نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۰ شماره ۳ / سال ۱۳۹۹/ صفحات ۴۰-۲۱

اثر کودهای شیمیایی نیتروژنی و زیستی بر کشت مخلوط لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) و خردل سیاه (*Brassica nigra* L.)

یعقوب راعی[1*]، مهدی صیادی احمدآباد[2]، کاظم قاسمی گلعذانی[1]، سعید قاسمی[3]

تاریخ دریافت:۹۸/٤/۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/٤/۲۹
۱- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳- دانش آموخته دوره دکتری، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبه: E-mail: yaegoob@yahoo.com

چکیده

اهداف: به منظور ارزیابی اثر کودهای شیمیایی نیتروژنی و زیستی در کشت مخلوط لوبیاچیتی و خردل سیاه این آزمایش اجرا شد.

مواد و روش‌ها: فاکتور اول تیمار کودی و در چهار سطح عدم کاربرد کود، کودهای زیستی (ازتو بارور۱ و بارور۲)، کودهای زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی اوره (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) و کودهای زیستی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. الگوی کشت نیز به عنوان فاکتور دوم و در چهار سطح کشت خالص لوبیاچیتی، کشت خالص خردل سیاه، کشت مخلوط افزایشی با نسبت ۵۰ درصد خردل سیاه و تراکم مطلوب کشت خالص لوبیاچیتی و کشت مخلوط افزایشی با تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص بود.

یافته‌ها: درصد پوشش سبز، شاخص کلروفیل برگ و عملکرد دانه در لوبیا چیتی و خردل سیاه و عملکرد روغن خردل سیاه توسط کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی اوره افزایش یافتند. کمترین درصد روغن دانه از تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی حاصل شد. بیشترین مقدار درصد پوشش سبز لوبیا چیتی و خردل سیاه (۹۳/۰۸ درصد) و حداکثر مقدار شاخص کلروفیل برگ لوبیا (۲۳/٦۱) در کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص) حاصل شد. بیشترین عملکرد دانه لوبیا چیتی (۳۲٦۹/۹۲ کیلوگرم در هکتار) و خردل سیاه (۲۰٦٦/٦۵ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین عملکرد روغن خردل سیاه (۸٦۵/٦۵ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص آن‌ها بدست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به شاخص‌های نسبت برابری زمین و مجموع ارزش نسبی مشخص گردید که کشت مخلوط لوبیا چیتی و خردل سیاه سودمندتر ازکشت خالص بود.

واژه‌های کلیدی: خردل سیاه، شاخص کلروفیل، عملکرد روغن، کشت مخلوط، لوبیاچیتی

The Effect of Biological and Chemical Nitrogen Fertilizers on Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Black Mustard (*Brasassica nigra* L.) Intercropping

Yaghoub Raei[1], Mehdi Sayyadi Ahmadabad[2*], Kazem Ghassemi-Golezani[1], Saeid Ghassemi[3]

Received: June 23, 2019 Accepted: July 19, 2020
1-Prof., Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2-MSc graduate, Department of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3-PhD. Graduate, Dept. of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email: yaegoob@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: In order to evaluate the effect of application of biological and chemical nitrogen fertilizers on the intercropping of pinto bean and black mustard, this experiment was conducted.

Materials and Methods: The first factor was considered at four levels: No fertilizer, bio-fertilizers (azotobarvar 1 and barvar 2), bio-fertilizer + 50% chemical fertilizers urea (125 $kg.ha^{-1}$) and bio-fertilizers + 100% chemical fertilizers urea (250 $kg.ha^{-1}$). The cropping pattern was also classified as the second factor in four levels: pure bean, pure black mustard, incremental intercropping with a ratio of 50% black mustard, optimum density of pinto bean mono-cropping, and an incremental intercropping with optimum density of two species in mono-cropping.

Results: Ground cover percentage, leaf chlorophyll index and grain yield in pinto bean and black mustard and also the oil yield of black mustard increased by application of bio-fertilizer + 100% urea fertilizer. The lowest seed oil content was obtained from bio-fertilizer + 100% chemical fertilizer treatment. The highest percentage ground cover of pinto bean and black mustard (93.08%) and maximum leaf chlorophyll index of pinto bean (23.61) were obtained in incremental intercropping with optimum density of two species in mono-cropping. The highest grain yield of pinto bean (3269.92 $kg.ha^{-1}$) and black mustard (2066.65 $kg.ha^{-1}$) and yield of black mustard oil (865.65 $kg.ha^{-1}$) were obtained in their pure cultivation.

Conclusion: Based on the land equivalent ratio and relative value total indices, it was evident that intercropping of pinto bean and black mustard was more beneficial than mono-cropping.

Keywords: Bio-fertilizers, Black mustard, Chemical Fertilizers, Pinto bean, Seed Oil

مقدمه

در چند دهه اخیر با توجه به افزایش جمعیت و تقاضای روزافزون برای مواد غذایی، استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح به‌صورت بی‌رویه صورت گرفته و زیان‌ها و پیامدهای آن علاوه بر اتلاف سرمایه، آلودگی منابع آبی و خاکی، برهم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک و اندام‌های مصرفی گیاهان زراعی، به خطر افتادن سلامتی انسان‌ها و سایر موجودات زنده را به همراه داشته است. بروز مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از هدر رفت کودهای شیمیایی نیتروژنی درنتیجه فرآیندهایی چون تصاعد آمونیاک، دنیتروفیکاسیون و آبشویی نیترات نیز سبب شده است که در سال‌های اخیر سیستم‌های بیولوژیکی تثبیت‌کننده نیتروژن به‌عنوان بخشی از برنامه‌های کشاورزی پایدار جایگزین کودهای شیمیایی گردد (کالابی–فلودی ۲۰۱۸). رویکرد جهانی در تولید گیاهان زراعی به سمت استقرار سیستم کشاورزی پایدار و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی آن‌ها می‌باشد که یکی از این روش‌ها استفاده از کودهای زیستی است. کودهای زیستی به مواد حاصلخیز کننده‌ای اطلاق می‌شوند که حاوی تعداد کافی از یک یا چندگونه از ارگانیسم‌های مفید خاکزی هستند که روی مواد نگه-دارنده مناسبی عرضه می‌شوند. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی باهدف حذف یا کاهش قابل‌ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است. کودهای زیستی در برخی موارد به‌عنوان جایگزین و در اکثر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید را در نظام‌های کشاورزی تضمین کنند. استفاده از کودهای زیستی به‌ویژه همراه با کودهای شیمیایی منجر به فراهمی شرایط مطلوب برای رشد گیاهان می‌شود که در مقایسه با مصرف تنهای آن‌ها، هفت برابر کارآیی بیشتری داشته و گیاه نیز واکنش سریع‌تری به مصرف کود نشان می‌دهد (شارما و همکاران ۱۹۸۲).

حبوبات به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بوده و بعد از غلات دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌آیند. حبوبات ازجمله لوبیاچیتی با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، به‌صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری از فرسایش خاک مؤثر بوده و نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشت ایفا می‌نمایند. این گیاهان کم‌توقع بوده و برای کشت در نظام‌های زراعی کم نهاده مطلوب هستند و لذا ازنظر زیست‌محیطی، ارزش مهمی در کاهش آلودگی اراضی دارند. لوبیاچیتی یکی از مهم‌ترین انواع لوبیا است که سطح زیر کشت آن در ایران حدود ۵۰ درصد کل سطح زیر کشت انواع لوبیا می‌باشد (حبیب پور کاشفی و همکاران ۲۰۱۶).

امروزه استفاده از گیاهان دارویی به دلیل اثرات جانبی مواد شیمیایی و نیز تولید داروهای مشتق شده از ترکیبات طبیعی، رشد بسیار بالایی یافته است. کشت گیاهان دارویی باعث تولید مواد خام دارویی با کیفیت یکنواخت و خصوصیات شناخته‌شده می‌گردد. از سوی دیگر، تأمین مواد اولیه برای صنایع داروسازی نیاز به افزایش تولید محصول در واحد سطح دارد که عملی‌ترین و اقتصادی‌ترین روش دستیابی به این مهم، افزایش کارآیی نهاده‌های مورداستفاده در زراعت گیاهان دارویی می‌باشد. خردل سیاه یا خردل فرانسوی گیاهی یک‌ساله و با رشد سریع از تیره براسیکاسه[1] می‌باشد که منشأ آن مدیترانه و غرب آسیا گزارش‌شده است. پودر بذرهای این گیاه بیشتر به‌عنوان ادویه در فرآوری مواد غذایی مورداستفاده قرار می‌گیرد (اواد و همکاران ۲۰۱۳).

از طرفی، حضور گیاهان مجاور بر میزان فراهمی و دسترسی به عناصر غذایی موردنیاز گونه های مختلف

[1]- Brassicacea

اثر دارد. در واقع برآیند رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای گیاهان تعیین‌کننده میزان مواد غذایی در بوم-نظام‌های زراعی می‌باشد. بنابراین، نحوه کاشت گونه‌های مجاور در یک بوم‌نظام اهمیت به‌سزایی در میزان و کیفیت گیاهان مختلف دارد (اسدی صنم و همکاران ۲۰۱۹). گزارش شده است در کشت مخلوط نعناع و سویا عملکرد و کیفیت اسانس کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بود (مافی و ماسیارلی ۲۰۰۳). اسدی صنم و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثر الگوهای کشت مخلوط گل سرخارگل و لوبیا اظهار داشتند که بهره‌گیری از کشت مخلوط موجب افزایش ماده خشک گل در گل‌دهی کامل سرخارگل‌های دوساله گردید و استفاده از کشت مخلوط در افزایش تولید ماده خشک اندام‌های گیاه موفق‌تر بود. در واقع مزیت نظام‌های کشت مخلوط جهت افزایش عملکرد به عوامل مختلفی از جمله ترکیب گیاهان، نوع رقم، تراکم گیاهی، سهم هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط (رجایی و همکاران ۲۰۱۸)، فاصله قرارگیری از یکدیگر و حاصلخیزی خاک (شباهنگ و همکاران ۲۰۱۳) بستگی دارد. نیک سیرت و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه کشت مخلوط حبوبات و جو به این نتیجه رسیدند که شاخص نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک بود و شاخص بهره‌وری سیستم نیز برای تمامی تیمارهای کشت مخلوط مثبت بود.

با توجه به موارد مذکور و همچنین نظر به اهمیت لوبیاچیتی و خردل سیاه در تأمین بخش قابل‌ملاحظه‌ای از نیاز غذایی، پروتئینی و دارویی بشر و تعلق این گیاهان به دو تیره مختلف و همکاری و همزیستی مناسب در بین آن‌ها و نیز عدم وجود اطلاعات کافی و جامع در خصوص واکنش‌های رشدی این گیاهان به کودهای زیستی، این پژوهش باهدف شناخت اثر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنی بر الگوهای کشت لوبیاچیتی و خردل سیاه و ارزیابی اثرات کودهای زیستی و مقادیر مختلف کودهای شیمیایی نیتروژنی بر شاخص‌های رشدی این گیاهان طراحی و اجرا گردیده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای در سال ۱۳۹٦ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز (اراضی کرکج) به مدت یک‌فصل زراعی اجرا گردید. این محل با ارتفاع ۱۳٦۰ متر از سطح دریای آزاد، در طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۳ دقیقه شمالی قرار دارد که نتایج تجزیه خاک آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک زمین مورداستفاده

بافت خاک	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	pH	کربنات کلسیم (٪)	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	عناصر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)			
						فسفر	پتاسیم	آهن	کلسیم
لوم شنی	۰/۷۷	۷/۷۵	۱٤/۸	۰/۹	۰/۱۰	۱۳	۳/۸۲	۷/٦	۷۸۰

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. . فاکتور اول تیمار کودی و در چهار سطح عدم کاربرد کود، کودهای زیستی (ازتو بارور۱ و بارور۲)، کودهای زیستی + ۵۰ درصد (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) کود شیمیایی اوره (٤٦ درصد نیتروژنه) و کودهای زیستی + ۱۰۰ درصد (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) کود شیمیایی اوره (٤٦ درصد نیتروژنه) در نظر گرفته شد. الگوهای کشت نیز به عنوان فاکتور دوم و در چهار سطح کشت خالص لوبیاچیتی، کشت خالص خردل سیاه، کشت مخلوط

افزایشی با نسبت ۵۰ درصد خردل سیاه و تراکم مطلوب کشت خالص لوبیاچیتی و کشت مخلوط افزایشی با تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص بود. مقادیر کاربرد کودهای شیمیایی بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک (جدول ۱) درنظر گرفته شد. کودهای زیستی مورداستفاده شامل ازتو بارور ۱ و بارور ۲ است که به ترتیب حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات می‌باشد. کودهای زیستی ازتو بارور ۱ حاوی باکتری‌های گونه ازتوباکتر وینلندی سویه O4 و بارور ۲ حاوی دو باکتری پانتوآ آگلومرانس سویه P5 و سودوموناس پوتیدا سویه P13 از شرکت زیست فناور سبز تهیه شدند.

زمین محل اجرای آزمایش در پاییز سال ۱۳۹۵ با گاوآهن برگردان دار شخم زده شد. در بهار سال ۱۳۹۶ عملیات زراعی شامل شخم سطحی، دیسک زنی و ماله‌کشی به‌منظور خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح زمین انجام گرفت. سپس با استفاده از دستگاه فارو جوی و پشته‌هایی در زمین اجرا شد. به دنبال آن کرت بندی و تفکیک بلوک‌های آزمایشی صورت گرفت. با توجه به سطوح مختلف فاکتورها و ترکیبات تیماری، هر بلوک شامل ۱۶ کرت آزمایشی بود. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به ابعاد ۳×۲/۵ متر ایجاد شد و شامل ٤ ردیف با فاصله بین ردیفی ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیفی ۵ سانتی-متر برای بذرهای لوبیاچیتی و فاصله روی ردیفی ۲ سانتی‌متر (تراکم مطلوب ۱۰۰ بذر در مترمربع) و ٤ سانتی‌متر (۵۰ درصد تراکم مطلوب) برای بذرهای خردل سیاه بود.

متناسب با شرایط آب و هوایی بذرهای لوبیاچیتی و خردل سیاه در اواسط اردیبهشت پس از ضدعفونی با قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو گرم در کیلوگرم بذر کشت شدند. بذرهای لوبیاچیتی در شیارهایی به عمق ٥-٤ سانتی‌متری و بذرهای خردل سیاه در شیارهایی به عمق ۲ سانتی‌متری از سطح خاک قرار گرفتند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر ۷ روز یک‌بار به‌صورت جوی و پشته انجام شد. عملیات تنک کردن هر دو گیاه در مرحله ٤-۳ برگی انجام می‌شود. در طول دوره رشد گیاه، وجین دستی علف‌های هرز به‌طور منظم و به‌دفعات مناسب اجرا گردید.

برای تعیین درصد پوشش سبز از چارچوبی به ابعاد یک مترمربع استفاده شد. سطح داخلی این چارچوب به‌وسیله ریسمان به صد قسمت مساوی تقسیم و چهارتا پایه متحرک در چهارگوشه آن تعبیه شد، به‌طوری‌که با افزایش ارتفاع گیاهان تغییر ارتفاع چارچوب چوبی این وسیله میسر می‌شد. این وسیله در داخل واحد آزمایشی طوری قرار داده می‌شد که با مشاهده پوشش گیاهی از سمت فوقانی آن، ارزیابی پوشش گیاهی امکان‌پذیر باشد. به هر یک از تقسیمات صدتایی چارچوب که حداقل ۵۰ درصد آن با پوشش گیاهی پر می‌شد، نمره ۱ و در غیر این صورت هیچ نمره‌ای به آن داده نمی‌شد. مجموع نمرات تخمینی از درصد پوشش گیاهی در یک مترمربع از زمین به‌حساب می‌آمد و درصد سبز شدن با در نظر گرفتن تراکم کاشت و تعداد کل گیاه‌چه‌های سبز شده محاسبه گردید.

برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ از دستگاه کلروفیل سنج (SPAD – 502) در زمان ۵۰ درصد گلدهی در لوبیاچیتی و خردل سیاه استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها از سه قسمت برگ‌های بالایی، میانی و پایین کانوپی (دو بار از محل پهن و یک‌بار از محل باریک انتهایی) صورت گرفت و از هر کرت، ۳ بوته لوبیاچیتی و ۳ بوته خردل سیاه به‌طور تصادفی انتخاب شدند و درنهایت میانگین ۹ عدد به‌عنوان معیاری از شاخص کلروفیل برگ در مرحله گلدهی در نظر گرفته شد.

در انتهای فصل رشد و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی بوته‌ها و زمانی که ۹۰ درصد نیام‌ها در لوبیا چیتی و خورجین‌ها در خردل سیاه‌رنگ زرد متمایل

به قهوه‌ای به خود گرفتند و رطوبت بذرها به حدود ۱۸ درصد رسید، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌های موجود در یک مترمربع از وسط هر کرت برداشت شدند و عملکرد دانه در واحد سطح برای هر تیمار در هر تکرار به‌صورت جداگانه مشخص شد.

جهت تعیین درصد روغن، نمونه‌ای دو گرمی از هر کرت انتخاب و بعد از آسیاب کردن، در کاغذ صافی بسته‌بندی و به‌عنوان وزن اولیه توزین گردید. سپس با استفاده از دستگاه سوکسله و حلال پترولیوم اتر نمونه‌ها به مدت ٦ ساعت مورد آزمایش قرار گرفتند. پس از اتمام آزمایش نمونه‌ها همراه با کاغذ صافی وزن گردید. تفاضل وزن اولیه نمونه و وزن ثانویه بر وزن اولیه نمونه درصد روغن نمونه را به دست می‌آورد (پیرسون ۱۹۷۳).

$$\text{درصد روغن خردل سیاه} = \frac{\text{وزن نمونه بعد از روغن گیری} - \text{وزن اولیه نمونه قبل از روغن گیری}}{\text{وزن اولیه نمونه}} \times ۱۰۰ \quad \text{(رابطه ۱)}$$

عملکرد روغن خردل سیاه از حاصل‌ضرب درصد روغن خردل برای هر نمونه در وزن تک بوته خردل به دست می‌آید. برای این منظور بعد از تعیین درصد روغن و وزن خشک تک بوته (میانگین)، عملکرد بوته خردل سیاه تعیین شد.

عملکرد روغن = درصد روغن × عملکرد دانه (رابطه ۲)

ارزیابی کشت مخلوط با شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER) و مجموع ارزش نسبی (RVT) بر اساس فرمول‌های مربوطه انجام گرفت. محاسبه LER برای مخلوط دو گونه لوبیاچیتی و خردل سیاه طبق رابطه زیر صورت پذیرفت.

$$\text{LER} = \frac{Y_S}{Y_{SS}} + \frac{Y_C}{Y_{CC}} \quad \text{(رابطه ۳)}$$

در این رابطه Y_S عملکرد لوبیا چیتی در کشت مخلوط، Y_{SS} عملکرد لوبیا چیتی در کشت خالص، Y_C عملکرد خردل سیاه در کشت مخلوط و Y_{CC} عملکرد خردل سیاه در کشت خالص می باشد. چنانچه مقدار LER=1 باشد، نشان‌دهنده برابری عملکرد در کشت مخلوط و خالص می‌باشد لذا کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی مزیتی ندارد. اگر LER>1 باشد، نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط بر تک‌کشتی است و برای تولید مقدار عملکرد برابر کشت مخلوط، در تک‌کشتی به زمین بیشتری نیاز است. درنهایت اگر LER<1 باشد، کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی موجب کاهش عمکرد گردیده است و تک کشتی ارجحیت دارد (جوانشیر و همکاران ۲۰۰۰).

امروزه تعیین الگوی کشت گیاهان زراعی بیشتر بر اساس عملکرد اقتصادی است. ازاین‌رو برای توجیه اقتصادی کشت مخلوط، ارزیابی آن بایستی با مطلوب‌ترین شرایط تک‌کشتی دو گیاه امکان‌پذیر باشد. شاخص مناسب برای دسترسی به این هدف مجموع ارزش نسبی (RVT) است که به‌صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\text{RVT}= \frac{aP_1 + bP_2}{aM_1} \quad \text{(رابطه ٤)}$$

در این رابطه a قیمت محصول اصلی، b قیمت محصول ثانوی، P_1 عملکرد گونه a در مخلوط، P_2 عملکرد گونه b در مخلوط و M_1 عملکرد تک‌کشتی گونه اصلی می‌باشد. همچنین در این رابطه باید حالت $aM_1>bM_2$ رعایت شود. اگر مقدار RVT>1 باشد، کشت مخلوط دارای مزیت بوده و اگر RVT<1 باشد، کشت خالص دارای مزیت اقتصادی خواهد بود. درصورتی‌که اگر RVT=1 باشد، این دو روش ازنظر اقتصادی مزیتی بر یکدیگر ندارند (جوانشیر و همکاران ۲۰۰۰).

پیش از تجزیه واریانس، آزمون نرمال بودن و یکنواختی واریانس خطای داده‌ها انجام گردید تا در

صورت نیاز تبدیل مناسب صورت گیرد. تجزیه‌های آماری به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام گرفت و از نرم‌افزار Excel نیز برای رسم نمودارها و برازش منحنی‌ها استفاده گردید.

نتایج و بحث

درصد پوشش سبز

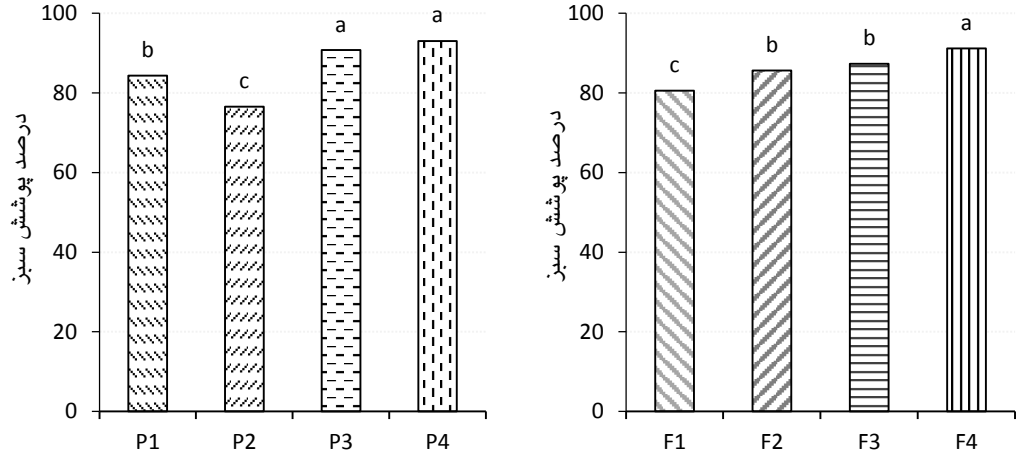
نتایج حاصل حاکی از آن است که اثرهای الگوی کشت و تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد بر روی درصد پوشش سبز معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر کود بر درصد پوشش سبز هر دو گیاه لوبیاچیتی و خردل سیاه نشان داد که بیشترین درصد پوشش سبز مربوط به تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی با ۹۱/۱۷ درصد و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی) با ۸۰/۵۸ درصد می‌باشد و بین تیمارهای کود زیستی و کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱- الف). نصراله زاده و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش نمودند که استفاده از کودهای زیستی و شیمیایی موجب افزایش شاخص سبزینگی گیاه ذرت می‌گردد. تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای گیاه جهت جذب عناصر غذایی و همچنین اصلاح حاصلخیزی خاک در تیمارهای مصرف توأم کودهای زیستی و شیمیایی یا تلفیقی باعث شده است که شاخص سطح برگ و در نتیجه درصد پوشش سبز در سطوح کودی تلفیقی بیشتر از سطوح کودی آلی و شیمیایی باشد (مقصودی و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد لوبیا چیتی و خردل سیاه در الگوهای مختلف کشت و تیمارهای کودی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پوشش سبز	شاخص کلروفیل برگ لوبیا چیتی	شاخص کلروفیل برگ خردل سیاه	عملکرد دانه لوبیا چیتی	عملکرد دانه خردل سیاه	درصد روغن دانه خردل سیاه	عملکرد روغن دانه خردل سیاه
تکرار	۲	۵۸/۱۸۷	۰/۲۹۹	۱/۰۵۹	۱۱۳۱۶۸۵/۷۸	۱۵۷۷۹۶/۱۴	۰/۰۰۰۲۶۹	۲۲۲۱۶/۶۱
الگوی کشت	۳	۶۵۶/۱۸۸**	۱۲/۷۸۵**	۱۲/۳۶^{ns}	۹۹۲۴۱۵۷/۲**	۱۹۶۱۷۰۰/۶۳**	۰/۰۰۰۰۸۶^{ns}	۳۹۲۱۷۶/۷۵**
تیمار کودی	۳	۲۳۱/۱۳۲**	۲۱/۳۵۸**	۹۸/۶۶۸**	۹۹۷۰۰۱۴/۸۷**	۸۳۲۲۲۳/۵۸**	۰/۰۰۱۲۰۷**	۱۳۷۱۱۴/۶۷**
تیمار کودی ×الگوی کشت	۹	۰/۵۹۵^{ns}	۰/۵۲۸^{ns}	۳/۹۲۲^{ns}	۲۳۶۲۷۸/۹۲^{ns}	۱۱۳۰۸/۹۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۴۹^{ns}	۷۳۱۹/۳۵^{ns}
اشتباه آزمایشی	۳۰	۹/۱۸۸	۲/۰۰۳	۸/۴۶۹	۱۳۳۱۰۸/۵۳	۲۱۴۱۲/۱۶	۰/۰۰۰۱۳۶	۸۴۱۶/۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۳/۵۱	۶/۲۳	۱۰/۱۹	۱۶/۲۷	۸/۵۳	۲/۷۶	۱۲/۸۱

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین‌های اثر الگوهای کشت بر درصد پوشش سبز هر دو گیاه لوبیاچیتی و خردل سیاه نیز نشان داد که بیشترین پوشش سبز مربوط به کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه) با ۹۳/۰۸ درصد و کم‌ترین آن مربوط به کشت خالص خردل سیاه با ۷۶/۵۸ درصد می‌باشد و بین تیمارهای کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه) در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۱- ب). بایبی-فینلی و راین (۲۰۱۸)، علت افزایش درصد پوشش سبز در کشت مخلوط را به



شکل ۱- میانگین درصد پوشش سبز لوبیاچیتی و خردل سیاه تحت تأثیر تیمارهای کودی (الف) و الگوهای کشت (ب)

F_1، F_2، F_3 و F_4: به ترتیب شاهد (عدم کوددهی)، کود زیستی، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی

P_1، P_2، P_3 و P_4: به ترتیب کشت خالص لوبیاچیتی، کشت خالص خردل سیاه، کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

افزایش تراکم، افزایش تعداد بوته در واحد سطح و افزایش سطح برگ نسبت دادند. همچنین به دلیل افزایش شاخص سطح برگ و به‌تبع آن افزایش پوشش گیاهی در کشت مخلوط جذب نور بیشتری نسبت به کشت خالص هر دو محصول صورت گرفت. علاوه بر این در کشت مخلوط به دلیل تفاوت در ساختار ریشه‌ای و فعالیت جذب عناصر غذایی از عمق‌های مختلف خاک زراعی، امکان جذب عناصر به نحو مناسب‌تری فراهم می‌گردد (ماهاجان و همکاران ۱۹۹۹). به نظر می‌رسد جذب بهتر نور و افزایش پوشش گیاهی و از طرف دیگر جذب بهتر عناصر به‌ویژه نیتروژن در الگوی کشت مخلوط توانسته است رشد سریع‌تر تاج پوشش گیاهی و افزایش زیست‌توده را فراهم نماید. با توجه به مورفولوژی برگ‌های لوبیاچیتی و پهن و بزرگ‌تر بودن برگ‌های آن نسبت به خردل سیاه امکان بسته شدن کانوپی آن سریع‌تر فراهم می‌شود. بالا بودن کارآیی کشت مخلوط را می‌توان به بالا بودن درصد پوشش سبز و راندمان مصرف منابع محیطی به خصوص نور نسبت داد. بدین‌صورت که گیاهان در مخلوط با پرکردن فضاهای خالی از میزان نور ورودی به داخل کانوپی نهایت استفاده را می‌برند و درمجموع محصول بیشتری تولید می‌نمایند (فلاح و همکاران ۲۰۱۶). لین و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش درصد پوشش سبز در کشت مخلوط ذرت و سیب‌زمینی را نسبت به کشت خالص گزارش کرده‌اند.

شاخص کلروفیل برگ لوبیا چیتی

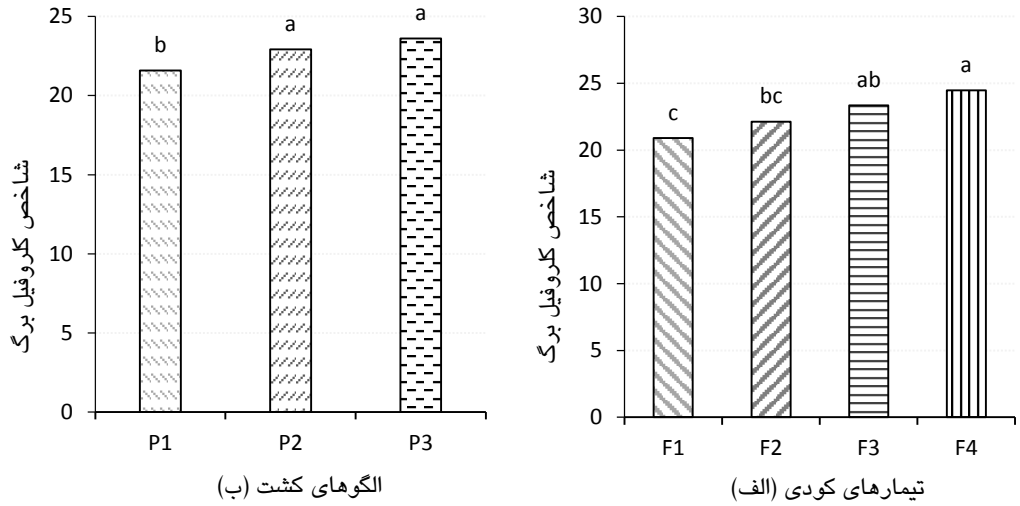
با توجه به نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس، اثرهای الگوی کشت و تیمارهای کودی روی شاخص کلروفیل برگ لوبیاچیتی معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های اثر کود بر شاخص کلروفیل برگ لوبیا نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل برگ مربوط به تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی با مقدار ۲٤/٤٦ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد با مقدار ۲۰/۸۹ بود و بین تیمارهای کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی و کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی و همچنین تیمار شاهد و کود زیستی در سطح احتمال پنج درصد

اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲- الف). رزاس و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که کودهای بیولوژیک باعث افزایش جذب عناصر و بهبود شرایط رشد عمومی گیاه شده که این امر منجر به افزایش سبزینه گیاه و افزایش کلروفیل گردید. اثر کودهای بیولوژیک بر افزایش محتوای کلروفیل برگ، اساساً از طریق بهبود جذب نیتروژن و افزایش نیتروژن برگ صورت می‌پذیرد که از یک‌سو باعث فراهمی پیش‌سازهای کلروفیل شده و از سوی دیگر باعث افزایش پروتئین و اسیدهای آمینه به‌عنوان پیش‌سازهای اصلی ساختمان و فعالیت کلروپلاست خواهد شد (عرشیا و همکاران ۱۹۹۹).

مقایسه میانگین‌های اثر الگوهای کشت بر شاخص کلروفیل برگ لوبیا نشان داد که بین تیمارهای کشت مخلوط با کشت خالص در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که بیشترین شاخص کلروفیل مربوط به تیمار کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه) با مقدار ۲۳/٦۱ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار کشت خالص با مقدار ۲۱/۵۸ می‌باشد (شکل ۲-ب). گوش (۲۰۰٤) در کشت مخلوط سویا و سورگوم گزارش کرد که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بالاتر بوده است. او علت این امر را به سایه‌اندازی گیاهان روی همدیگر و نیتروژن تثبیت‌شده توسط سویا نسبت داد. بالا بودن شاخص کلروفیل در کشت مخلوط موجب افزایش راندمان فتوسنتزی گیاهان در کشت مخلوط می‌گردد. بالا رفتن میزان کلروفیل برگ باعث بهبود فتوسنتز می‌شود، این امر با تولید اسمیلات بیشتر موجب افزایش تقسیم سلولی و اندازه سلول‌ها می‌شود و درنهایت شاخص سطح برگ و عملکرد افزایش می‌یابد. در بررسی جنبه‌های اکولوژیکی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی سویا و و ارزن معمولی گزارش شده است که کشت مخلوط باعث افزایش میزان کلروفیل برگ سویا و ارزن گردید (احمدوند و حاجی نیا ۲۰۱٦). پژوهشگران معتقدند با افزایش میزان کود آلی در ترکیب با کود شیمیایی با افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن، آهن و منیزیم که در کلروفیل سازی مؤثر می‌باشند، محتوی کلروفیل برگ افزایش می‌یابد (آمیان‌پوری و همکاران ۲۰۱۵). در پژوهش نصراله زاده و همکاران (۲۰۱٦) نیز بیشترین محتوی کلروفیل برگ در تیمار آبیاری مطلوب و مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی با ٤٦/٤ به دست آمد و کمترین کلروفیل مربوط به تیمار آبیاری محدود و عدم مصرف کودهای شیمیایی با ۲۷/۹ واحد اسپد حاصل گردید.

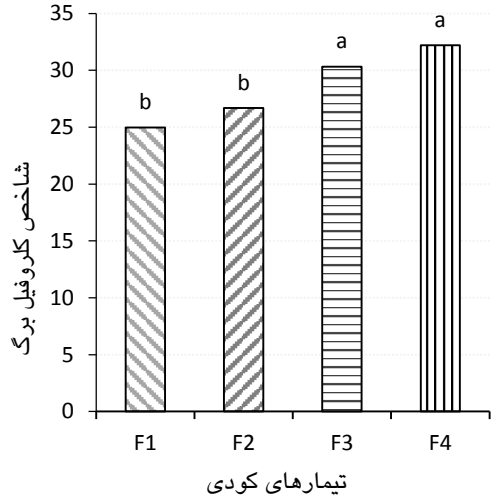
شاخص کلروفیل برگ خردل سیاه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس بیانگر این امر است که تنها اثر تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد بر روی شاخص کلروفیل برگ خردل سیاه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص کلروفیل برگ مربوط به تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی با مقدار ۳۲/۲۱ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی) با مقدار ۲٤/۹٦ می‌باشد. بین تیمارهای کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی و کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی و همچنین بین تیمارهای کود زیستی و شاهد (عدم کوددهی) در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۳). شیری جناقردی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی فسفاته همراه با ٦۰ و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نسبت به ۳۳ درصد کود شیمیایی و شاهد بیشترین میزان کلروفیل را داشتند. زید (۲۰۰۸) طی گزارشی اعلام کرد که با مصرف هم‌زمان کودهای زیستی و اوره، عملکرد، رشد رویشی و میزان کلروفیل برگ‌های لوبیا به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. از آن‌جایی که نیتروژن نقش اساسی در ساختار رنگیزه‌های فتوسنتزی ازجمله کلروفیل دارد بدیهی است که با افزایش میزان نیتروژن، میزان رنگیزه کلروفیل افزایش یابد (هانگ و همکاران ۲۰۰٤).



شکل ۲- میانگین شاخص کلروفیل برگ (SPAD) در بوته لوبیاچیتی تحت تأثیر تیمارهای کودی (الف) و الگوهای کشت (ب)

F_1، F_2، F_3 و F_4: به ترتیب شاهد (عدم کوددهی)، کود زیستی، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی
P_1، P_2 و P_3: به ترتیب کشت خالص، کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص)
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.



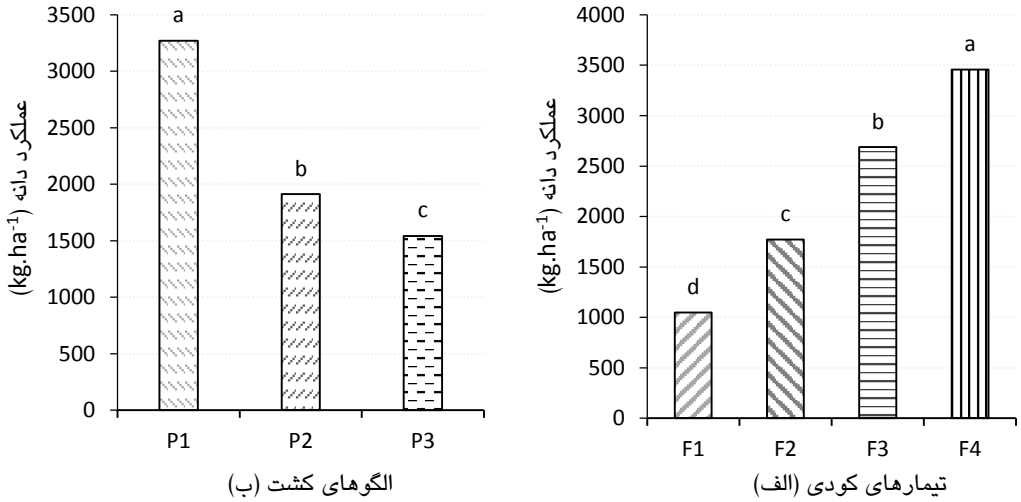
شکل ۳- میانگین شاخص کلروفیل برگ (SPAD) در خردل سیاه تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

F_1، F_2، F_3 و F_4: به ترتیب شاهد (عدم کوددهی)، کود زیستی، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

عملکرد دانه لوبیا چیتی

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس مشاهده می‌شود که اثرهای الگوی کشت و تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی با ۳٤٥٨/۱٥ کیلوگرم در هکتار و کم-ترین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی) با ۱۰٤۸/۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (شکل ٤-الف). در پژوهشی بر روی ریحان مشاهده گردید که مصرف توأم باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، موجب افزایش ارتفاع

بوته، عملکرد پیکره رویشی، میزان اسانس و عملکرد اسانس در مقایسه با شاهد گردید (مکی‌زاده و همکاران ۲۰۱۲). همچنین عبدو و همکاران (۲۰۰٤) و درزی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود به ترتیب بر روی رازیانه و گشنیز مشاهده کردند که کاربرد باکتری های تثبیت کننده نیتروژن سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه و عملکرد اسانس نسبت به تیمار شاهد گردید. کودهای بیولوژیک از طریق ایجاد یک محیط مناسب و تأثیرپذیر بر فراهمی عناصر غذایی باعث افزایش عملکرد اقتصادی می‌شوند. همچنین این کودها با افزایش میزان آب در دسترس گیاه موجب بهبود شرایط رشد و نموی گیاه شده و افزایش عملکرد را در پی دارند (گراگدا-کابررا و همکاران ۲۰۱۸). اعلمی میلانی و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که جایگزینی کامل کودهای شیمیایی با کود زیستی موجب کاهش عملکرد لوبیا می‌شود، اما کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمایی بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد.



شکل ٤- میانگین عملکرد دانه لوبیاچیتی تحت تأثیر تیمارهای کودی (الف) و الگوهای کشت (ب)

F_1، F_2، F_3 و F_4: به ترتیب شاهد (عدم کوددهی)، کود زیستی، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی

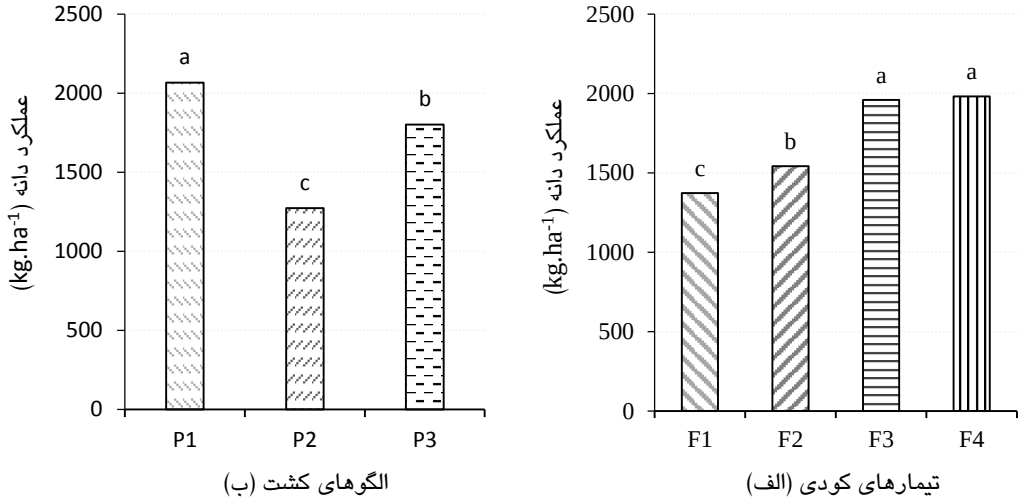
P_1، P_2 و P_3: به ترتیب کشت خالص، کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص)

همچنین مقایسه میانگین‌های اثر الگوهای کشت بر عملکرد دانه نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کشت خالص با ۳۲٦۹/۹۲ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه) با ۱۵٤۳/۱٤ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (شکل ٤-ب). دلیل این امر می‌تواند افزایش رقابت به علت حضور خردل سیاه در حالت‌های کشت مخلوط باشد که سبب کاهش منابع محیطی در دسترس گیاه زراعی می‌گردد. طی مطالعه‌ای که رضائی چیانه و پیرزاد (۲۰۱۵) در کشت مخلوط لوبیا و بادرشبی انجام دادند، نتیجه گرفتند که عملکرد لوبیا در کشت مخلوط با بادرشبی کاهش یافت و این کاهش عملکرد در تراکم‌های مختلف متفاوت بود. در کشت مخلوط افزایشی نخود و سیاهدانه نیز گزارش شده است که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نخود و سیاهدانه از کشت خالص به دست آمد (رضائی چیانه و قلی نژاد ۲۰۱۵). در بررسی عملکرد گیاه دارویی

سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود، ولی در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بیش از یک بود که نشان‌دهنده برتری تیمارهای مخلوط نسبت به خالص است (کوچکی و همکاران ۲۰۱٤). عباسی و همکاران (۲۰۰٦) با بررسی کشت مخلوط زیره سبز و نخود، بالاترین عملکرد دانه را برای گیاه نخود در کشت خالص گزارش نمودند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه در کشت مخلوط نسبت به خالص را می‌توان به تعداد شاخه فرعی، تعداد نیام و تعداد دانه در نیام کم‌تر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ربط داد. از دلایل دیگر کاهش شاید بتوان به سایه‌اندازی و افزایش رقابت برون گونه‌ای بین لوبیاچیتی و خردل سیاه در کشت مخلوط اشاره کرد.

عملکرد دانه خردل سیاه

نتایج تجزیه واریانس نمایان‌گر این است که اثرهای الگوی کشت و تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه خردل سیاه مربوط به تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی با ۱۹۸۰/۷۱ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی) با ۱۳۷۲/۸۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، هرچند بین تیمارهای کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی و کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ٥- الف). افزایش عملکرد دانه بر اثر کوددهی می‌تواند به درصد پوشش سبز (شکل ۱) و شاخص کلروفیل (شکل ۳) بالا مرتبط باشد. نتایج به‌دست آمده از عملکرد دانه خردل سیاه در کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی با نتایج سید شریفی و همکاران (۲۰۱٤) در جو و راعی و همکاران (۲۰۱٦) در ذرت مطابقت دارد. آزمایش‌های علما و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که با مصرف بیشتر نیتروژن عملکرد دانه کلزا افزایش یافت. همچنین آن‌ها اظهار داشتند که این افزایش ممکن است به دلیل تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به بخش‌های زایشی باشد. در تحقیقات صورت گرفته توسط اوزر (۲۰۰۳)، عملکرد دانه کلزا در تیمارهای ۱٦۰ و ۲٤۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌طور معنی‌داری نسبت به سطوح پایین‌تر افزایش نشان داد به‌طوری‌که عملکرد گیاه زراعی از ۷۹۹ کیلوگرم در هکتار در شرایط عدم کاربرد نیتروژن به ۱۱٦۲ کیلوگرم در هکتار در بالاترین سطح مصرف نیتروژن رسید. یساری و پاتواردهان (۲۰۰۷) در پژوهشی افزایش عملکرد دانه کنجد را در رابطه با کاربرد کودهای زیستی نیتروژن‌دار گزارش کردند.



شکل ۵- میانگین عملکرد دانه خردل سیاه تحت تأثیر تیمارهای کودی (الف) و الگوهای کشت (ب)

F_1، F_2، F_3 و F_4: به ترتیب شاهد (عدم کوددهی)، کود زیستی، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی

P_1، P_2 و P_3: به ترتیب کشت خالص، کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص)

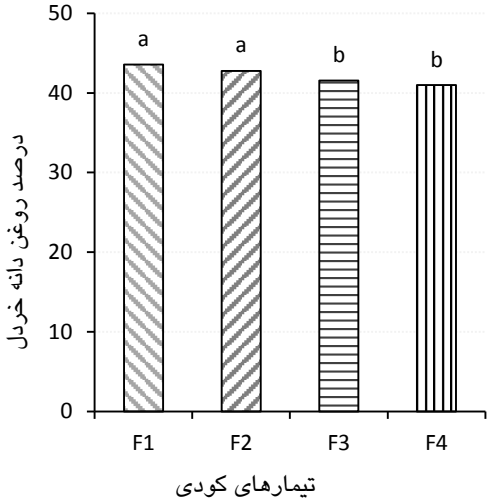
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

همچنین مقایسه میانگین‌های اثر الگوهای کشت بر عملکرد دانه خردل سیاه نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه خردل سیاه مربوط به تیمار کشت خالص با ۲۰٦٦/٦٥ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) با ۱۲۷۲/٦۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (شکل ۵-ب). به‌نظر می‌رسد که رشد زیاد اندام هوایی خردل سیاه در الگوهای کشت مختلف موجب کاهش عملکرد دانه در تیمار کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شده است که این نتیجه با نتایج سیدشریفی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. همچنین به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط، لوبیا دارای رقابت بین گونه‌ای کمتری در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بوده که باعث شده گیاهان همراه در این نسبت برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده و در نتیجه عملکرد خردل سیاه در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط شده است. نتایج مشابهی در کشت مخلوط لوبیا و زنیان گزارش شده است (خرم دل و همکاران ۲۰۱۷).

درصد روغن دانه خردل سیاه

اثر تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد بر درصد روغن خردل سیاه معنی‌دار گردید (جدول ۲). بیشترین درصد روغن دانه خردل سیاه مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی) با مقدار ٤۳/٥٦ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی با مقدار ٤۱ می‌باشد، هرچند بین تیمارهای کود زیستی و شاهد (عدم کوددهی) و همچنین بین تیمارهای کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی و کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ٦). بودت و همکاران (۲۰۱۰) در گزارشی اعلام کردند که استفاده از کود نیتروژن در کشت مخلوط، درصد روغن بذر کلزا را کاهش می‌دهد. در مطالعات امین‌پناه (۲۰۱۳) محتوای روغن دانه کلزا با افزایش مصرف کود نیتروژن کاهش یافت. کیوان‌راد و زندی (۲۰۱٤) کاهش محتوای روغن دانه کلزای هندی با افزایش سطح نیتروژن مصرفی از ۵۰ کیلوگرم در هکتار (٤۳/۰۸ درصد) به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (۳۸/٦٤

درصد) را گزارش نمودند. ازجمله دلایلی که برای تغییرات اندک درصد روغن در شرایط محیطی گوناگون آورده شده است این است که مقدار روغن دانه صفتی کمی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و بنابراین احتمال آسیب دیدن قسمتی از ژن‌های کنترل‌کننده، این صفت بسیار کم است. گیاه برای رسیدن به حداکثر درصد روغن و در شرایط محیطی مختلف به یک حد مطلوب از نیتروژن نیاز دارد و هرگاه مقدار نیتروژن خارج از این محدوده باشد درصد روغن کاهش می‌یابد (طهماسبی‌زاده و همکاران ۲۰۱۰). به نظر می‌رسد که با افزایش نیتروژن، تولید بالقوه مواد هیدروکربنه کاهش یافته و نسبت بیشتری از مواد فتوسنتزی به تشکیل پروتئین اختصاص پیدا کرده و باعث کاهش میزان روغن دانه می‌گردد (نورالله خان و همکاران ۲۰۰۲).



شکل ۶- میانگین درصد روغن دانه در خردل سیاه چیتی تحت تأثیر تیمارهای کودی

F_1، F_2، F_3 و F_4: به ترتیب شاهد (عدم کوددهی)، کود زیستی، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی

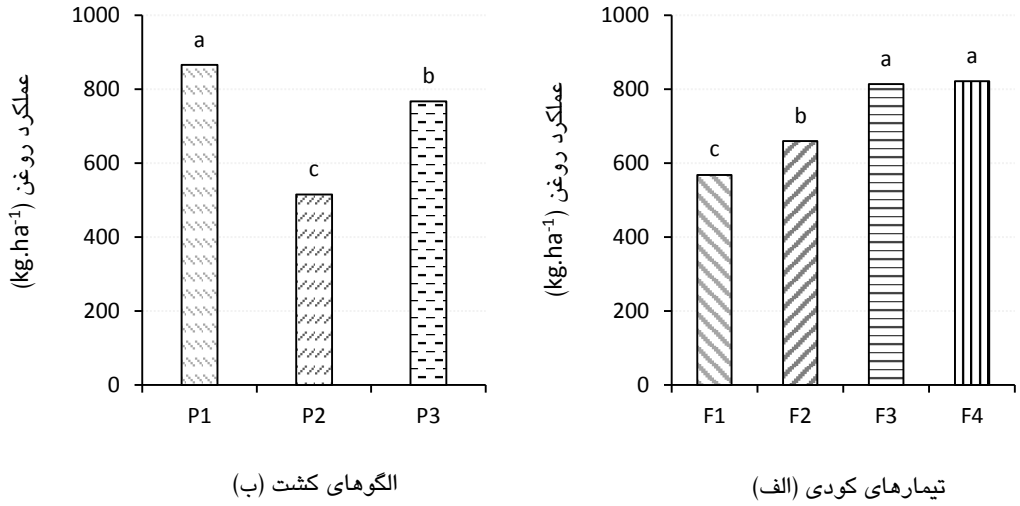
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

عملکرد روغن دانه‌های خردل سیاه

اثرهای الگوی کشت و تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد روغن دانه‌های خردل سیاه معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین عملکرد روغن دانه مربوط به تیمار کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی با ۸۲۱/۵ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن مربوط به تیمار شاهد (عدم کوددهی) با مقدار ٥٦٨/٥٤ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بین تیمارهای کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی و کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۷- الف). عملکرد روغن که حاصل‌ضرب دو مؤلفه درصد روغن و عملکرد دانه می‌باشد به‌عنوان یکی از شاخص‌های انتخاب ارقام پر محصول تعیین می‌گردد. بودت و همکاران (۲۰۱۰) در گزارشی اعلام کردند که استفاده از کود نیتروژن در کشت مخلوط، عملکرد روغن بذر کلزا را افزایش می‌دهد. در مطالعه‌ای اعلام گردید که عملکرد روغن با افزایش نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اما در سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد روغن در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و به بالاترین مقدار خود رسید و با مصرف بیشتر از سطح مطلوب کود نیتروژن، تغییر معنی‌داری در این صفت به وجود نیامد. افزایش عملکرد روغن بیشتر به علت افزایش عملکرد در واحد سطح بوده است. شارما (۲۰۰۵) گزارش کرد که مصرف کودهای زیستی نیتروژن‌دار تأثیر منفی و معنی‌داری بر درصد روغن کنجد داشته است ولی به دلیل تأثیر مثبت

بر عملکرد دانه، درنهایت عملکرد روغن را افزایش داده است. خان و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان نمودند که کاربرد نیتروژن بااینکه میزان روغن را کاهش می‌دهد ولی عملکرد روغن را افزایش می‌دهد.

همچنین مقایسه میانگین‌های اثر الگوهای کشت بر عملکرد روغن دانه نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد به‌طوری‌که بیشترین عملکرد روغن دانه مربوط به تیمار کشت خالص با ۸٦٥/٦٥ کیلوگرم در هکتار و کم-ترین آن مربوط به تیمار کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) با ۵۱۵/۱۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (شکل ۷-ب). اگرچه اختلاف بین کشت خالص و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص) معنی‌دار است ولی این اختلاف چندان زیاد نیست. مردانی و بلوچی (۲۰۱۵) نیز نشان دادند بیشترین عملکرد روغن از کشت خالص شنبلیله حاصل شد. آن‌ها بیان کردند چون بیشترین عملکرد دانه در تیمار کشت خالص شنبلیله بدست آمد بالا بودن عملکرد روغن نیز دور از انتظار نبود، همچنین کاهش عملکرد روغن در کشت مخلوط دو ردیفی شنبلیله با آنیسون را به کاهش عملکرد دانه در اثر ارتفاع بیشتر، تولید ساقه و برگ کمتر و در نتیجه فتوسنتز کمتر گیاه شنبلیله و رقابت با علف‌های هرز نسبت دادند.



شکل ۷- میانگین عملکرد روغن دانه خردل سیاه تحت تأثیر تیمارهای کودی (الف) و الگوهای کشت (ب)

F_1، F_2، F_3 و F_4: به ترتیب شاهد (عدم کوددهی)، کود زیستی، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی، کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی

P_1، P_2 و P_3: به ترتیب کشت خالص، کشت مخلوط (۵۰٪ تراکم مطلوب) و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

شاخص‌های کشت مخلوط

نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف کودی و کشت مخلوط لوبیاچیتی و خردل سیاه بالاتر از یک می‌باشد که این دلیلی بر برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد (جدول ۳). در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط و تیمارهای کودی، بیش‌ترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/٤۱۸٤) از تیمار کود زیستی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در تک‌کشتی) به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار نسبت برابری زمین (۱/۰۰۳۷) از شاهد (عدم کوددهی) و کست مخلوط (۵۰ درصد تراکم مطلوب) به‌دست آمد. زمانی که نسبت برابری زمین بیشتر از یک می‌شود، بدین معنی است که چند کشتی سودمندتر می‌باشد و همچنین این موضوع نشان می‌دهد که تسهیل بین‌گونه‌ای بیش‌تر از رقابت بین‌گونه‌ای است (واندرمیر ۱۹۸۹). نسبت برابری زمین جزء در تمام تیمارهای کودی در تراکم مطلوب دو

گونه برای خردل سیاه بیشتر از لوبیا چیتی بود ولی در ۵۰ درصد تراکم مطلوب این نسبت تقریباً برابر بود (جدول ۳). با افزایش تراکم (تراکم مطلوب دو گونه)، به علت اختلاف ارتفاع میان دو گیاه، رقابت لوبیا چیتی با خردل سیاه تشدید شده و این موضوع سبب کاهش عملکرد لوبیاچیتی نسبت به خردل سیاه شد (شکل‌های ٤-ب و ٥-ب). نتایج تحقیقات سوئتدجو و همکاران (۱۹۹۸) افزایش کارایی استفاده از تابش خورشید را در پوشش گیاهی نسبت کاشت برابر کلزا-نخودفرنگی، نسبت به کشت خالص آن‌ها نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد که جذب کامل تابش در پوشش گیاهی می‌تواند باعث افزایش نسبت برابری زمین جزء لوبیا چیتی و خردل سیاه شود،

بیش‌ترین میزان ارزش نسبی (٤/٧٥٨) متعلق به شاهد و کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در تک‌کشتی) می‌باشد. حداقل مجموع ارزش نسبی (٢/٤٠١) نیز در تیمار کود زیستی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره و کشت مخلوط (۵۰ درصد تراکم مطلوب) مشاهده شد (جدول ۳). از قیمت بازار در زمان برداشت که قیمت هر کیلوگرم لوبیاچیتی ۱۵۰۰۰ تومان و قیمت خردل سیاه ۸۰۰۰۰ تومان بود، برای محاسبه مجموع ارزش نسبی استفاده شد. نتایج پژوهش سانتلا و همکاران (۲۰۰۱) درکشت مخلوط لوبیا با ذرت و سارکر و همکاران (۲۰۰۷) در کشت مخلوط خردل با سیر و پیاز، حاکی از سودمندی اقتصادی بیشتر کشت مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص بود.

جدول ۳- مقادیر نسبت برابری زمین و مجموع ارزش نسبی برای لوبیاچیتی و خردل سیاه

تیمار	نسبت برابری زمین (LER)		نسبت برابری زمین جزء (۵۰ درصد تراکم مطلوب)		نسبت برابری زمین جزء (تراکم مطلوب دو گونه)		مجموع ارزش نسبی (RVT)	
	کشت مخلوط (۵۰ درصد تراکم مطلوب)	کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه)	لوبیاچیتی	خردل سیاه	لوبیا چیتی	خردل سیاه	کشت مخلوط (۵۰ درصد تراکم مطلوب)	کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه)
شاهد (عدم کوددهی)	۱/۰۰۳	۱/۱۰۲	۰/۵۰۰	۰/۵۰۳	۰/۳۸۱	۰/۷۲۱	۳/۱۸۱	٤/٧٥٨
کود زیستی	۱/۱۰۷	۱/۳٤۹	۰/٥٤٤	۰/٥٦٣	۰/٦٢٤	۰/۷۲٥	۲/۷۱۷	۳/۸۷٤
کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی	۱/۲٥۳	۱/۳۸۱	۰/٥۷۸	۰/٦۷٥	۰/٦۲٥	۰/۷٥٦	۲/٦٦۱	۳/۲۲۹
کود زیستی + ۱۰۰ درصد کود شیمیایی	۱/۳۰٤	۱/٤۱۸	۰/٦۲۳	۰/٦۸۱	۰/٥٦٦	۰/۸٥۲	۲/٤۰۱	۲/۸۱۷

نتیجه گیری کلی

کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی به‌ویژه کود زیستی + ۱۰۰٪ کود شیمیایی اوره صفات درصد پوشش سبز، شاخص کلروفیل برگ و عملکرد دانه را در گیاهان لوبیا چیتی و خردل سیاه افزایش داد. همچنین سبب افزایش عملکرد روغن دانه خردل سیاه گردید. تنها درصد روغن دانه در خردل سیاه با کاربرد کود رابطه عکس داشت و با اضافه کردن کود زیستی درصد روغن نسبت به شاهد کم شد و در ادامه با اعمال بیشتر کود شیمیایی اوره این مقدار کم‌تر نیز شد و علت به‌وجود آمدن این امر را این‌گونه می‌توان ابراز کرد که با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی، بالأخص کود شیمیایی اوره تولید مواد هیدروکربنه کاهش‌یافته و درنهایت موجب افت درصد روغن دانه می‌گردد. بیشترین مقدار درصد

پوشش سبز لوبیا چیتی و خردل سیاه و حداکثر مقدار شاخص کلروفیل برگ لوبیا در کشت مخلوط (تراکم مطلوب دو گونه در کشت خالص) حاصل شد. اما، بیشترین عملکرد دانه این گیاهان و بیشترین عملکرد روغن خردل سیاه در کشت خالص آن ها بدست آمد. کاربرد کود زیستی (بارور ۱ و بارور ۲) + ۵۰٪ کود شیمیایی توانست مشابه کاربرد کود زیستی (بارور ۱ و بارور ۲) + ۱۰۰٪ کود شیمیایی اوره برتری ایجاد کند. همچنین با توجه به برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بر اساس شاخص‌های نسبت برابری زمین (LER) و مجموع ارزش نسبی (RVT) توصیه می‌شود از کشت مخلوط استفاده شود.

منابع مورد استفاده

Abasi A, Hejazi A E, Akbari G A, Kafi M, Zand E. 2006. Study on different densities of cumin and chickpea intercropping with emphasis on weed control. Iranian Journal of Field Crops Research, 4: 83-94.(In Persian).

Abdou M A H, El-Sayed A A, Badran F S and El-Deen R M S. 2004. Effect of planting density and chemical and biofertilization on vegetative growth, yield and chemical composition of fennel (*Foeniculum vulgare* Miller). Annals of Agricultural Science Moshtohor Journal, 42: 1907-1922.

Ahmadvand G and Hajinia S. 2016. Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology. 7: 485-498.

Alami-Milani M, Amini R, Bandehagh A. 2013. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 15-29. (In Persian).

Aminpanah H. 2013. Effect of nitrogen rate on seed yield, protein and oil content of two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Acta Agriculturae Slovenica, 101(2): 183-190.

Amyanpoori S, Ovassi M and Fathineja, E. 2015. Effect of Vermicompost and Triple superphosphate on yield of Corn (*Zea mays* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 3: 494-499.

Arisha H M and Bradisi A. 1999. Effect of mineral fertilizers and organic fertilizers on growth, yield and quality of potato under sandy soil conditions. Zagazig Journal Agriculture Research, 26: 391-405.

Asadi-Sanam S, Zavareh M, Pirdashti H, Sefidkon F and Nematzadeh G A. 2019. Evaluation of phytochemical properties of purple coneflower [*Echinacea purpurea* (L.) Moench] flowers in intercropping with green beans and different summer time planting dates. Iranian Journal of Horticultural Science. 50, 61-76.

Awad E, Austin D and Lyndon A R. 2013. Effect of black cumin seed oil (*Nigella sativa*) and nettle extract (Quercetin) on enhancement of immunity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture, 388: 193-197.

Beaudette C, Bradley R L, Whalen J K, McVetty P B E, Vessey K. and Smith D L. 2010. Tree-based intercropping does not compromise canola (*Brassica napus* L.) seed oil yield and reduces soil nitrous oxide emissions. Agriculture, Ecosystems and Environment, 139(1-2): 33-39.

Bybee-Finley K A, Ryan M R. 2018. Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes, Agriculture, 8, 80.

Calabi-Floody M, Medina J, Rumpel C, Condron L M, Hernandez M, Dumont M, Mora M. 2018. Smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture. Chapter in Advances in Agronomy, 1-39.

Darzi M T, Haj Seyed Hadi M R and Rejali F. 2012. Effects of cattle manure and biofertilizer application on biological yield, seed yield and essential oil in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Medicinal Plants, 11: 77-90.

Fallah S, Kakulvand R and Abbasi Sorki A. 2016. The effect of plant competition on water use efficiency of fenugreek and nigella intercropping under different moisture regimes. Journal of Water Research in Agriculture, 31: 637-653. (In Persian)

Ghosh P K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut / cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research, 88: 227-237.

Grageda-Cabrera O A, González-Figueroa S S, Vera-Nuñez J A, Aguirre-Medina J F, Peña-Cabriales J J. 2018. Effect of biofertilizers on the assimilation of nitrogen by the wheat crop. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9: 281-289.

Habib Porkashefi E, Gharineh M H, Shafeinia A R, Roozrokh M. 2016. The Effect of zeolite levels on chlorophyll fluorescence of red bean (*Phasaeolus vulgaris* L.) under drought tension conditions. Crop Physiology Journal, 7: 19-32. (In Persian).

Huang D, Jiang Y, Yang J and Sun S. 2004. Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and anti-oxidant enzymes in leaves of rice plants. Agronomy Journal, 42(3): 357-364.

Javanshir A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Hamidi A and Qolipour M. 2000. Mixed Cultivation Ecology. Mashhad University Jihad Publications, 222 pages. (In Persian).

Keivanrad S and Zandi P. 2014. Effect of nitrogen levels on growth, yield and oil quality of indian mustard grown under different plant densities. Agronomical and Qualitative Features of Indian Mustard, 1(157): 81-95.

Khan S, Anwar S, Kuai J, Noman A, Shahid M, Din M, Ali A and Zhou G. 2018. Alteration in yield and oil quality traits of winter rapeseed by lodging at different planting density and nitrogen rates. Scientific Reports, 8, 634.

Khorramdel S, Siahmargoyee A and Mahmoudi G. 2017. The effect of replacement and additive intercropping ratios of ajowan and been on yield and yield components. Journal of Crop Production, 9: 1-24.

Koocheki A, Nassiri Mahallati M, Borumand Rezazadeh Z, Jahani M and Jafari L. 2014. 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: 1-8.

Lin C H W, Chen Y B, Huang J J and Tu S H. 2007. Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. Chinese Journal of Ecology, 26: 989-994.

Maffei M and Mucciarelli M. 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crops Research, 84: 229-240.

Maghsudi E, Ghalavand A and Aghaalikhani M. 2012. The effect of different levels of fertilizer (organic, biological and chemical) on morphological traits and yield of maize single cross hybrid 704. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104: 129-135. (In Persian).

Mahajan G, Negi S C and Sardana V. 1999. Nutrient uptake by wheat + swede rape intercropping system as influenced by sowing methods, FYM and NPK levels. Annals of Agricultural Research, 20: 377-379.

Makkizadeh M, Nasrollahzadeh S, Zehtab Salmasi S, Chaichi M and Khavazi K. 2012. The Effect of Organic, Biologic and Chemical Fertilizers on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production, 22: 1-12.

Mardani F and Balouch H. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of fenugreek and anise. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 25: 1-19. (In Persian).

Nasrolahzadeh S, Shirkhani A, Zehtab Salmasi S and Choukan R. Effects of biofertilizer and chemical fertilizer on maize yield and leaf characters in different irrigation conditions. Applied Field Crops Research. 29: 72-87.

Nasrolahzadeh S, Shirkhani A, Zehtab Salmasi S, Choukan R. 2016. Effects of biofertilizer and chemical fertilizer on maize yield and leaf characters in different irrigation conditions. Applied Field Crops Research. 29: 72-86. (In Persian).

Niksirat H, Bijanzadeh E and Naderi R. 2018. Effect of cutting off irrigation on yield and competition and economic indices of intercropping barley (*Hordeum* spp.) with legumes. Journal of Agroecology. 10: 444-458.

Noorullah Khan A J, Ahmad Khan I and Khan N. 2002. Response of canola to nitrogen and sulphur nutrition. Asian Journal of Plant Sciences, 1: 516- 518.

Olama V, Ronaghi A M, Karimian N A, Yasrebi, J, Hamidi R and Tavajjoh M. 2013. Comparison of yield, yield components and seed quality (oil and protein content) of two rapeseed cultivars as affected by different levels of soil-applied nitrogen and zinc. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 4: 83-98.

Ozer H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal Agronomy, 19: 453-463.

Pearson O. 1993. The cell wall structure and the Industrial Utilization of the oil para rubber seed in paint manufacture. Unpublished Ph.D. thesis Department of Biochemistry, University of Nigeria, Nsukka, Pp. 82.

Raei Y, Bagheri-Pirouz A, Shafagh-Kolvanagh J and Aghaei-Gharachorlou P. 2016. Effect of nitrogen fertilizers on yield and yield components of maize under intercropping system. Journal of Research in Ecology, 4: 1-8.

Rejaei M, Dahmardeh M, Khammari I and Keshtegar B. 2018. The Effect of planting pattern and vermicompost on the changes in soil nutrients and use of environmental resources in intercropping of Corn (*Zea mays* L.), Peanut (*Arachis hypogaea* L.) and Borage (*Borago officinalis* L.). Journal of Agroecology. 10: 547-564.

Rezaei chiyaneh E and Pirzad A. 2015. Evaluation of yield and advantages of row intercropping of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Moldavian Balm (*Dracocephalum moldavica* L.) at low input conditions. Research In Crop Ecosystems. 2: 37-51.

Rezaei-Chiyaneh E and Gholinezhad E. 2105. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology. 7: 381-396.

Rosas S B, Andres G A, Rovera M and Correa N S. 2006. Phosphate solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the rhizobia legume symbiosis. Soil Biology and Biochemistry, 38: 3502-3505.

Santalla M, Rodino A P, Casquero P A and de Ron A M. 2001. Interactions of bush bean intercropped with field and sweet maize. European Journal of Agronomy, 15: 185-196.

Sarker P K, Rahman M M and Das B.C. 2007. Effect of intercropping of mustard with onion and garlic on aphid population and yield. Bioscience, 15: 35-40.

Seyed Sharifi R, Hasani S, Sedghi M and Seyed Sharifi R. 2014. Study of effects of integrated biological and chemical fertilizers on fertilizer use efficiency, grain yield and related traits to grain growth of barley (*Hordeum vulgaris* L.). Dryland Agriculture, 2: 61-95.

Seyed Sharifi R, Seyedi M N and Zaefizadeh M. 2011. Influence of various levels of nitrogen fertilizer on grain yield and nitrogen use efficiency in canola cultivars. Journal of Crops Improvement, 13: 51-60.

Shabahang J, Khorramdel S and Gheshm R. 2013. Evaluation of symbiosis with Mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 3: 289-298. (In Persian)

Sharma C P, Bisht S S and Nautiyal B D. 1982. Zinc deficiency indused chages in cabbage. In: A. Scaif (eds.). Proceeding of the Plant Nutrition Colloquium. Warwich England, Common whealth Agric. Bureau Franham Royal, England, pp: 601-606.

Sharma P B. 2005. Fertilizer management in sesame (*Sesamum indicum* L.) based intercropping system in Tawa command area. Journal of Oilseeds Research, 22: 63-65.

Shiri-Janagard M, Raei Y, Gasemi-Golezani K and Aliasgarzad N. 2013. Soybean response to biological and chemical fertilizers. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5: 261-266.

Soetedjo P, Martin L D and Janes A J V. 1998. Canopy architecture, light utilization and productivity of intercrops of field pea and canola. 9th Australian Agronomy Conference. 20-23 July. Charles Sturt University, Australia.

Tahmasebi Zadeh H, Madani H, Farahani A, Mirzakhani M and Farmahini A. 2010. Effect of temperature degree, different nitrogen levels and plant density on oil yield of spring Safflower. Iranian journal of agronomy and plant breeding, 6: 2. 21-33. (In Persian).

Vandermeer J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Yasari E and Patwardhan M. 2007. Effects of Azotobacter and Azospirillum inoculants and chemical fertilizers on Growth and Productivity of Canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences, 6: 77-82.

Zeid I M. 2008. Effect of arginine and urea on polyamines content and growth of bean under salinity stress. Acta Physiologiae Plantarum, 8: 201-203.