط این دو گیاه در شرایط دیم مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶- ۱۳۹۵ در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با طول جغرافیایی ۴۵° و ´۲۴ و عرض جغرافیایی ۳۶° و ´۵۷ و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح دریا اجرا شد.

تیمارهای آزمایش شامل الگوی کاشت در شش سطح: کشت خالص نخود (A_1)، کشت خالص بزرک (A_2)، کشت مخلوط با نسبت یک ردیف بزرک : یک ردیف نخود (A_3)، کشت مخلوط با نسبت دو ردیف بزرک : دو ردیف نخود (A_4)، کشت مخلوط با نسبت دو ردیف بزرک : چهار ردیف نخود (A_5)، کشت مخلوط با نسبت چهار ردیف بزرک : دو ردیف نخود (A_6) و منبع کود در چهار سطح: عدم مصرف کود (شاهد) (B_1)، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (NPK) (B_2)، کود زیستی (فسفاته بارور ۲ + ازتو بارور۱ + پتا بارور۲+ سولفوبارور۱) (B_3) و ورمی کمپوست (B_4) بودند.

جدول ۱- میانگین بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا شهرستان نقده در سال ۹۶-۱۳۹۵

Table 1. Average rainfall, temperature and relative humidity of Naqadeh, Iran (2016)

		مهر Sep.	آبان Oct.	آذر Nov.	دی Dec.	بهمن Jan.	اسفند Feb.	فروردین Mar.	اردیبهشت Apr.	خرداد May.	تیر Jun.
Rainfall (mm)	بارندگی	4.5	14.7	59	13.8	38.2	64.6	38.6	12	2.7	2.2
Temperature (C°)	دما	15.1	10	-1.6	-4.7	-2.7	3.6	10.7	22.5	20.2	24.5
RH (%)	رطوبت نسبی	57.6	69.3	71.5	85.1	82.6	73.4	64.2	59.4	51.8	56

جدول ۲ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی و ورمی کمپوست

Table 2. Physical and chemical properties of the soil of experiment site and vermicopost

	بافت Texture	پتاسیم قابل جذب K_{ava} (mg.kg $^{-1}$)	فسفر قابل جذب P_{ava} (mg.kg $^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	موادآلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (dS.m^{-1})	اسیدیته (pH)
خاک Soil	رس سیلتی Silty- Clay	242	11.7	0.09	1.09	0.52	7.75
ورمی کمپوست Vericompost	-	2.61	3.10	3.82	8.69	4.08	8.15

برای تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی کوددهی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۲۵ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) در زمان کاشت، ۷۰ کیلوگرم فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل) و ۵۰ کیلوگرم پتاس (از منبع سولفات پتاسیم) به صورت نواری همزمان با بذرکاری و تماماً قبل از کاشت انجام شد. در تیمارهای کودهای زیستی و آلی از هیچ نوع کود شیمیایی استفاده نشد. بذر هر دو گیاه یک ساعت قبل از کشت با کود زیستی فسفاته بارور۲ (حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات: پانتوآ آگگلومرانس (*Pantoea agglomerans*) و سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) با تعداد 10^9 باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک)، ازتو بارور۱ (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر با تعداد 10^9 باکتری زنده و فعال در هر

گرم کود بیولوژیک) و پتا بارور۲ (حاوی باکتری‌های آزادکننده پتاسیم از جنس سودوموناس با تعداد 10^8 باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک)، هرسه به صورت پودر با نسبت‌های ۱۰۰ گرم در هکتار، بر اساس دستورالعمل توصیه شده توسط شرکت زیست فناور سبز، تلقیح شدند. برای تیمار کود زیستی از سولفوبارور۱ (حاوی باکتری تیوباسیلوس با تعداد 10^8 باکتری زنده و فعال در هر گرم کود بیولوژیک) به صورت پودر به میزان ۷ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. برای اطمینان از اثربخشی آن سه هفته قبل از کاشت به کرت‌های سولفوبارور۱ مقداری گوگرد جهت فعالیت باکترهای این کودها اضافه و با خاک مخلوط گردید. کود ورمی‌کمپوست نیز قبل از کاشت به میزان ۱۰ تن در هکتار در تیمارهای مورد نظر به‌طور یکنواخت پخش و با خاک مخلوط شد. فواصل بین ردیف برای هر دو گیاه ۵۰ سانتیمتر و طول ردیف‌ها چهار متر بود. بذرهای بزرک به فاصله سه سانتیمتر و بذرهای نخود به فاصله هشت سانتی متر روی ردیف‌ها در تاریخ ۲۰ اسفند ماه سال ۱۳۹۵ به‌صورت جوی و پشته، به‌طور همزمان کشت شدند. تراکم نهایی در کشت خالص برای نخود و بزرک به‌ترتیب ۲۵ و ۶۶/۶۶ بوته در متر مربع بود. بذرهای نخود قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم (*Rhizobium leguminosarum*) آغشته شدند که از سازمان تحقیقات آب و خاک کرج تهیه شده بود. وجین علف‌های هرز به‌طور مرتب به‌صورت دستی انجام شد. نخود مورد استفاده از توده‌های بومی شهرستان نقده با مشخصات؛ ارتفاع بوته ۲۵ سانتی‌متر، پروتئین دانه ۱۸ درصد، میانگین عملکرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و طول دوره رشد ۹۰ تا ۱۱۰ روز و بزرک مورد استفاده از توده بومی شاهین‌دژ با مشخصات؛ ارتفاع بوته ۲۵ تا ۴۰ سانتی‌متر، میانگین عملکرد ۴۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار، میزان روغن دانه ۳۰ تا ۴۰ درصد و طول دوره رشد آن ۱۱۰ تا ۱۳۰ روز، بود.

در مرحلهٔ گلدهی بوته‌های نخود، جهت شمارش تعداد گره‌های ریزوبیومی ابتدا پنج بوته با ریشه کامل از عمق ۵۰ سانتیمتری خاک با بیل برداشت و پس از شستشو با آب مقطر، ریشه‌ها در زیر میکروسکوپ چشمی مشاهده شدند. تعداد گره‌های روی ریشه‌های هر بوته که شامل گره‌های فعال (صورتی رنگ) و غیرفعال (گره‌های خاکستری رنگ) بودند، شمارش شدند (Liu *et al*, 2017; Tadayyon and Ghorbaninejad, 2012). در پایان فصل رشد، جهت محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، برداشت بوته‌ها با رعایت اثر حاشیه از مساحت شش متر مربع از هر کرت انجام شد. برداشت نخود و بزرک به‌صورت همزمان در پنجم تیر ۱۳۹۶ زمانی که رنگ غلاف‌های نخود و کپسول‌های بزرک زرد شده بودند، انجام شد. میزان پروتئین دانه نخود بر اساس میزان نیتروژن دانه با استفاده از روش کجلدال تعیین شد. میزان پروتئین دانه از حاصل ضرب میزان نیتروژن در ۵/۶۴ محاسبه شد (Sosulski and Holt, 1980). میزان روغن بزرک نیز با استفاده از دستگاه سوکسله و حلال ان هگزان اندازه‌گیری شد (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2015). عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد روغن محاسبه شد. برای ارزیابی کشت مخلوط نخود و بزرک در مقایسه با کشت خالص، از شاخص نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio; LER) (بر اساس عملکرد دانه) (رابطه ۱) استفاده شد (Mazaheri, 1998):

$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

Y_1 و Y_2: به ترتیب عملکرد گونه‌های بزرک و نخود در مخلوط و F_1 و S_2: عملکرد بزرک و نخود در کشت خالص هستند.

جهت تجزیه داده‌ها از نرم افزار SAS 9.4 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات گیاهی نخود

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نسبت‌های مخلوط و نوع کود بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد گره‌های ریشه و میزان پروتئین دانه نخود اثر معنی‌داری داشت، اما اثر متقابل نسبت‌های مخلوط و نوع کود بر هیچ کدام از صفات مورد نظر معنی‌دار نبود.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر نسبت‌های مخلوط قرار گرفتند. به‌طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نخود از کشت خالص و در سیستم کشت مخلوط، کمترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از تیمار چهار ردیف بزرک: دو ردیف نخود و بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از تیمار چهار ردیف نخود: دو ردیف بزرک حاصل شد. نسبت یک ردیف نخود: یک ردیف بزرک تفاوت معنی‌دار با نسبت دو ردیف نخود: دو ردیف بزرک نداشت (جدول ۳).

عملکرد دانه نخود در نسبت‌های مخلوط در مقایسه با عملکرد مورد انتظار، در الگوی کاشت ۱:۱، ۲:۲، نخود ۲:۴ بزرک و بزرک ۲:۴ نخود به ترتیب ۲۶/۸، ۳۰/۴، ۱۸/۲ و ۴۴/۵ درصد بیشتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که عملکرد هر یک از گیاهان در واحد سطح یکسان بیشتر از کشت خالص آنها بوده و نشان دهنده برتری کشت مخلوط بر کشت خالص است. به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط نسبت به عملکرد مورد انتظار، به دلیل استفاده مکملی از عناصر غذایی و سایر منابع توسط اجزای کشت مخلوط، نیاز به ورودی‌های خارجی کمتر و افزایش تعداد گره‌های ریزوبیومی آن نسبت به کشت خالص و تثبیت بیشتر نیتروژن در نتیجه اثر مساعدتی باشد. در کشت مخلوط تاخیری آفتابگردان و باقلا مشخص شد که بیشترین عملکرد باقلا از کشت مخلوط تک ردیفی، به‌دلیل بهبود کارایی مصرف منابع به‌دست آمد. بر این اساس گزارش شد زمانی که در کشت مخلوط دو گونه همراه دورهٔ رشد خود را همزمان با گیاه دیگر تکمیل می‌کنند، غالبیت یک گونه باعث کاهش عملکرد گونهٔ دوم می‌شود (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2015). در ارزیابی کشت مخلوط نخود و زیره سبز گزارش شد که عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش داشت (Zarifpour *et al.*, 2014). در تحقیق دیگری نیز کاهش عملکرد دانه حبوبات در کشت مخلوط زیره سبز و عدس توسط رضائی چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2014) ، ذرت و لوبیا توسط هیرپا (Hirpa, 2014) و گندم و نخود توسط جوانمرد و همکاران (Javanmard *et al.*, 2016) گزارش شده است.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار ورمی‌کمپوست دارای بیشترین و تیمار عدم مصرف کود دارای کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بودند (جدول ۳). در این تحقیق به نظر می‌رسد که در تیمار کود زیستی، به‌دلیل اثرات هم افزایی متقابل باکتری‌ها (ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس و تیوباسیلوس) تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفات غیرمتحرک و کاهش اسیدیته خاک و تولید انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک)، باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده و با تأثیر روی فرآیندهای فتوسنتزی منجر به افزایش عملکرد دانه نخود گردید. گزارش شده است که ورمی‌کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک باعث تحمل به خشکی بالا در گیاهان در شرایط کمبود آب می‌گردد که این موضوع می‌تواند در زراعت دیم و شرایط تنش خشکی مؤثر باشد (Tadayyon and Ghorbaninejad, 2012). خاک‌های حاوی ورمی‌کمپوست دارای عناصر غذایی زیادی به ویژه نیتروژن، فسفر، کلسیم، پتاسیم و عناصر ریز مغذی از جمله آهن، روی، منگنز و مس می‌باشند و با آزادسازی تدریجی آنها، باعث افزایش عملکرد، به

جدول ۳ - مقایسه میانگین اثر تیمارهای کشت مخلوط و نوع کود بر خصوصیات گیاهی نخود

Table 3. Mean comparison of plant characteristics of chickpea in intercropping and fertilizer source treatments

تیمارهای آزمایشی Treatments		عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه مورد انتظار Expected seed yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گره‌های ریزوبیومی No. of rhizobium nodules	پروتئین دانه Protein content of seed (%)
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratios						
Sole cropping	کشت خالص	1798a	629a	629.0	28.5d	15.3d
1 row chickpea : 1 row linseed	مخلوط یک ردیف نخود: یک ردیف بزرک	1303c	430c	314.5	38.3a	19.8a
2 rows chickpea : 2 rows linseed	مخلوط دو ردیف نخود: دو ردیف بزرک	1395c	452c	314.5	34.6b	18.5b
4 rows chickpea : 2 rows linseed	مخلوط چهار ردیف نخود: دو ردیف بزرک	1527b	513b	419.3	34.0b	17.9bc
2 rows chickpea : 4 rows linseed	مخلوط چهار ردیف بزرک: دو ردیف نخود	1160d	377d	209.6	31.2c	17.4c
منابع کود Fertilizer source		عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه Seed yield ($kg.ha^{-1}$)		تعداد گره‌های ریزوبیومی No. of rhizobium nodules	پروتئین دانه Protein content of seed (%)
Without fertilizer	بدون مصرف کود	126c	439c		29.7c	16.3c
Biofertilizers	*کود زیستی	1403b	478b		34.6ab	18.1b
Vermicopost	ورمی کمپوست	158a	514a		36.2a	18.9a
Chemical fertilizer	کود شیمیایی	1492ab	490ab		32.8b	17.8b

*کود زیستی: ازتو بارور۱ + فسفات بارور۲ + پتا بارور۲+ سولفوبارور۱

Biofertilizer: Azoto Barvar1+ Phosphate Barvar2+ PotaBarvar2+ Sulfur Barvar1

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

خصوص در شرایط کمبود آب، می‌شوند (Tohidinejad *et al.*, 2011). تدین و قربانی نژاد (Tadayyon and Ghorbaninejad, 2012) گزارش کردندکه گیاه نخود، واکنش خوبی به کمپوست در شرایط دیم دارد، به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه از برهمکُنش آبیاری تکمیلی و مصرف ۱۵ تن کمپوست در هکتار به‌دست آمد. در کشت مخلوط باقلا و بادرشبی در تیمارهای کودهای آلی و شیمیایی مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح از کشت خالص باقلا به‌دست آمد و تیمار کود شیمیایی و ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار کود زیستی، از نظر افزایش عملکرد دانه برتری داشتند (Vafadar-Yengeje *et al.*, 2017). در کشت مخلوط شنبلیله و زنیان در تیمارهای کودهای زیستی و شیمیایی مشخص شد که بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شنبلیله به‌ترتیب در تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی به‌دست آمد (Rezaei-Chiyaneh *et al.*, 2015).

نتایج نشان داد که نسبت‌های مخلوط اثر معنی‌داری بر تعداد گره‌های ریزوبیومی ریشه داشتند. تیمار یک ردیف نخود + یک ردیف بزرک بیشترین و کشت خالص کمترین تعداد گره را دارا بودند (جدول ۳). نتایج تحقیقات نشان داده است که وقتی بقولات در کنار گونه دیگر به صورت مخلوط کشت می‌شوند، به‌دلیل اثر مکملی جزء بقولات، مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک شده و در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آنها افزایش می‌یابد (Hauggard-Nielson *et al.*, 2001). در تحقیق حاضر نیز به‌نظر می رسد که افزایش تعداد گره در ریشه نخود در کشت مخلوط به‌دلیل اثرات مکملی و مساعدتی نخود از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و در دسترس قرار دادن آن به گونه مجاور باعث شده فعالیت ریزوبیوم که در ریشه نخود گره سازی می‌کنند، بیشتر شده و در نتیجه سرعت و تشکیل تعداد گره نیز در ریشه افزایش یابد. در تأیید این نتایج افزایش تعداد گره‌های ریزوبیومی در ریشه باقلا در کشت مخلوط با گندم نسبت به کشت خالص نیز گزارش شده است (Liu *et al.*, 2017).

نتایج نشان داد که بیشترین تعداد گره‌های ریزوبیومی در ریشه نخود در تیمار ورمی کمپوست و کمترین تعداد گره‌های ریزوبیومی در تیمار شاهد وجود داشت، هر چند تفاوت معنی‌داری بین تیمار ورمی کمپوست و کود زیستی از نظر تعداد گره‌های ریزوبیومی وجود نداشت (جدول ۳). با توجه به شرایط دیم آزمایش، به‌نظر می‌رسد که خشکی باعث کاهش تعداد ریزوبیوم‌های همزیست در ریشه گیاهان می‌شود. بعلاوه خشکی از طریق کاهش فعالیت تنفسی گره‌ها و کاهش انتقال نیتروژن تثبیت شده به خارج گره‌ها، بر تثبیت نیتروژن تأثیر می‌گذارد، اما ورمی‌کمپوست به عنوان یک مادهٔ آلی با حفظ بهتر رطوبت از ابتدای رشد گیاه نخود، امکان بقا، فعالیت و همزیستی باکتری‌های ریزوبیومی را با گیاه نخود در شرایط محدودیت رطوبت، فراهم می‌کند. در تحقیق دیگری نیز گزارش شد که تعداد گره‌های ریزوبیومی نخود تحت تاثیر مصرف ورمی‌کمپوست افزایش یافت (Tadayyon and Ghorbaninejad, 2012).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان پروتئین دانه از کشت یک ردیف بزرک+ یک ردیف نخود وکمترین میزان آن از کشت خالص نخود حاصل شد (جدول ۳). نتایج تحقیق کشت مخلوط نخود و سیاهدانه نشان داد که در اثر رقابت شدید بین دو گونه اغلب اندازه و وزن دانه کاهش و غلظت پروتئین در واحد وزن افزایش می‌یابد (Gholinezhad & Rezaei-chiyaneh, 2014). نتایج یک تحقیق نشان داد که وقتی بقولات در کنار گونه دیگر به صورت مخلوط کشت می‌شوند، به‌دلیل اثر مکملی جزء بقولات، مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک شده و در نتیجه تعداد گره‌های فعال و سرعت تشکیل آن‌ها

افزایش می‌یابد و افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، باعث افزایش میزان پروتئین دانه نیز می‌شود (Hauggard-Nielson *et al*., 2001).

تیمار ورمی کمپوست بیشترین پروتئین دانه و تیمار شاهد کمترین پروتئین دانه را داشتند (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد که با مصرف منابع کودی به‌خصوص ورمی‌کمپوست در شرایط کمبود آب، تعداد گره‌های ریزوبیومی در ریشه افزایش یافته و نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، در نتیجه میزان پروتئین دانه در تیمار مذکور نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده است. همچنین، به‌نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق جلوگیری از هدرروی نیتروژن توانسته است نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار دهد. ناظری و همکاران (Nazeri *et al*, 2010) در لوبیا سفید گزارش کردند که در تیمار کود زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی، بیشترین میزان پروتئین دانه را تولید کرد.

صفات گیاهی بزرک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نسبت‌های مخلوط و منابع کودی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، درصد و عملکرد روغن دانه بزرک معنی‌دار بودند، ولی اثر متقابل تیمار کودی و نسبت‌های مخلوط بر هیچ کدام از صفات مزبور اثر معنی‌داری نداشتند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه بزرک از کشت خالص و کمترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه از نسبت مخلوط یک ردیف نخود: یک ردیف بزرک به‌دست آمد (جدول ۴). عملکرد دانه بزرک در کشت مخلوط در مقایسه با عملکرد مورد انتظار، در الگوی کشت ۱:۱، ۲:۲، نخود ۲:۴ بزرک و بزرک ۲:۴ نخود به ترتیب ۷/۱، ۲۵/۷، ۴۶/۹ و ۲۰/۸ درصد بیشتر بود که نشان دهنده مزیت کشت مخلوط بزرک با نخود در واحد سطح یکسان می‌باشد.

افزایش عملکرد در کشت مخلوط را می‌توان به‌دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای برای منابع محیطی ذکر کرد که با کاهش فشار رقابتی و افزایش کارایی استفاده از منابع و همچنین تثبیت زیستی نیتروژن توسط نخود، تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این موضوع باعث بهبود رشد و عملکرد بزرک در کشت مخلوط شده است. در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله گزارش شد که وجود شنبلیله در کشت مخلوط از طریق فراهمی نیتروژن، باعث بهبود عملکرد زیره سبز شد (Rezvani Moghadam and Moradi, 2013). در کشت مخلوط نواری گندم-کلزا مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح اشغالی کلزا در سیستم ۵:۱۶ ردیف گندم -کلزا و کمترین آن در کشت خالص به‌دست آمد (Amirmardfar *et al*, 2016). این محققان دلیل افزایش عملکرد کلزا در واحد سطح اشغالی را به اصل تولید مساعدتی نسبت دادند. اصل تولید مساعدتی در کشت‌های مخلوط وقتی مطرح است که گیاهان زراعی محیط‌های یکدیگر را در جهت مثبت تغییر می‌دهند. آنچه که می‌تواند در اصل تولید مساعدتی مطرح شود، تسهیل جذب عناصر غذایی، کاهش حمله آفات، بیمارگرها و علف‌های هرز در کشت مخلوط نسبت به کشت‌های خالص می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه و کمترین مقادیر آنها به‌ترتیب به تیمار ورمی‌کمپوست و عدم مصرف کود تعلق داشتند. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۲/۸۱ و ۱۲/۷۷ درصد بیشتر بود. بین تیمارهای کود زیستی با کود شیمیایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). ورمی‌کمپوست از طریق حلالیت و جذب عناصر غذایی و متعاقب آن افزایش محتوای کلروفیل، بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه به خصوص فتوسنتز در شرایط کمبود آب، اثر مثبت داشته و باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. به نظر می‌رسد که در تیمار

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر تیمارهای کشت مخلوط و نوع کود بر خصوصیات گیاهی بزرک

Table 4. Means comparison of plant characteristics of linseed in intercropping and fertilizer source treatments

تیمارهای آزمایشی Treatments		عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه مورد انتظار Expected seed yield (kg.ha^{-1})	روغن دانه Oil content of seed (%)	عملکرد روغن مورد انتظار Expected oil yield (kg.ha^{-1})	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha^{-1})
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratios							
Sole cropping	کشت خالص	3571a	945a	945	34.35d	325.0	325a
1 row chickpea + 1 row linseed	مخلوط یک ردیف نخود: یک ردیف بزرک	1975d	509d	472.5	37.70a	162.5	192d
2 rows chickpea : 2 rows linseed	مخلوط دو ردیف نخود: دو ردیف بزرک	2492c	636c	472.5	35.74c	162.5	228c
4 rows chickpea : 2 rows linseed	مخلوط چهار ردیف نخود: دو ردیف بزرک	2345c	594c	315.0	36.18bc	108.3	220c
2 rows chickpea : 4 rows linseed	مخلوط چهار ردیف بزرک: دو ردیف نخود	3030b	796b	630.0	36.88ab	216.6	289b
منابع کود Fertilizer source		عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})		روغن دانه Oil content of seed (%)		عملکرد روغن Oil yield (kg.ha^{-1})
Without Fertilizer	بدون مصرف کود	2381c	603c		33.6c		201c
Biofertilizers	*کود زیستی	2682b	700b		36.4b		253b
Vermicompost	ورمی کمپوست	2958a	794a		37.8a		298a
Chemical fertilizer	کود شیمیایی	2730b	692b		36.9b		254b

*کود زیستی: ازتو بارور۱ + فسفات بارور۲ + پتا بارور۲+ سولفوبارور۱

Biofertilizer: Azoto Barvar1+ Phosphate Barvar2+ PotaBarvar2+ Sulfur Barvar1

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

کود زیستی نیز ریزوباکتری‌های تحریک کنندهٔ رشد با افزایش دسترسی گیاه به عناصر مغذی مهمی چون نیتروژن و فسفر و افزایش رشد ریشه، باعث افزایش عملکرد دانه نخود در شرایط دیم می‌شوند. پایین بودن عملکرد در تیمار کود شیمیایی شاید به‌دلیل کاهش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، به دلیل کاهش رطوبت خاک باشد که باعث کاهش کارایی جذب عناصر توسط ریشه‌های گیاه نخود می‌شود.

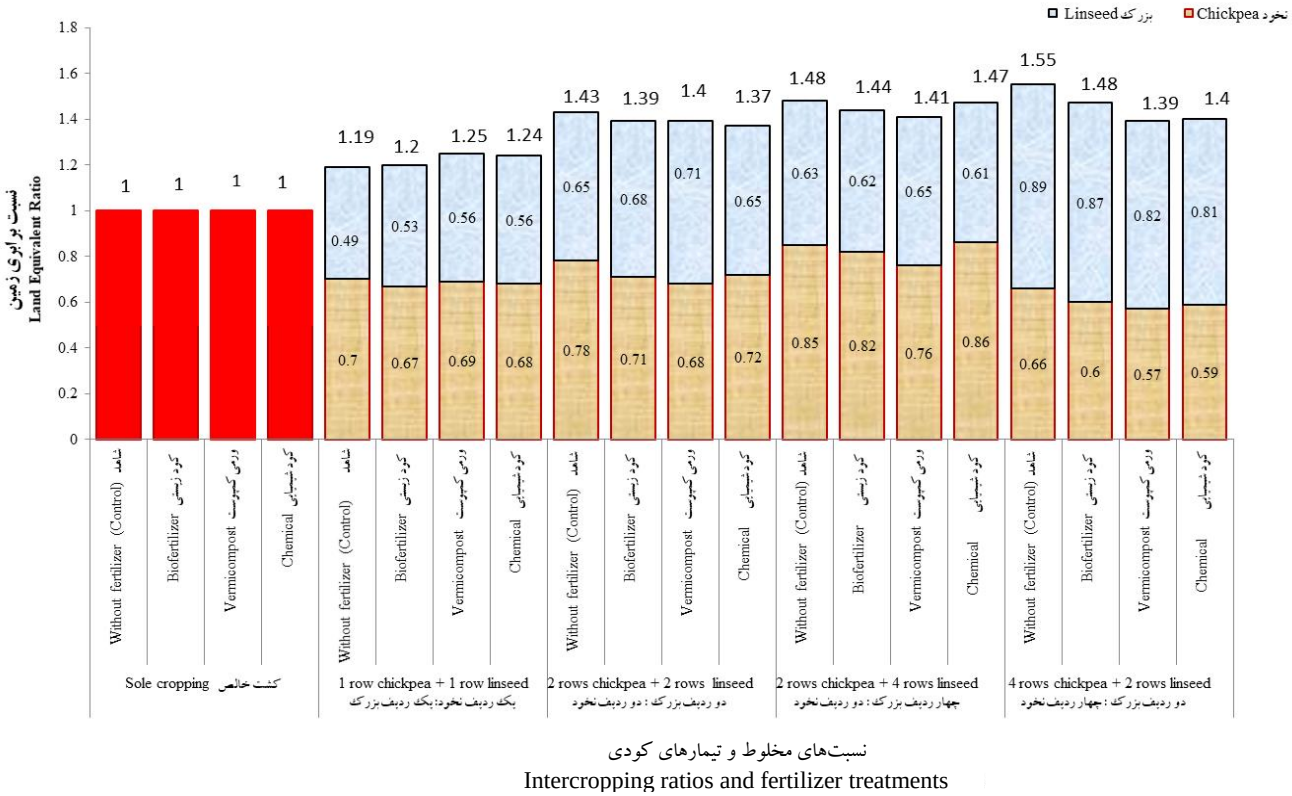
نتایج نشان داد که محتوای روغن دانه در تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. کمترین و بیشترین میزان روغن دانه به ترتیب از کشت خالص و کشت مخلوط یک ردیف بزرک: یک ردیف نخود حاصل شد (جدول ۴). با توجه به اینکه افزایش فتوسنتز می‌تواند باعث افزایش روغن دانه نیز شود، به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش روغن دانه در کشت مخلوط به علت افزایش توانایی گیاه برای جذب بیشتر تابش و بهبود توان رقابتی گیاه برای جذب عناصر غذایی بوده و در این حالت تخصیص منابع و توزیع آن‌ها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار دانه قرار گرفته و انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن می‌تواند باعث افزایش روغن دانه شود. در کشت مخلوط آفتابگردان و باقلا (Rezaei-chiyaneh *et al*, 2015) نیز گزارش شد که میزان روغن دانه آفتابگردان در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان روغن دانه مربوط به تیمار ورمی‌کمپوست و کمترین میزان روغن به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) تعلق داشت و تیمار کود زیستی و تیمار کود شیمیایی در رتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که مصرف کودهای زیستی به همراه کودهای آلی از طریق کاهش اسیدیته خاک و فراهم نمودن شرایط مناسب جذب عناصر غذائی پر مصرف و عناصر کم‌مصرف (آهن، روی و مس)، باعث افزایش روغن دانه بزرک شدند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین عملکرد روغن از کشت مخلوط یک ردیف بزرک: یک ردیف نخود و بیشترین عملکرد روغن از کشت خالص به‌دست آمد (جدول ۴). عملکرد روغن بزرک در کشت مخلوط در مقایسه با عملکرد مورد انتظار در الگوی کشت ۱:۱، ۲:۲، نخود ۲:۴ بزرک و بزرک ۲:۴ نخود به ترتیب ۱۵/۳، ۲۸/۷، ۵۰/۷ و ۲۵/۰ درصد بیشتر بود. این موضوع نشان می‌دهد که عملکرد روغن بزرک در واحد سطح یکسان بیشتر از کشت خالص بزرک بود. به نظر می‌رسد که دلیل افزایش عملکرد روغن بزرک در کشت مخلوط در مقایسه با عملکرد مورد انتظار، کمتر بودن رقابت نخود با بزرک، توانایی گیاه برای جذب بیشتر تابش و افزایش جذب عناصر غذایی باشد که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این موضوع باعث بهبود رشد و افزایش روغن دانه شده است. در کشت مخلوط ذرت و بادام زمینی نیز گزارش شد که بالاترین عملکرد روغن از کشت خالص بادام زمینی به دست آمد (Seyed noori *et al*, 2016).

بین منابع کودی نیز تفاوت معنی‌داری از لحاظ درصد و عملکرد روغن دانه مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین و بیشترین درصد و عملکرد روغن به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) و مصرف ورمی کمپوست بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با مصرف ورمی کمپوست، جذب عناصر غذایی و تشکیل کمپلکس‌های آلی قابل جذب افزایش و قابلیت جذب آنها توسط گیاه افزایش می‌یابد. کارکرد اصلی گوگرد در گیاهان، کمک به ساخت اسیدهای آمینهٔ گوگرددار (متیونین و سیستئین)، تشکیل کلروفیل، فعال کردن آنزیم‌های تجزیه‌کنندهٔ پروتئین، شرکت در ساختار ویتامین‌های بیوتین و فعالیت ATP سولفوریلاز است. گوگرد همچنین از مواد تشکیل دهندهٔ کوآنزیم آ (A) است که زمانی که با

اسید استیک ترکیب می‌شود، استیل کوآنزیم آ (A) به‌وجود می‌آید که در متابولیسم چربی‌ها اهمیت دارد. به‌نظر می‌رسد که با اکسایش گوگرد در خاک و تولید اسید سولفوریک با حضور باکتری تیوباسیلوس، اسیدیته خاک کاهش یافته و باعث انحلال و افزایش فعالیت و کارایی سایر باکترهای موجود در تیمار کود زیستی شده و قابل جذب شدن ترکیبات عناصر غذایی مانند فسفر، آهن، روی، مس، منگنز می‌شود. بعلاوه جذب بهتر این عناصر، باعث افزایش میزان روغن در دانه بزرک می‌شود (Heldt and Piechulla , 2013).

نتایج نشان داد که حداکثر نسبت برابری زمین (LER جزئی) بزرک (۰/۸۹) در کشت مخلوط ۴ ردیف بزرک : ۲ ریف نخود در شرایط عدم مصرف کود و حداکثر LER جزئی نخود (۰/۸۶) نیز در کشت مخلوط ۲ ردیف بزرک : ۴ ردیف نخود در تیمار کود شیمیایی به‌دست آمد. به طور کلی، میانگین نسبت برابری جزئی بزرک نسبت به نخود بالاتر بود که می‌توان چنین استنباط نمود که بزرک از کشت مخلوط با نخود اثر مثبت پذیرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه بزرک و نخود در تیمارهای نسبت‌های مخلوط و نوع کودی

Fig. 1. Land Equivalent Ratio (LER) for seed yields of linseed and chickpea in intercropping ratios and fertilizer source treatments

محققان دیگری در کشت مخلوط سیاهدانه و نخود گزارش کردند که LER جزئی در سیاهدانه بالاتر از نخود بود و سیاهدانه از کشت مخلوط با نخود اثر مثبت بیشتری پذیرفته بود (Gholinezhad & Rezaei-Chiyaneh, 2014).

نسبت برابری زمین کل در تیمارهای مخلوط بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این نسبت‌های مخلوط می‌باشد. کشت

مخلوط ۴ ردیف نخود : ۲ ردیف بزرک در شرایط عدم مصرف کود بیشترین میزان نسبت برابری زمین کل (۱/۵۵) را در بین نسبت‌های مخلوط داشت که معادل ۵۵ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود (شکل ۱). به نظر می‌رسد که گیاه بزرک از مزایای کشت مخلوط به‌نحو مطلوبی استفاده کرده و این برتری نسبی برای مخلوط این دو گیاه در شرایط کمبود منابع غذایی مناسب به نظر می‌رسد. از دیگر دلایل افزایش سودمندی اقتصادی سیستم‌های کشت مخلوط می‌توان به انتخاب دو گونه زراعی با نیازهای اکولوژیک مختلف اشاره نمود. در این آزمایش به دلیل اثرات تسهیل و تکمیل کنندگی، نسبت برابری زمین دو گونه در تیمارهای مخلوط افزایش داشت. امینی‌فر و همکاران (Aminifar *et al.*, 2016) در ارزیابی کشت مخلوط کنجد با لوبیا چشم بلبلی گزارش کردند که بیشترین نسبت برابری زمین کل مربوط به تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد کنجد: ۵۰ درصد لوبیا چشم بلبلی بود که ناشی از اثر مثبت گیاه لوبیا چشم بلبلی ازطریق تثبیت نیتروژن روی رشد کنجد و کاهش رقابت درون گونه‌ای برای دسترسی به‌منابع محیطی در این نسبت بود. در کشت مخلوط جو و شنبلیله گزارش شد که بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۱۸) مربوط به ترکیب کشت مخلوط ۱۰۰ درصد جو: ۵۰ درصد شنبلیله در تیمار ۳۶ تن در هکتار کود دامی بود که نشان دهنده این بود که دو گیاه در این نسبت مخلوط با کارایی بیشتری از امکانات موجود بهره‌برداری کرده و زیست توده بیشتری تولید کردند و در نتیجه کشت مخلوط آنها بر تک کشتی ارجحیت داشت (Ghanbari *et al.*, 2016). در کشت مخلوط باقلا و بادرشبی در تیمارهای کودهای آلی و شیمیایی (Vafadar-Yengeje *et al.*, 2017) و کشت مخلوط سیاهدانه و نخود (Gholinezhad and Rezaei-Chiyaneh, 2014) در کلیه نسبت‌های مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که نشان دهنده کارایی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌باشد.

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که نسبت‌های مخلوط و نوع کود بر خصوصیات دو گیاه بزرک و نخود اثر معنی‌داری داشتند. بیشترین عملکرد دانه هر دو گونه از کشت خالص آنها به‌دست آمد، اما عملکرد هر یک از گیاهان در واحد سطح یکسان بیشتر از تک کشتی بود. در تحقیق حاضر در تیمار کود زیستی به دلیل اثرات هم افزایی متقابل باکتری‌ها (ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس و تیوباسیلوس) تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفات، کاهش اسیدیته خاک و تولید انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک)، باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده و با تأثیر روی فتوسنتز باعث افزایش عملکرد دانه هر دو گونه گردید. مصرف ورمی‌کمپوست نیز در مقایسه با سایر منابع کودی، باعث بهبود خصوصیات گیاهی هر دو گونه در شرایط دیم شد. بنابراین، با توجه به کمبود مواد آلی در اغلب دیمزارها و با در نظر گرفتن اثرات مثبت منابع کودی، به خصوص ورمی‌کمپوست، می‌توان از این منبع کودی اکولوژیکی جهت پایداری تولید استفاده کرد و آنها را به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی در نظر گرفت.

منابع مورد استفاده

References

Aminifar, J., M. Ramroudi, M. Galavi and G. R. Mohsenabadi. **2016.** Assessment of cotton (*Gossypium* spp) productivity in rotation with intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). Iran. J. Crop Sci. 18(2): 120-134. (In Persian with English abstract).

Amirmardfar, R., A. Dabbagh Mohammadi Nassab, Y. Raei, S. Khaghaninia, R. Amini and S.H. Tabataba Vakili. 2015. Evaluation of yield and yield components of oilseed rape in the wheat-oilseed rape strip intercropping influenced by chemical and biological fertilizers. J. Crop Ecophysio.8 (32): 437-450. (In Persian with English abstract).

Dabbagh Mohammadi Nassab, A., R. Amini and E. Tamar. 2015. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) and three cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping with application of biofertilizers and chemical fertilizers. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 25(1): 99-112. (In Persian with English abstract).

Ghanbari, S., M. R. Moradi Telavat and S. A. Siadat. 2016. Effect of manure application on forage yield and quality of barley (*Hordeum vulgare* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. Iran. J. Crop Sci.17 (4): 315 -328. (In Persian with English abstract).

Gholinezhad, E. and E. Rezaei-Chiyaneh. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iran. J. Crop Sci. 16(3): 236-249. (In Persian with English abstract).

Hauggard-Nielson, H., P. Ambus and E. S. Jenson. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Res. 70: 101-109.

Heldt, H. W. and B. Piechulla. 2011. Plant Biochemistry (Fourth Ed.) Academic Press. 622 pp.

Hirpa T. 2014. Effect of intercrop row arrangemnt on maize and haricot bean productivity and the residual soil .World J. Agric. Sci. 4: 69-77.

Jahan, M. and M. Nasiri Mahalati. 2013. Soil fertility and biological fertilizers and agroecological approach. Mashhad Jadah Daneshghahi Press. pp 250. (In Persian).

Javanmard, A., A. Rostami, M. Nouraein and Gh. Gharekhani. 2016. Agronomical, ecological and economical evaluation of wheat- chickpea intercropping under rainfed condition of Maragheh. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 26(1): 19-37. (In Persian with English abstract).

Liu, Y. CH., M. X., Qin, J. X. Jing, L. Tang, Ch. Z. Wei, J. J. Wei and Y. Zheng. 2017. Intercropping influences component and content change of flavonoids in root exudates and nodulation of faba bean. J. Plant Interact. 12(1): 187–192.

Mahdavi Maraj, T., A. Ghanbari and M. R. Asghari Pour. 2015. Intercropping of barley and ajwain under different of manure and chemical fertilizers. J. Appl. Res. Plant Ecophysiol. 1 (4): 63-78. (In Persian with English abstract).

Mashhadi, T., A. Nakhzari Moghaddam and H. Sabouri. 2015. Investigation of competition indices in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen consumption. J. Agroecol. 3(7): 344-355. (In Persian with English abstract).

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Press. pp 310. (In Persian).

Nassiri Mahallati, M., A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and A. Beheshti. 2001. Agroecology. Ferdowsi

University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. pp 460. (In Persian).

Nazeri, P., A. Kashani, K. Khavazi, M.R. Ardakani, M. Mirakhori and M. Pour Siahbidi. 2010. The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L). J. Agroecol. 2: 175-185. (In Persian with English Summary).

Rezaei-Chiyaneh, E., M. Tajbakhsh, O. Valizadegan and F. Banaei Asl. 2014. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. J. Agroecol. 5(4): 426-472. (In Persian with English abstract).

Rezaei-Chiyaneh, E., M. Tajbakhsh and S. Fotohi-Chiyaneh. 2015. Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 24(4): 1-15. (In Persian with English abstract).

Rezaei-Chiyaneh; E., S. Khorramdel and P. Garachali. 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower and faba bean on their yield and land use efficiency. J. Crops Improv.17 (1): 183-196. (In Persian with English abstract).

Rezvani Moghadam, P. and R. Moradi. 2013. Evaluation of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essence quantity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and fenugreek (*Trigonellafoenum-graecum* L.). Iran. J. Field Crop Sci. 43(2): 217-230. (In Persian with English abstract).

Seyed noori, O., M. Mostafavi Rad and M. H. Ansari. 2016. Evaluation of grain yied, land equivalent ratio and fatty acids combination of peanut oil in intercropping with corn as affected by different levels of nitrogen. J. Crops Improv. 4(18): 805-820. (In Persian with English abstract).

Sosulski, F., W. and N. W. Holt. 1980. Amino acid composition and nitrogen-to-protein factors for grain legumes. Can. J. Plant Sci. 60: 1327-1331.

Tadayyon, M. R and A. J. Ghorbaninejad. 2012. Effect of supplementary irrigation and compost application on morphological traits and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Iran. J. Pulses Res. 2(3): 31-44. (In Persian with English abstract).

Tohidinejad, E., H. Madani and M. Jenabi. 2011. Organic fertilizers and vermicompost. Shahid Bahonar University of Kerman Publication. pp 150. (In Persian).

Vafadar-Yengeje, L., R. Amini and A. Dabbagh Mohammadi Nassab. 2017. Yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.) in intercropping with moldavian balm (*Dracocephalum moldavica*) under organic and chemical fertilizers. J. Agric. Sci. Sustain. Prod. 27(4): 121-136. (In Persian with English abstract).

Zarifpour, N., M. T. Naseri Poor Yazdi and M. Nasiri Mahallati. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characterastis of Species. Iran. J. Field Crops Res. 12(1):34-43. (In Persian with English abstract).

Effect of planting pattern and fertilizer source on agronomic characteristics of linseed (*Linum usitatissimum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) in intercroppng under rainfed conditions

S. Asadi[1], E. Rezaei-chiyaneh [2] and R. Amirnia[3]

ABSTRACT

S. Asadi, E. Rezaei-chiyaneh and R. Amirnia. 2019. Effect of planting pattern and fertilizer source on agronomic characteristics of linseed (*Linum usitatissimum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) in intercroppung under rainfed conditions**.** **Iranian Journal of Crop Sciences. 21(1): 16-30. (In Persian).**

To study the effect of planting pattern and fertilizer source on agronomic characteritics of linseed and chickpea in intercropping in rainfed conditions, a field experiment was conducted as factorial arrangenents in randomized complete block design with three replications in Naqadeh, Iran in 2016-2017 cropping season. The first factor included six cropping patterns; one row chickpea: one row linseed, two rows chickpea: two rows linseed, four rows chickpea: two rows linseed, two rows chickpea: four rows linseed and sole cropping of each crops. The second factor included four fertilizer sources; without fertilizer (Control), 100% chemical fertilizers (NPK), biofertilizers (Azoto Barvar1+ Phosphate Barvar2+ PotaBarvar2+ Sulfur Barvar1) and vermicompost (10 $t.ha^{-1}$). The results showed that the effect of intercropping ratios and fertilizer sources were significant on seed yield, biological yield, oil content and oil yield of lineseed and seed yield and biological yield, number of rhizobium nodules and protein content of seed of chickpea. The highest seed yield of both species was obtained from sole cropping (linseed 945 $kg.ha^{-1}$ and chickpea 629 $kg.ha^{-1}$), however, the average seed yield of each crop, in the same per unit area, was higher than sole cropping (linseed 161. 5 and chicpea 128.5 $kg.ha^{-1}$). The oil content of linseed (6.60%) and seed protein content of chickpea (20.26%) were higher in intercropping as compared with sole cropping. The use of fertilizer sources, especially the use of vermicompost, could increase the studied traits of both species in comparison with the control. The maximum LER (1.55) obtained from four rows of chickpea + two rows of linseed in control (without fertilizer). This means that intercropping improved land use efficiency by 55% when compared with sole cropping. Considering the goals of sustainable agriculture and elimination of chemical inputs, the intercropping ratio of four rows of chickpea + two rows of linseed without fertilizer application was more suitable package.

Key words: Biofertilizer, Land equivalent ratio, Seed oil content, Seed Protein content and Vermicompost.

Received: April, 2018 Accepted: January, 2019

1. MSc Student, Urmia University, Urmia, Iran
2. Assistant Prof., Urmia University, Urmia, Iran (Corresponding author) (Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)
3. Associate Prof., Urmia University, Urmia, Iran