Archive of SID

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۸۵-۶۹

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 69-85

ارزیابی عملکرد کمی و کیفی نخود (*Cicer arietinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) در کشت مخلوط تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط آبیاری تکمیلی

اسماعیل رضائی چیانه[1*]، یحیی رسولی[2]، جلال جلیلیان[3] و مسعود قدسی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۲/۱۷

رضائی چیانه، ا.، رسولی، ی.، جلیلیان، ج.، و قدسی، م. ۱۳۹۸. ارزیابی عملکرد کمی و کیفی نخود (*Cicer arietinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) در کشت مخلوط تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط آبیاری تکمیلی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱):۸۵-۶۹.

چکیده

این آزمایش به‌منظور بررسی مقایسه الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی نخود (*Cicer arietinum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۲۴ تیمار در مزرعه‌ای واقع در آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال زراعی ۱۳۹۳- ۱۳۹۲ به اجرا در آمد. عامل اول شش نوع الگوی کاشت شامل کشت خالص نخود، کشت خالص جو، کشت مخلوط ۱ ردیف جو+ ۱ ردیف نخود، ۲ ردیف جو+ ۲ ردیف نخود، ۴ردیف جو+ ۲ردیف نخود و ۲ ردیف جو+ ۴ ردیف نخود و عامل دوم چهار سطح کود شامل عدم کاربرد کود (شاهد)، ۱۰۰٪ کود شیمیایی (NP) ،کود زیستی (*ازتو بارور* ۱+ فسفاته بارور ۲) و ۵۰٪ کود شیمیایی+ کود زیستی بود. نتایج در مورد گیاه نخود نشان داد که بیشترین عمکرد دانه از کشت خالص با ۲۲۰/۷۵ گرم در متر مربع و کمترین عملکرد دانه با ۷۸/۹۱ گرم در متر مربع مربوط به الگوی کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود بود. بین تیمارهای کودی مورد استفاده بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک نخود از تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی و کمترین عملکرد از عدم مصرف کود به‌دست آمد. نتایج نشان داد که بیشترین عمکرد دانه جو (۴۱۴/۱۲ گرم در متر مربع) از کشت خالص و کمترین عملکرد دانه (۲۰۶/۶۶ گرم در متر مربع) مربوط به الگوی کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود بود. در بررسی تیمارهای کودی بیشترین و کمترین عملکرد دانه و بیولوژیک به ترتیب از تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی و شاهد به‌دست آمد. کشت مخلوط ۲ ردیف جو+ ۲ ردیف نخود در شرایط کاربرد کود شیمیایی بیشترین (۱/۳۴) میزان نسبت برابری زمین کل را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط به خود اختصاص داد که معادل ۳۴ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود با توجه به اهداف کشاورزی پایدار با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه مصرف نهاده‌های شیمیایی، تیمار عدم کاربرد کود و کود دهی تلفیقی برای نسبت ۲ ردیف جو+ ۲ ردیف نخود مناسب و قابل توجیه است.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، الگوی کاشت، *سودوموناس*، کشاورزی پایدار، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشاورزان در کشاورزی رایج به‌منظور افزایش تولید در واحد سطح، به‌مصرف کودهای شیمیایی روی آورده‌اند، ولی مصرف کودهای شیمیایی در طولانی‌مدت ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی خاک‌ها را تحت تأثیر قرار داده و با کاهش نفوذپذیری خاک، گسترش ریشه گیاهان را دچار مشکل ساخته و در نهایت منجر به کاهش عملکرد خواهد شد. از طرفی، این موضوع باعث کاهش کیفیت تولیدات کشاورزی و مشکلات زیست محیطی، آلودگی منابع خاک و آب و کاهش حاصلخیزی خاک نیز می‌شود (Tohidinia et al., 2014). بنابراین، یکی از راهکارهای رفع این مشکل، اعمال راهکارهایی مبتنی بر استفاده از اصول دراز مدت کشاورزی اکولوژیک در بوم نظام‌های زراعی می‌باشد. به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. کاهش این مخاطرات زیست محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیازمند به کارگیری تکنیک‌های نوین زراعی است. از جمله این

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۴- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی مرکز تحقیقات خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.71201

www.SID.ir

Archive of SID

تکنیک‌ها استفاده از کودهای زیستی است (Inanloofar et al., 2013). کودهای زیستی نه تنها از مزایای اقتصادی و زیست محیطی فراوانی برخوردارند، بلکه علاوه بر تـأمین نیازهـای فعلـی گیـاه، پایـداری نظـام‌هـای کشاورزی در درازمدت را نیز به دنبال دارد. بنابراین، برای دستیابی به توسعه پایدار در کشاورزی و تحقق اهداف و سیاست‌های پیش‌بینی شده در این راستا، استفاده از راهکاری مناسب برای تأمین نیازهای غذایی گیاه به کمک موجودات زنده ساکن خاک ضروری خواهد بود که استفاده از کودهای زیستی می‌تواند راهکار مؤثری برای این کار باشد.

کودهای زیستی (بیولوژیک) شامل مواد نگه‌دارنده با تراکم زیاد از یک یا چند نوع میکروارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده متابولیت این موجودات می‌باشند که در ناحیه اطراف ریشه یا بخش‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روش‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sing & Kapoor, 1998). معمولاً این میکروارگانیسم‌ها از طریق تولید هورمون‌های رشد نظیر جیبرلین، سیتوکینین و اکسین، تسهیل در جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، نیتروژن، پتاسیم و عناصر میکرو از خاک و کاهش یا جلوگیری از بیماری‌ها در گیاهان نقش چشمگیری دارند (Jahan & Nassiri Mahallati, 2012). چنین به‌نظر می‌رسد که با بهره‌گیری از کودهای زیستی در نظام‌های کشاورزی پایدار ضمن افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌توان افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان را نیز در این سیستم انتظار داشت.

کشت مخلوط عبارت از کشت دو یا چند محصول در یک قطعه زمین و در طول یک سال زراعی است (Hauggaard-Nielsen et al., 2009). کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مهمترین سیستم‌های کشاورزی قابل اجرا در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌تواند به‌جهت افزایش تنوع محصولات و افزایش سود حاصله در واحد سطح و زمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. یکی از دلایل اصلی که کشاورزان در جهان کشت مخلوط را بر تک‌کشتی ترجیح می‌دهند این است که در اغلب موارد تولید بیشتری از کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از همان مقدار زمین به‌دست می‌آید (Yang et al., 2014). افزایش تولید در کشت مخلوط را به کاهش رشد علف‌های هرز، کاهش خسارت آفات و بیماری‌ها، سرعت رشد بیشتر و استفاده بهتر از منابع در دسترس می‌توان نسبت داد (Yang et al., 2014). در زراعت مخلوط، وقتی دو گونه با خصوصیات رشدی متفاوت در کنار هم قرار می‌گیرند از منابع محیطی خود بهتر و بیشتر استفاده می‌نمایند و رقابت کمتری را با یکدیگر در یک آشیان اکولوژیک در جذب آب، مواد غذایی و نور با یکدیگر ایجاد می‌کنند که این موضوع باعث افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی می‌شود (Yousef Nia et al., 2015; Borghi et al., 2013). در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) با ماش (*Vigna radiata* L.) گزارش شده است که عملکرد بیولوژیک جو در کشت خالص بالاتر از نسبت‌های کشت مخلوط بود (Sengul, 2003). در کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک هر دو گونه از کشت خالص حاصل شد، اما بالاترین درصد پروتئین دانه نخود و درصد روغن همیشه بهار از کشت مخلوط ردیفی به‌دست آمد (Valizadegan, 2015). در کشت مخلوط جو و زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) که تحت تأثیر کودهای دامی و شیمیایی صورت گرفت مشخص شد که اثر تیمارهای کودی و آرایش کشت بر عملکرد و اجزای عملکرد زنیان و جو معنی‌دار بود (Mahdavi Maraj et al., 2015). در تحقیق دیگری بر روی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و نخود مشخص شد که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه نخود و تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه گندم تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفتند (Javanmard et al., 2016).

بقولات از جمله گیاهانی محسوب می‌شوند که به‌دلیل قدرت تثبیت نیتروژن از جایگاه ویژه‌ای در کشت مخلوط برخوردارند و نخود زراعی گونه‌ای از بقولات است که در مناطق نیمه خشک کشت و کار وسیعی دارد (Majnoun Hosseini, 2008). جو گیاهی یک ساله از تیره گندمیان و یکی از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی می‌باشد که دامنه انتشار و سازگاری اقلیمی وسیعی دارد. این گیاه معمولاً برای تولید دانه کشت می‌گردد و مصارف بسیار زیادی در تغذیه انسان و دام دارد (Hamzei & Seyedi, 2015).

در این راستا، نظر به اهمیت کودهای زیستی، تحقیق حاضر با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی در بهبود عملکرد محصولات زراعی و حفظ محیط زیست و افزایش عملکرد و کارایی استفاده از زمین از طریق استفاده بهینه از منابع در سیستم کشت مخلوط دو گونه جو و نخود در راستای اهداف کشاورزی پایدار در شرایط آب و هوایی نقده اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

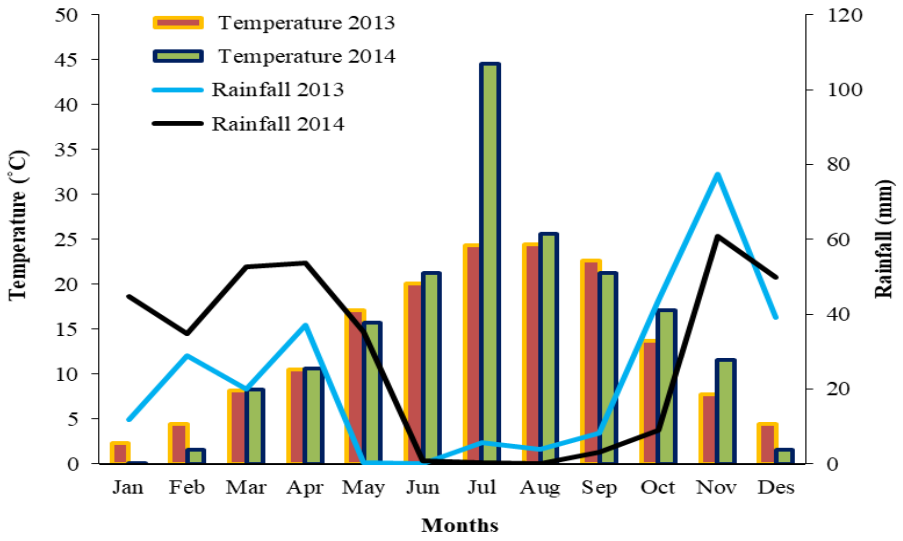
این آزمایش درسال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه‌ای واقع در آذربایجان غربی- شهرستان نقده با طول جغرافیایی °۴۵ و ´۲۴ و عرض جغرافیایی °۳۶ و ´۵۷ و ارتفاع ۱۳۲۸ متر از سطح دریا و با متوسط دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر ۱۲/۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی‌متر به اجرا در آمد (شکل ۱).

www.SID.ir

Archive of SID

قبل از کاشت، از محل اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونهٔ خاک تهیه و سپس تیمارهای کودی بر اساس نقشه طرح، در کرت‌های مورد نظر اعمال و با خاک مخلوط گردید.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- میانگین بارندگی و درجه حرارت شهرستان نقده در سال ۹۳-۱۳۹۲
Fig. 1- Average rainfall and temperature of Nagadeh city in 2013-2014

جدول ۱ -خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$ ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل T. N (%)	درصد موادآلی O.C (%)	فسفر قابل جذب P available ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب K available ($mg.kg^{-1}$)
رس سیلتی Silty clay	7.8	0.87	0.16	1.18	12.44	398

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ۲۴ تیمار اجرا شد. عامل اول شامل شش نوع سیستم کاشت (فاکتور A) و سه نوع تیمار کودی (فاکتورB) در این آزمایش به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت: A_1: کشت خالص نخود، A_2: کشت خالص جو، A_3: کشت مخلوط ۱ ردیف جو+ ۱ ردیف نخود، A_4: ۲ ردیف جو+ ۲ ردیف نخود، A_5 : ۴ردیف جو+ ۲ردیف نخود، A_6: ۲ ردیف جو+ ۴ ردیف نخود و عامل دوم شامل چهار سطح کود: B_1: عدم کاربرد کود (شاهد)، B_2: ۱۰۰٪ کود شیمیایی (NP)، B_3: کود زیستی (فسفاته بارور ۲ + ازتوبارور ۱) و B_4: ۵۰٪ کود شیمیایی+ کود زیستی بود.

کوددهی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۱۲۰ کیلوگرم کود اوره به‌صورت سرک (در سه مرحله قبل از کاشت، مرحله ساقه رفتن جو و شروع سنبله‌دهی)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار به‌صورت نواری عمقی همزمان با بذرکاری تماماً قبل از کاشت برای تیمار ۱۰۰٪ شیمیایی مورد نظراعمال گردید. در تیمار کودی ۵۰٪ شیمیایی+ کود زیستی نصف این مقادیر اعمال شد. به‌علت بالا بودن مقدار پتاسیم قابل جذب، از کود پتاسیم استفاده نشد. بذر هر دو گیاه یک ساعت قبل از کشت با کود زیستی فسفاته بارور- ۲ (حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های *باسیلوس لنتوس*[1] و *سودوموناس پوتیدا*[2]) و ازتوبارور-۱ (حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر*) هر دو به‌صورت پودر با نسبت‌های مشخص (۱۰۰ گرم در هکتار) و بر اساس دستورالعمل توصیه شده

1- *Bacillus lentus*
2- *Pseudomonas putida*

www.SID.ir

Archive of SID

شرکت زیست فناوری سبز تلقیح شدند. به این صورت که محتوی بسته با آب مخلوط و روی بذرها اسپری شدند تا یک پوشش کاملاً یکنواخت روی سطح آن‌ها تشکیل شود و سپس بذرها در سایه خشک شدند و عملیات کاشت صورت گرفت. فاصله بین ردیف برای جو ۲۰ و برای نخود ۴۰ سانتی‌متر به طول چهار متر بود. فاصله بین کرت‌ها یک و نیم متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر سه متر در نظر گرفته شد. تراکم جو ۳۵۰ و برای نخود ۳۰ بوته در واحد سطح در نظر گرفته شد. بذور جو در تاریخ ۱۵ مهر ماه ۱۳۹۲ و بذور نخود ۲۰ اسفندماه ۱۳۹۲ کشت شدند. بذر استفاده شده جو رقم والفجر و نخود لاین ILC482 بود که به ترتیب از اداره جهاد کشاورزی نقده و از سازمان تحقیقات دیم مراغه تهیه شده بود. عملیات وجین علف‌های هرز به‌طور مرتب به صورت دستی و در هنگام لزوم انجام شد و عملیات آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و پر شدن دانه جو به‌ترتیب در تاریخ ۱۰ اردیبهشت و ۱۰ خرداد ماه صورت گرفت.

در پایان فصل رشد، ابتدا از هر کرت به‌طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن هزار دانه برای نخود و تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه برای جو اندازه‌گیری شدند. جهت محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی برداشت هر دو گونه در ۱۰ تیر ماه از سطحی معادل ۳/۶ متر مربع از هر کرت صورت گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از جدا نمودن بذور دو گونه، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس همراه بذورتوزین شدند.

میزان پروتئین دانه نخود از روی میزان نیتروژن نمونه محاسبه و با استفاده از روش هضم تر با استفاده از دستگاه کجلدال مدل BUCHI-B324 تعیین شد. با اندازه‌گیری میزان نیتروژن، پروتئین از حاصل ضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به‌دست آمد (Nazeri et al., 2010).

برای ارزیابی کشت مخلوط جو و نخود در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین[1] (بر اساس عملکرد دانه) با استفاده از معادله ۱ استفاده شد (Hauggaard-Nielsen et al., 2009):

$$LER = (Y_{chb}/ Y_{chch}) + (Y_{bch}/ Y_{bb}) \quad \text{(معادله ۱)}$$

در این معادله، Y_{chb} و Y_{bch}: به ترتیب عملکرد در کشت مخلوط و Y_{chch} و Y_{bb}: نیز عملکرد در کشت خالص است.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.4 و مقایسه میانگین‌ها آماری توسط آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات مورد بررسی گیاهی نخود

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت بر تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و میزان پروتئین دانه معنی‌دار بود، اما تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت قرار نگرفتند. همچنین اثر نوع کود بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود ($p\leq0.01$)، اما اثر متقابل بر هیچ یک از صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

بیشترین تعداد غلاف در بوته (۲۰/۴۰ عدد) و کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۱/۷۹ عدد) به‌ترتیب از الگوی کشت خالص نخود و یک ردیف جو+ یک ردیف نخود به‌دست آمد. هر چند الگوی کشت دو ردیف جو+ چهار ردیف نخود از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری باکشت خالص نخود نداشت (جدول ۳). در تیمارهای چهار ردیف جو+ دو ردیف نخود و یک ردیف جو+ یک ردیف نخود به‌علت رقابت شدید برون گونه‌ای، نخود قادر به افزایش تعداد غلاف نبوده که این موضوع با نتایج حمزه‌ای و سیدی (Hamzei & Seyedi, 2013) در کشت مخلوط نخود و جو مطابقت دارد.آندایی و همکاران (Undie et al., 2012) در بررسی کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) علت کاهش تعداد غلاف در بوته سویا را در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص به‌علت افزایش رقابت برون گونه‌ای و کاهش منابع محیطی در دسترس گیاهان گزارش کردند.

مقایسه تیمارهای کودی مورد استفاده بیانگر این بود که تعداد غلاف در بوته در نتیجه کاربرد منابع کودی در مقایسه با عدم مصرف کود به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۴)؛ به‌طوری‌که تعداد غلاف در بوته در تیمارهای مصرف کود زیستی، شیمیایی و تلفیقی نسبت به عدم مصرف کود (شاهد) به‌ترتیب ۹/۵۳، ۱۷/۰۲ و ۲۶/۷۷ درصد افزایش نشان داد. تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی+ شیمیایی در تعداد غلاف را می‌توان ناشی از فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن از طریق استفاده از کود زیستی دانست. رضائی‌چیانه و همکاران (Rezaei-Chiyaneh et al., 2015) در بررسی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) گزارش کردند که استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی تأثیر معنی-داری بر تعداد غلاف در بوته شنبلیله داشت که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت داشت.

بیشترین وزن هزار دانه از کشت خالص نخود با ۲۶۳/۱۷ گرم و کمترین از الگوی یک ردیف جو+ یک ردیف نخود با ۱۸۶/۵۰ گرم به‌دست آمد. بین تیمارهای دو ردیف جو+ دو ردیف نخود و دو ردیف جو+ چهار ردیف نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳).

1- Land equivalent ratio

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی نخود تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط با جو و نوع کود

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) on quantitative and qualitative yield of chickpea affected by different intercropping patterns with barley and fertilizer type

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن هزار دانه 1000 - seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	درصد پروتئین دانه Percentage of protein seed
تکرار Replication	2	3.94 $^{n.s}$	0.051**	211.66 $^{n.s}$	982.81**	13155.31 *	1.74 $^{n.s}$
الگوی کشت (C) Cropping pattern (C)	4	149.85 **	0.005 $^{n.s}$	9209.85 **	33454.60**	341438.55 **	19.91 **
کود (F) Fertilizer (F)	3	41.69 **	0.141**	995.79 **	10008.86**	111633.64 **	21.59 **
C×F	12	1.82 $^{n.s}$	0.007 $^{n.s}$	80.94 $^{n.s}$	497.59$^{n.s}$	5497.43 $^{n.s}$	0.821$^{n.s}$
خطا Error	38	1.61	0.008	83.59	340.32	2992.12	1.49
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.62	7.51	4.10	13.17	12.10	6.32

n.s ، ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

** and $^{n.s}$: are significant at 1% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد کمی و کیفی نخود در الگوهای مختلف کشت مخلوط با جو

Table 3- Mean comparisons of quantitative and qualitative yield of chickpea in barley intercropped pattern

الگوی کشت Cropping pattern	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield ($g.m^{-2}$)	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)
کشت خالص Pure culture	20.40 ^{a*}	263.17 ^{a}	220.75 ^{a}	716.16 ^{a}	17.21 ^{c}
۱ ردیف جو + ۱ ردیف نخود 1-row chickpea + 1-row barley	11.79 ^{c}	186.50 ^{d}	78.91 ^{d}	269.25 ^{d}	20.33 ^{a}
۲ ردیف جو + ۲ ردیف نخود 2-row chickpea + 2-row barley	15.64 ^{b}	214.42 ^{c}	135.42 ^{b}	456.83 ^{b}	20.27 ^{a}
٤ردیف جو + ۲ردیف نخود 2-row chickpea + 4-row barley	15.55 ^{b}	220.25 ^{c}	112.33 ^{c}	352.67 ^{c}	18.97 ^{ab}
۲ ردیف جو + ٤ ردیف نخود 4-row chickpea + 2-row barley	19.81 ^{a}	229.58 ^{b}	149.83 ^{b}	474.25 ^{b}	19.68 ^{b}

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with different letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan's test $p \leq 0.05$.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر کود بر عملکرد کمی و کیفی نخود در کشت مخلوط با جو

Table 4- Means comparison the effect of fertilizer on quantitative and qualitative yield of chickpea with barley

کود Fertilizer	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن هزار دانه 1000 -seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield ($g.m^{-2}$)	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)
عدم کاربرد کود (شاهد) Control (No fertilizer)	14.68 d*	1.05 c	212.93 c	104.60 c	339.53 c	17.79 c
کود زیستی Biofertilizer	16.08 c	1.20 b	226.87 a	142.53 b	450.66 b	19.22 b
کود شیمیایی Chemical fertilizers	17.18 b	1.22 b	219.80 b	145.33 b	479.10 b	19.45 b
کود شیمیایی + کود زیستی Chemical fertilizers+ biofertilizer	18.61 a	1.28 a	231.53 a	167.74 a	546.67 a	20.71 a

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with different letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan's test $p \leq 0.05$.

کاهش وزن دانه لگوم‌ها در کشت مخلوط به‌دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه ناشی از افزایش بکارگیری آن‌ها در رشد رویشی برای افزایش ارتفاع و تولید برگ با هدف موفقیت در رقابت با گیاه مجاور گزارش شده است (Bakheit & Glala, 2002). پور امیر و همکاران (Pouramir et al., 2010) در ارزیابی کشت مخلوط نخود و کنجد (*Sesamum indicum* L.) دریافتند که وزن هزار دانه نخود در کشت خالص به دلیل عدم رقابت برون گونه‌ای و تولید مواد فتوسنتزی بیشتر نسبت به کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. محققان دیگری در کشت مخلوط سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با نخود و لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L) گزارش کردند که وزن هزار دانه لوبیا در کشت خالص بیشتر از مخلوط بود (Koocheki et al., 2014b). وزن هزار دانه نخود تحت تأثیر نوع کود مصرفی قرار گرفت؛ به‌طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه (۲۳۱/۵۳ گرم) و کمترین وزن هزار دانه (۲۱۲/۹۳ گرم) به‌ترتیب در تیمار کود تلفیقی زیستی+ شیمیایی و عدم مصرف کود به‌دست آمد، اما بین تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی و کود زیستی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). کود زیستی به‌خصوص در شرایط کم‌آبی با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی به‌علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می‌تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزار دانه را بهبود ببخشد (Jahan et al., 2013).

بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک از کشت خالص نخود و کمترین میزان عملکرد از الگوی کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود به‌دست آمد. این در حالی بود که بین کشت دو ردیف جو+ دو ردیف نخود با دو ردیف جو+ چهار ردیف نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). بالا بودن عملکرد دانه و بیولوژیک نخود در کشت خالص می‌تواند به‌دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باشد که در این شرایط هر بوته نخود برای به‌دست آوردن آشیان‌های اکولوژیک یکسان رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار آن قرار گرفته است. چاپاگین و رایسمن (Chapagain & Riseman, 2014) اظهار داشتند که عملکرد در کشت مخلوط زمانی به بیشترین میزان خود می‌رسد که هر گونه آشیان اکولوژیک خود را اشغال کرده باشد و رقابت میان گونه‌ها در حداقل باشد. جوانمرد و همکاران (Javanmard et al., 2016) در کشت مخلوط نخود و گندم به این نتیجه رسیدند که که بیشترین عملکرد نخود از کشت خالص به‌دست آمد که یکی از دلایل کاهش عملکرد دانه نخود در مخلوط در مقایسه با خالص را به کاهش فضای لازم برای رشد و به دنبال آن رقابت برای جذب آب، مواد غذایی و نور نسبت دادند. رضائی‌چیانه (Rezaei-Chiyaneh 2017) در کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و لوبیا چیتی و مردانی و همکاران (Mardani et al., 2015) در کشت مخلوط شنبلیله و انیسون (*Pimpinella anisum* L.) گزارش کردند که در کشت خالص به دلیل عدم رقابت بین گونه‌ای و بالا بودن فضای زیستی عملکرد نسبت به کشت مخلوط افزایش نشان داده بود. مشهدی و همکاران (Mashhadi et al., 2015) علت کاهش عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط را به احتمال زیاد به دلیل رقابت شدید گندم با نخود و همچنین استفاده از منابع غذایی در اول فصل رشد توسط گندم گزارش کردند.

بین تیمارهای کودی بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک از تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی و کمترین عملکرد از عدم مصرف کود به‌دست آمد. در حالی‌که بین تیمار کود شیمیایی و کود زیستی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴) که نشان می‌دهد استفاده از کودهای زیستی می‌تواند از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی

www.SID.ir

Archive of SID

جلوگیری کند. نتیجه تحقیق حاضر نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد نخود طی تغذیه تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده شده اند، نتیجه بهتری ایجاد کردند. کود زیستی برای تداوم حضور عناصر غذایی در گیاه و کودهای شیمیایی برای آغاز عملیات تولید و جبران منبع کودی در خاک دارای اهمیت خاص خود می‌باشند. در تیمارهای ترکیبی به‌دلیل اثرات هم افزایی متقابل باکتری‌ها، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفات غیرمتحرک و کاهش اسیدیته خاک و تولید انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسید پنتوتنیک)، جذب عناصر غذایی را تحریک می‌کنند و با تأثیر روی فرآیندهای فتوسنتزی سبب بهبود اجزای عملکرد دانه و در نهایت منجر به افزایش عملکرد نخود گردید.

بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۰/۳۳ درصد) از کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود وکمترین میزان آن (۱۷/۲۱ درصد) از کشت خالص نخود حاصل شد، هر چند تفاوت معنی‌داری بین الگوهای کشت مخلوط از نظر میزان پروتئین دانه مشاهده نشد (جدول ۳). محققان در کشت مخلوط نخود و سیاهدانه نشان داده‌اند 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). از طرفی نتایج برخی مطالعات نشان داده است که وقتی بقولات در کنار گونه دیگر به‌صورت کشت مخلوط قرار می‌گیرند، به‌دلیل اثر مکملی جزء بقولات جهت تثبیت نیتروژن مقدار بیشتری از نیتروژن تحریک شده و در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آن‌ها افزایش می‌یابد و افزایش تثبیت نیتروژن بقولات، سبب افزایش میزان پروتئین دانه نیز می‌شود (Hauggard-Nielson et al., 2009).

تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی بیشترین پروتئین دانه و شاهد کمترین پروتئین در دانه را دارا بودند، هرچند بین تیمار کود زیستی و کود شیمیایی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که با مصرف تلفیقی کودها، نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و لذا میزان پروتئین در تیمارهای تلفیقی نسبت به سایر تیمارها بیشتر بوده است. ناظری و همکاران (Nazeri et al., 2010) در لوبیا سفید گزارش کردند که تیمار استفاده از کود زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی بیشترین میزان پروتئین دانه را داشت.

عملکرد و اجزای عملکرد جو

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تمامی شاخص‌های مطالعه شده در جو (تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد پروتئین دانه) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای مختلف کاشت و نوع کود قرار گرفتند (جدول ۵). بیشترین تعداد سنبله در متر مربع (۴۱۷/۱۷ عدد) و کمترین تعداد آن (۳۳۶/۹۲ عدد) به‌ترتیب از کشت خالص و الگوی کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود به‌دست آمد، اما بین الگوی کشت دو ردیف جو+ دو ردیف نخود و چهار ردیف جو+ دو ردیف نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). محققان در کشت مخلوط یولاف (*Avena sativa* L.) و نخود اظهار داشتند که در کشت خالص به‌دلیل قرار گرفتن منابع محیطی از قبیل نور قابل دسترس بیشتر نسبت به کشت مخلوط، میزان تمایز گل آذین‌ها در طی مرحله پنجه‌زنی افزایش و در نتیجه تعداد سنبلچه‌ها و گلچه‌ها در هر گل آذین افزایش می‌یابد (Neugschwandtner et al., 2014). دارائی مفرد و همکاران (Daraei Mofrad et al., 2008) در بررسی عملکرد دانه جو در کشت خالص و مخلوط با ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia sativa* L.) گزارش کردند که تعداد سنبله در متر مربع در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش می‌یابد.

بین تیمارهای کودی از نظر تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۷). تیمار تلفیقی کود زیستی+ شیمیایی بیشترین تعداد سنبله در متر مربع (۳۹۱/۶۰ سنبله) و عدم مصرف کود کمترین تعداد سنبله در متر مربع (۳۴۱/۲۰ سنبله) را دارا بودند، اما بین تیمارهای کود شیمیایی و زیستی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷).

در آزمایش توکلی و جلالی (Tavakoli & Jalali, 2016) نیز اثر مثبت کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژنه به‌همراه کودهای زیستی بر تعداد سنبله گندم در مترمربع مثبت ارزیابی شد، چرا که مصرف بهینه کودهای نیتروژن‌دار به‌همراه کود زیستی، کارایی استفاده از این نوع کودها را افزایش داده و موجب افزایش تعداد سنبله گندم گردید. همچنین، آن‌ها دلیل افزایش تعداد سنبله به بهبود جذب آب و مواد غذایی به واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها نسبت دادند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی جو تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و نوع کود

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) on quantitative and qualitative yield of barley affected by different intercropping patterns and fertilizer

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد سنبله در متر مربع Number of spikes per m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	درصد پروتئین دانه Seed protein
تکرار Replication	2	8278.20 **	0.950 n.s	10.30 **	1769.267*	100466.51 **	0.036 n.s
الگوی کشت (C) Cropping pattern (C)	4	11019.35 **	89.042 **	57.24 **	76352.29**	318933.56 **	1.145**
کود (F) Fertilizer (F)	3	6849.12 **	61.533 **	38.21 **	43377.79**	82542.15 **	0.930 **
C×F	12	93.503 n.s	2.242 n.s	0.64 n.s	393.16n.s	4580.34 n.s	0.264 n.s
خطا Error	38	401.46	1.827	1.64	563.24	3656.74	0.180
ضریب تغییرات C.V (%)	-	5.41	6.27	3.96	9.06	4.72	3.68

n.s ، ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

** and n.s: are significant at 1% probability levels and non-significant, respectively.

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد جو در الگوهای مختلف کشت مخلوط با نخود

Table 6- Means comparison of quantitative and qualitative yield of barley in intercropping pattern whit barley

الگوی کشت	تعداد سنبله در متر مربع Number of spikes per m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000- Grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield ($g.m^{-2}$)	درصد پروتئین دانه Seed protein (%)
کشت خالص Pure culture	417.17 a*	25.83 a	35.58 a	414.92 a	1558.50 a	11.04 c
۱ ردیف جو + ۱ ردیف نخود 1-row chickpea + 1-row barley	336.92 c	18.33 c	30.00 d	206.66 d	1148.25 c	11.54 ab
۲ ردیف جو + ۲ ردیف نخود 2-row chickpea + 2-row barley	370.25 b	21.58 b	33.45 b	284.33 b	1282.50 b	11.89 a
٤ردیف جو + ۲ردیف نخود 2-row chickpea + 4-row barley	373.83 b	21.00 b	31.62 cd	266.67 b	1242.00 b	11.62 ab
۲ ردیف جو + ٤ ردیف نخود 4-row chickpea + 2-row barley	351.58 c	20.67 b	30.60 d	237.33 c	1180.17 c	11.42 b

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with different letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan's test $p \leq 0.05$.

تعداد دانه در سنبله در کشت خالص جو در مقایسه با الگوی کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود افزایش ۲۹/۰۳ درصدی را نشان داد، اما بین الگوهای کشت دو ردیف جو+ دو ردیف نخود و چهار ردیف جو+ دو ردیف نخود و دو ردیف جو+ چهار ردیف نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد که در کشت خالص جو، گیاه جو به‌دلیل افزایش فضای زیستی به سمت تولید پنجه‌های بارور و تولید سنبله‌های طویل‌تر و بزرگ‌تر گرایش پیدا می‌کند، همین بزرگ بودن سنبله باعث تولید بذر بیشتر در سنبله

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود این موضوع مطابق با نتیجه محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2013) در بررسی ارزیابی عملکرد و صفات زراعی جو و شبدر برسیم (*Trifolium resupinatum* L.) در کشت‌های خالص و مخلوط بود. سوبکویز (Sobkowicz, 2006) در کشت مخلوط تریتیکاله (*X Triticosecale* witmack L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) گزارش کرد که تعداد دانه در هر سنبله تریتیکاله به‌دلیل رقابت بر سر منابع طبیعی از قبیل نور، آب و مواد غذایی و در نتیجه کاهش طول سنبله در کشت مخلوط کاهش معنی‌داری پیدا کرد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر کود بر عملکرد و اجزای عملکرد جو در کشت مخلوط با نخود

Table 7- Means comparison of effect of fertilizer on quantitative and qualitative yield of barley whit chickpea

کود Fertilizer	تعداد سنبله در متر مربع Number of spikes per m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield ($g.m^{-2}$)	پروتئین دانه Seed protein (%)
عدم کاربرد کود (شاهد) Control (No fertilizer)	341.20 c *	19.33 d	30.33 c	215.90 d	1187.53 c	11.16 b
کود زیستی Biofertilizer	368.53 b	20.73 c	31.89 b	272.67 c	1269.20 b	11.49 a
کود شیمیایی Chemical fertilizers	378.47 ab	21.80 b	33.08 a	296.33b	1308.40 b	11.63 a
۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی %50 Chemical fertilizers+ biofertilizer	391.60 a	24.12 a	34.03 a	345.03 a	1364.00 a	11.73 a

*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر جزء، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

*Means with different letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan's test $p \leq 0.05$.

مقایسه بین حداکثر و حداقل تعداد دانه در سنبله حاکی از افزایش ۱۹/۸۵ درصدی تعداد دانه در سنبله در تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی در مقایسه با عدم مصرف کود (شاهد) بود. همچنین تیمار کود شیمیایی نسبت به‌تیمار کود زیستی تعداد دانه در سنبله را به‌میزان ۴/۹ درصد افزایش داد (جدول ۷). این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی نیز تعداد دانه قابل قبولی تولید کند، اسید ایندولاستیک در کنار سیتوکینین که توسط *ازتوباکتر* تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به‌نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در سنبله می‌گردد (Soleimani Fard et al., 2013). به‌نظر می‌رسد که کمبود عناصر غذایی از جمله نیتروژن در طول فصل رشد از علل اصلی کاهش تعداد دانه در سنبله شاهد باشد. سوجاتا و همکاران (Sujatha et al., 2008) گزارش کردند که مصرف توأم کودهای آلی و زیستی نسبت به‌مصرف جداگانه، با تأمین بهتر عناصر غذایی و در کنار بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط را برای افزایش جذب این عناصر، بهبود تولید و عرضه مواد پرورده به دانه به‌عنوان اصلی‌ترین مخزن گیاه فراهم می‌آورد. در بررسی تأثیر تلقیح با *ازتوباکتر* و مصرف سطوح نیتروژن بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در نظام چند کشتی نشان دادند که همزمان با لگوم‌ها مشخص شد که تلقیح ذرت با *ازتوباکتر* با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه در کشت مخلوط با خلر بیشترین تعداد دانه در ردیف را داشتند (Mirzakhani & Davari, 2013).

کشت خالص جو با ۳۵/۵۸ گرم بیشترین و کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود با ۳۰ گرم کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند، اما بین الگوهای یک ردیف جو+ یک ردیف نخود و چهار ردیف جو+ دو ردیف نخود و دو ردیف جو+ چهار ردیف نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). افزایش نسبت کاشت کاهش وزن هزار دانه را در پی داشت. البته اساساً وزن هزار دانه صفتی است که نسبت به‌سایر اجزای عملکرد کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد، ولی با افزایش نسبت کاشت، به‌دلیل افزایش رقابت، مواد فتوسنتزی کمتری به پر کردن دانه‌ها اختصاص یافته و در نهایت وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (Lafond, 1994). محققان در کشت مخلوط گندم و کلزا (*Brassica napus* L.) گزارش کردند که وزن هزار دانه گندم در خالص بیشتر از مخلوط بود که دلیل آن به کاهش فرآورده‌های

www.SID.ir

Archive of SID

فتوسنتزی اختصاص‌یافته به مقصدهای فیزیولوژیکی نسبت داده شد (Koocheki et al., 2014a).

بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به‌ترتیب از تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی و عدم مصرف کود (شاهد) برابر با ۳۴/۰۳ گرم و ۳۰/۳۳ گرم حاصل شد. هر چند بین تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی و کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۷). تیمارهای کود زیستی و تلفیقی در مقایسه با شاهد به مراتب شرایط مناسب‌تری را برای بهبود فعالیت‌های زیستی داخل خاک مهیا کرده و از طریق جذب مواد غذایی توسط ریشه موجب افزایش وزن هزار دانه گردید. ناصری و میرزایی (Naseri & Mirzaei, 2010) اثر مثبت باکتری ازتوباکتر و *آزوسپیریلیوم* را بر وزن هزار دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و گندم تأیید کرده‌اند.

بیشترین عمکرد دانه از کشت خالص جو با ۴۱۴/۹۲ گرم در متر مربع و کمترین عملکرد دانه با ۲۰۶/۶۶ گرم در متر مربع مربوط به الگوی کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود بود، اما بین الگوهای کشت دو ردیف جو+ دو ردیف نخود و چهار ردیف جو+ دو ردیف نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). به‌نظر می‌رسد بر اثر افزایش رقابت در کشت مخلوط و کاهش منابع محیطی در دسترس عملکرد گونه‌ها در کشت مخلوط کاهش یافته است که در این مطالعه نیز این موضوع تحقق یافت. از آن‌جائی که تراکم هر یک از گیاهان در کشت خالص نسبت به مخلوط بیشتر است و تراکم به عنوان اولین و مهمترین جزء عملکرد می‌باشد، لذا در کشت‌های مخلوط کمتر بودن تراکم بوته هر گونه نسبت به کشت خالص خود دلیل اصلی پائین‌تر بودن عملکرد نیز می‌تواند باشد. تونا و اوراک (Tuna & Orak, 2007) علت کاهش عملکرد گرامینه‌ها در کشت مخلوط با لگوم‌های دانه‌ای را به رقابت لگوم‌ها برای جذب عناصر غذایی یا کمبود انتقال نیتروژن نسبت داده‌اند. هاوگاردنیلسن و همکاران (Hauggard-Nielson et al., 2009) در بررسی خود بر روی کشت مخلوط جو و نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) دریافتند که عملکرد گیاه جو در تمامی تیمارهای کشت مخلوط کمتر از کشت خالص این گیاه بود. حمزه‌ای و سیدی(Hamzei & Seyedi, 2013) در کشت مخلوط نخود و جو دلیل کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را رقابت بین گونه‌ای و کاهش منابع محیطی در دسترس می‌دانند.

بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۵۵۸/۵۰ گرم در متر مربع) از کشت خالص جو و کمترین میزان (۱۱۴۸/۲۵ گرم در متر مربع) از الگوی کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود به‌دست آمد، بین الگوهای کشت دو ردیف جو+ دو ردیف نخود و چهار ردیف جو+ دو ردیف نخود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). دلیل کاهش عملکرد بیولوژیک در کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل رقابت برای جذب نور و نیتروژن در مرحله‌ی رویشی و آب در مرحله‌ی پر شدن دانه و کاهش اجزای عملکرد باشد (Thorsted et al., 2006). محققان دیگری در کشت مخلوط ذرت با سویا (Piri et al., 2017)، کشت مخلوط گندم و کلزا (Koocheki et al., 2006) و کشت مخلوط گندم و نخود (Mashhadi et al., 2015; Javanmard et al., 2016) گزارش کردند که عملکرد دانه و بیولوژیک ذرت و گندم در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود.

بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک از تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی و کمترین عملکرد دانه و بیولوژیک از عدم کاربرد کود (شاهد) به‌دست آمد (جدول ۷)، به‌طوری که تیمار تلفیقی کود زیستی و شیمیایی به‌ترتیب سبب افزایش ۱۶/۹۷ درصد و ۱۲/۹۳ درصدی عملکرد دانه و بیولوژیک نسبت به عدم مصرف کود (شاهد) گردید. با توجه به این‌که یکی موجود در آن‌ها می‌باشد، بنابراین، افزایش بیش از حد کود نیتروژن و یا کاهش نیتروژن معدنی به کمتر از حد آستانه موجب کاهش فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و متعاقباً کاهش عملکرد گردد (Jalali, 2005). در این تحقیق در تیمار تلفیقی استفاده کمتر از کودهای شیمیایی، احتمالاً زمینه برای افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مورد نظر فراهم شده و این امر منجر به‌بهبود سیستم ریشه‌ای و متعاقباً جذب بهتر عناصر غذایی مورد نیاز برای گیاه به‌دنبال داشته و در نهایت، منجر به افزایش عملکرد گیاه جو نیز گردیده است.

کشت مخلوط درصد پروتئین دانه جو را افزایش داد؛ به‌طوری‌که بیشترین درصد پروتئین دانه جو (۱۱/۸۹ درصد) در تیمار دو ردیف جو+ دو ردیف نخود مشاهد شد، که با سایر الگوهای کشت یک ردیف جو+ یک ردیف نخود و دو ردیف جو+ چهار ردیف نخود و چهار ردیف نخود+ دو ردیف جو اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶).

کمترین درصد پروتئین دانه (۱۱/۰۴ درصد) به کشت خالص جو تعلق داشت. دلیل افزایش پروتئین دانه جو در کشت مخلوط به‌تثبیت بیشتر نیتروژن نخود در نتیجه تعداد گره فعال و سرعت و تشکیل آن‌ها در پاسخ به افزایش رقابت با جو بر سر جذب نیتروژن خاک و در نتیجه انتقال نیتروژن تثبیت‌شده می‌توان نسبت داد که سبب افزایش میزان پروتئین دانه جو نیز می‌شود Chapagain & Riseman, (2014). هوگاردنیلسن و همکاران (Hauggaard-Nielsen et al., 2009) مشاهده کردند که در کشت مخلوط جو با نخود میزان استفاده از نیتروژن ۳۱-۱۷ درصد بیشتر از کشت خالص این گیاهان بود و دلیل آن‌را به اثرات مکملی و تسهیل‌کنندگی در کشت مخلوط نسبت دادند. پرین و دوویت (Prin & Dwit, 2005) هم نشان داده‌اند که کشت مخلوط گندم با باقلا باعث افزایش میزان پروتئین دانه گندم از ۱۱ درصد در کشت خالص به ۱۳ درصد در کشت مخلوط شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- نسبت برابری زمین جزئی و نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه جو و نخود در الگوهای مختلف کشت مخلوط

Table 8- Partial land equivalent ratio and land equivalent ratio (LER) for grain yields of barley and chickpea at intercropping pattern.

تیمار های آزمایش Treatments	۱ ردیف جو + ۱ ردیف نخود 1 row chickpea + 1 row barley				۲ ردیف جو +۲ ردیف نخود 2 rows chickpea + 2 rows barley				۴ ردیف جو + ۲ ردیف نخود 4 rows chickpea + 4 rows barley				۲ ردیف جو +۴ ردیف نخود 2 rows barley + 4 rows chickpea			
	عدم کاربرد کود (شاهد) Control	کود زیستی Biofertilizer	کود شیمیایی Chemical fertilizers	۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی %50 Chemical fertilizers+ biofertilizer	عدم کاربرد کود (شاهد) Control	کود زیستی Biofertilizer	کود شیمیایی Chemical fertilizers	۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی %50 Chemical fertilizers+ biofertilizer	عدم کاربرد کود (شاهد) Control	کود زیستی Biofertilizer	کود شیمیایی Chemical fertilizers	۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی %50 Chemical fertilizers+ biofertilizer	عدم کاربرد کود (شاهد) Control	کود زیستی Biofertilizer	کود شیمیایی Chemical fertilizers	۵۰٪ کود شیمیایی + کود زیستی %50 Chemical fertilizers+ biofertilizer
نسبت برابری زمین جزئی جو																
Partial Land Equivalent Ratio of barley	0.45	0.5	0.48	0.54	0.62	0.71	0.73	0.67	0.61	0.64	0.67	0.64	0.50	0.54	0.58	0.63
نسبت برابری زمین جزئی نخود																
Partial Land Equivalent Ratio of chickpea	0.36	0.32	0.38	0.36	0.70	0.55	0.61	0.62	0.51	0.44	0.53	0.55	0.75	0.63	0.69	0.67
نسبت برابری زمین کل Total LER	0.81	0.82	0.86	0.9	1.32	1.26	1.34	1.29	1.12	1.08	1.2	1.19	1.25	1.17	1.27	1.30

www.SID.ir

Archive of SID

تغذیه کودی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار درصد پروتئین دانه را افزایش دادند. مقایسه بین تیمارهای کودی نشان داد که بیشترین درصد پروتئین دانه از تیمار تلفیقی کود شیمیایی+ کود زیستی حاصل شد که در مقایسه با شاهد ۴/۸۵ درصد افزایش نشان داد. هر چند بین تیمارهای کودی از نظر درصد پروتئین دانه جو اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). نامور و خندان (Namvar & Khandan 2013) اظهار داشتند که تلقیح گندم با *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* به‌دلیل افزایش ذخیره نیتروژن در کل گیاه منجر به افزایش پروتئین دانه می‌شود. همچنین کودهای نیتروژنی، واردات نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه در مقایسه با کربوهیدرات‌ها را افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن یا پروتئین دانه می‌گردند. رشیدی و همکاران (Rashidi et al., 2011) گزارش کردند که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی موجب افزایش میزان پروتئین دانه گندم نان گردید. محققان دیگری نیز افزایش پروتئین دانه گندم را در شرایط تلقیح با *ازتوباکتر* را نسبت به عدم مصرف کود گزارش کردند (Amraei et al., 2017).

نسبت برابری زمین (LER)

نسبت برابری زمین معیار (LER) معیار مهمی برای بررسی کارایی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی می‌باشد. نتایج به‌دست آمده نشان داد که حداکثر LER جزئی جو (۰/۷۳) در کشت مخلوط ۲ ردیف جو+ ۲ ریف نخود در شرایط کاربرد کود شیمیایی و حداکثر LER جزئی نخود (۰/۷۵) نیز در کشت مخلوط ۲ ردیف جو+ ۴ ردیف نخود در شرایط عدم کاربرد کود حاصل شد. به طور کلی، میانگین نسبت برابری جزئی نخود (۰/۵۴) نسبت به جو (۰/۵۱) بالاتر بود که می‌توان چنین استباط نمود که نخود از کشت مخلوط با جو اثر مثبت پذیرفته است (جدول ۸). محققان دیگری در کشت مخلوط سیاهدانه و نخود گزارش کردند که LER جزئی در سیاهدانه بالاتر از نخود بود؛ به‌طوری‌که سیاهدانه از کشت مخلوط با نخود اثر مثبت بیشتری پذیرفته بود (Rezaei-Chiyaneh & Gholinezhad, 2015).

با توجه به نتیجه آزمایش نسبت برابری زمین کل در تمامی تیمارهای مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این الگوهای کشت می‌باشد. کشت مخلوط ۲ ردیف جو+ ۲ ردیف نخود در شرایط کاربرد کود شیمیایی بیشترین (۱/۳۴) میزان نسبت برابری زمین کل را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط به خود اختصاص داد که معادل ۳۴ درصد افزایش بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود (جدول ۸).

کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به‌دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع محیطی از قبیل نور، آب و مواد غذایی باشد. نسبت برابری زمین کل بیشتر از یک نشان می‌دهد که علاوه بر اثرات تداخلی مثبت بین گیاهان در کشت مخلوط، رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون گونه‌ای می‌باشد. به عبارت دیگر، اگر LER بیشتر از یک باشد، نشان‌دهنده آن است که تسهیل‌سازی جذب مواد و روابط متقابل به نحو مؤثری در کشت مخلوط بوده است. محققان دیگری در کشت مخلوط بزرک و لوبیا چیتی (Rezaei-Chiyaneh, 2017)، گندم و نخود (Javanmard et al., 2016) و شنبلیله و انیسون (Mardani et al., 2015) مقدار LER کل در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کردند که این امر نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از آن است که عملکرد هر دو گیاه جو و نخود تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت و نوع کود قرار گرفتند. به طوری که عملکرد هر دو گونه در کشت مخلوط تک‌ردیفی بر اثر افزایش رقابت و کاهش فضای زیستی کاهش یافت. اگرچه کشت مخلوط نخود و جو در بیشتر صفات و به‌ویژه در عملکرد دانه، پایین‌تر از کشت خالص نخود و جو بود، ولی نسبت برابری زمین به جز تیمار تک‌ردیفی در بقیه تیمارها بالاتر از یک بود که نشان‌دهنده افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود و این نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است. در تحقیق حاضر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی توانست عملکرد و اجزای عملکرد دانه هر دو گونه را بهبود ببخشد. همچنین بین کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از کودهای زیستی در کشت مخلوط در شرایط کم‌آبیاری یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی است که می‌تواند منجر به کاهش یا عدم وابستگی سیستم‌های زراعی به نهاده‌های شیمیایی آن‌ها شود.

منابع

Amraei, B., Ardakani, M.R., Rafiei, M., Paknejad, F., and Rejali, F. 2017. Effect of Mycorrhizal symbiosis and *Azotobacter* application on wheat (*Triticum aestivum* L.) qualitative traits under dry condition of Khorramabad. Journal of Agroecology 3(9): 722-733. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

Bakheit, B.R., and Glala, A.Y. 2002. Intercropping fababean with some legumes crops for control (*Orobanch crenata* L.). Acta Agronomica Hungarica 50: 1-60.

Borghi, E., Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Sousa, V.V., Martins, P.O., Mateus, G.P., and Costa, C. 2013. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. European Journal of Agronomy 51: 130-139.

Chapagain, T., and Riseman, A. 2014. Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Journal of Field Crops Research 166: 18-25.

Daraei Mofrad, A.R., Azizi, K., Heidari, S., and Ahmadi, A.R. 2008. Evaluating the effects of mono- and intercropping of barley with narbon vetch on barley grain yield and weeds growth. Magazine of Daneshvar 1: 35-44. (In Persian)

Gholinezhad, E., and Rezaei-Chiyaneh, E. 2014. Evaluation of grain yield of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping whit chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Sciences 16: 236-249. (In Persian with English Summary)

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2013. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) intercropping systems using advantageous indices of intercropping under weed interference conditions. Journal of Agronomy and Crop Science 5: 1-12.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2015. Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24(4.1): 75-90. (In Persian with English Summary)

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Ambus, P., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., VonFragstein, P., Pristeri, A., Monti, M., and Jensen, E. S. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbioticN_2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Journal of Field Crops Research 113: 64-71.

Inanloofar, M., Omidi, H., and Pazoki, A. 2013. Morphological, agronomical changes and oil content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and biological/chemical fertilizer of nitrogen. Journal of Medicinal Plants 4: 170-184.

Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2012. Soil fertility and biofertilizers. Ferdowsi University of Mashhad Press P: 250.

Jahan, M., Aryaee, M., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of Sesamum indicum L. with application of cover crops of Lathyrus sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.). Agronomy Journal 1: 1-15. (In Farsi with English Summary)

Jalali, A.H. 2005. Problems and solutions to optimize nitrogen fixation in soybean. Zeitun 162: 25-29. (In Persian)

Javanmard, A., Rostami, A., Nouraein, M., and Gharekhani, Gh. 2016. Agronomical, ecological and economical evaluation of wheat- chickpea intercropping under rainfed condition of Maragheh. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 26 (1): 19-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., and L. Jafari. 2014a. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. Journal of Agroecology 1: 11-20. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani. M., and Jafari, L. 2014b. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8 (In Persian with English Summary)

Lafond, G.P. 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero- till management. Canadian Journal of Plant Science 74: 703-711.

Mahdavi Maraj, T., Ghanbari, A., and Asghari Pour, M.R. 2015. Intercropping of barley and ajwain under different of manure and chemical fertilizers. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 1: 63-78. (In Persian with English Summary)

Majnoun Hosseini, N. 2008. Grain Legume Production. Tehran, Iran. (In Persian)

Mardani, F., Balouchi, H.R., Yadavi, A., and Salehi, A. 2015. Effect of row intercropping patterns on yield, yield components, and weed control of fenugreek (*Trigonella foenumgreacum* L.) and anise (*Pimpinella aanisum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 3: 626-636.

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

Mirzakhani1, M., and Davari, M.R. 2017. The Effect of inoculation with Azotobacter and nitrogen levels on grain and corn (*Zea mays* L.) yield components at simultaneous cropping system with legumes. Journal of Agroecology 9: 63-75. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

Mohammadi, S., Khalil Agdam, N., Khoshnejad, A., Pour Yousef, M., and Jalilnejad, N. 2013. Mixed-cropping and its effects on yield and agronomical traits of barley (*Hordeum vulgar* L.) and bersim clover (*Trifolium alexanderium* L.). Journal of Crop Ecophysiology 7: 229-239. (In Persian with English Summary)

Namvar, A., and Khandan, T. 2013. Response of wheat to mineral nitrogen fertilizer and biofertilizer (*Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp.) inoculation under different levels of weed interference. Journal of Ekologija 2: 85-94.

Naseri, R., and Mirzaei, A. 2010. Response of yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land condition. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 9: 445-449.

Nazeri, P., Kashani, A., Khavazi, K., Ardakani, M. R., Mirakhori, M., and Pour Siah Bidi, M. 2010. The effect of biofertilizer and phosphorus fertilizer banding with Zinc on white bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Agronomy Journal 2: 175-185. (In Farsi with English Summary)

Neugschwandtner, R., and Kaul, P.H. 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components ofoat and pea in intercrops. Journal of Field Crops Research 155: 159-163.

Piri, I., Zendehdel, B., and Tavassoli, A. 2017. Study of Agronomical and ecological parameters of additive and replacement intercropping systems of corn (*Zea maize* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.). Journal of Agroecology 9(1): 705-721. (In Persian with English Summary)

Pouramir, F., Koocheki, A., Nasiri Mahalati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) in intercropping of replacement method. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 747-757. (In Persian with English Summary)

Prin, S.U., and Dwit, J. 2005. Intercropping cereal and grain legumes, A Farmers Perspective, Research at the Louis Bolk inStitute live Stock Department W.W.W.agric.nsw.gov.au.

Rezaei- Chiyaneh, E. 2017. Intercropping of flax Seed (*Linum usitatissimum* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of iron nano chelated and zinc. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 29: 39-56. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2015. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7: 381-396. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., and Fotohi Chiyaneh, S. 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. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24: 1-15. (In Persian with English Summary)

Sengul, S. 2003. Performance of some forage grasses or legumes and their mixtures under dry land condition. European Journal of Agronomy 19: 401-409.

Sing, S., and Kapoor, K.K. 1998. Inoculation whit phosphate solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biology and Fertility of Soils 28: 139-44.

Sobkowicz, P. 2006. Competition between triticale and field beans in additive intercrops. Plant and Soil Environment 52: 42-54.

Soleimani Fard, A., Naseri Rad, H., Naseri, R., and Piri, E. 2013. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on phenological traits, grain yield and yield components of three maize (*Zea mays* L.) cultivars. Journal of Crop Ecophysiologhy 7(1): 71-90. (In Farsi with English Summary)

Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalath, K.V. 2008. Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. Journal Agriculture Sciences 21: 334-338.

Tavakoli, M., and Jalali, A.H. 2016. Effect of different biofertilizers and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of wheat. Journal of Crop Production and Processing 6(21): 33-45. (In Persian with English Summary)

Thorsted, M.D., Olesen, J.E., and Weiner, S. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Journal of Field Crops Research 95: 280-290.

Tohidinia, M.A., Mazaheri, D., Bagher-Hosseini, S.M., and Madani, H. 2014. Effect of biofertilizer Barvar-2 and chemical phosphorus fertilizer application on kernel yield components of maize (*Zea mays cv.* Sc704). Iranian Journal of Crops Sciences 15: 295-307. (In Persian with English Summary)

Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch/oat cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agriculture Biological Science 2: 14-19.

Undie, U.L., Uwah, D.F., and Attoe, E.E. 2012. Effect of intercropping and crop arrangement on yield and productivity of late season maize/soybean mixtures in the humid environment of South Southern Nigeria. Journal of Agricultural Science 4: 37-50.

www.SID.ir

Archive of SID

Valizadegan, A. 2015. Study of yield quality and quantity in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) and species diversity and relative abundance of insects in row and strip intercropping. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 25(3): 15-30. (In Persian with English Summary)

Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., and Yang, W. 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. Journal of Field Crops Research 155: 245-253.

Yousef Nia, M., Banayan Aval, M., and Khorramdel, S. 2015. Evaluation of radiation use and interception of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) intercropping canopy. Journal of Agroecology 7: 381-396. (In Persian with English Summary)

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 69-85

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۸۵-۶۹

Evaluation of quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in intercropping affected by biological and chemical fertilizers in supplemental irrigation condition

E. Rezaei-Chiyaneh[1]*, Y. Rasouli[2], J. Jalilian[3] and M. Ghodsi[4]

Submitted: 25-02-2018
Accepted: 08-05-2018

Rezaei-Chiyaneh, E., Rasouli, Y., Jalilian, J., and Ghodsi, M. 2019. Evaluation of quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in intercropping affected by biological and chemical fertilizers in supplemental irrigation condition. Journal of Agroecology. 11(1):69-85.

Introduction

Intercropping as a method of sustainable agriculture is defined as the simultaneous growing of two or more crops during the same season on the same area of land. Intercropping compared with monoculture has many advantages including the more efficient use of resources (water, nitrogen, and radiation), enhances yield quality, prevention of soil erosion, and reduced incidence of insects, diseases, and weeds. Javanmard et al. (2012) studied the agronomical, ecological and economic evaluation of wheat- chickpea intercropping under rainfed condition of Maragheh reported that the highest pods number per plant, seed number per plant, seed yield of chickpea and spikelet number per spike, grain number per spike, grain yield, protein content, and protein yield were obtained in the sole crops. This research aimed to study the effects of different fertilizers (biological, chemical, integrative) and intercropping of barley with chickpea on their yield and qualitative traits.

Materials and methods

This study was carried out with a factorial design based on Randomized Complete Block Design with three replications and 24 treatments in Naqadeh, Iran during the growing season of 2014-2015. The first factor included six intercropping patterns consist of 1-row chickpea + 1-row barley, 2-row chickpea + 2-row barley, 4-row chickpea + 2-row barley and 2-row chickpea + 4-row barley and monocropping of each crop and the second factor was included control (no fertilizer), 100% chemical fertilizers (NP), biofertilizers and biofertilizers +50% chemical fertilizers.

Barley was harvested when spike turned brown and chickpea was harvested when the first pod of the plants fully matured. Field data were collected by cutting 10 plants randomly from each plot and yield component of each plant was considered as the average for each plot.

Analysis of variance had been done by using SAS 9.4 software was performed for studied parameters. Means were compared with LSD at 5% probability level ($p \leq 0.05$).

Results and discussion

Results showed that intercropping patterns had a significant effect on all of the mentioned traits except the number of seeds per pod of chickpea pea. There was no significant interaction effect between intercropping pattern and fertilizer. The maximum and the minimum grain yield and biological yield of chickpea were obtained at monocropping and row intercropping (1-row chickpea + 1-row barley), respectively. In addition, the highest and the lowest grain yield and biological yield of barley were obtained from monocropping and 1-row chickpea + 1-row barley, respectively. Also, the effect of fertilizer was significant on all traits of both crops. The highest seed yield

1, 2 and 3- Assistant Professor, PhD Student and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
4- Assistant Professor, Agronomist (Wheat & Triticale Researcher) Khorasan-e Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center (KANRRc) Seed and Plant Improvement Department
(*- Corresponding Author Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.71201

www.SID.ir

Archive of SID

and biological yield of chickpea were achieved in the combined usage of fertilizers with 104.60 and 339.53 $g.m^{-2}$ and the maximum grain yield and biological yield of barley were obtained in use of integrated application fertilizers with 215.90 and 1187.53 $g.m^{-2}$, respectively. The highest and the lowest grain protein of barley and chickpea were obtained in the combined usage of fertilizers and control (no fertilizer), respectively.

Calculation of LER revealed that the maximum value (1.34) was calculated for 2-row of barley + 2-row of chickpea with biochemical fertilizer, respectively. Intercropping improved land use efficiency up to 34%, compared with monocropping.

Conclusion

According to the results of this experiment, the highest grain yield for both plants (chickpeas and barley) were achieved in monocropping. However, the lowest grain yield of chickpeas and barley were obtained in intercropping patterns with ratios of 1:1, respectively. The higher grain yield of mono-cropped may be due to the fewer disturbances in the habitat in a homogeneous environment under monocropping systems. In the condition of application biofertilizer, more nutrient accessibility led to an improvement in the yield of chickpeas and barley. Results indicated that application of biofertilizers enhanced the grain and yield components. Among treatments, the combined usage of fertilizers (%50 chemical fertilizers+ biofertilizer) showed a greater increase in studied traits than individual consumption. The positive effect of biofertilizer may result from its ability to improve the availability of nitrogen, phosphorus and other nutrients especially under limited irrigation of the soil which causes decreasing on the nutrient's availability.

Keywords: *Azotobacter*, Land equivalent ratio, Planting pattern, *Pseudomonas*, Sustainable agriculture

www.SID.ir