

کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط محلول پاشی با نانو کلات آهن و روی

اسماعیل رضائی چیانه*

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۲/۲ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۱

استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

*مسئول مکاتبه Ismaeil.rezaei@gmail.com

چکیده

به منظور ارزیابی سودمندی کشت مخلوط بزرک (*Linum usitatissimum* L.) و لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط محلول پاشی با نانو کلات آهن و روی، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود بصورت عدم کاربرد کود (شاهد)، نانو کلات آهن، نانو کلات روی و تلفیق نانو کلات آهن + روی و شش الگوی کشت شامل کشت مخلوط یک ردیف لوبیا چیتی+ یک ردیف بزرک، کشت مخلوط دو ردیف لوبیا چیتی+ یک ردیف بزرک، کشت مخلوط یک ردیف لوبیا چیتی+ دو ردیف بزرک، دو ردیف لوبیا چیتی+ دو ردیف بزرک و کشت خالص دو گیاه بود. نتایج نشان داد که الگوی کشت مخلوط بر تمامی صفات مورد بررسی اثر معنی‌دار داشت ($p \leq 0.01$). نتایج در مورد گیاه لوبیا چیتی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا چیتی از تیمار کشت خالص به دست آمد، اما بالاترین میزان پروتئین دانه لوبیا چیتی در کشت مخلوط ردیفی مشاهده شد. نتایج در مورد گیاه بزرک نشان داد که بالاترین عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه از کشت خالص حاصل شد، اما درصد روغن در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. محلول پاشی با نانو کلات آهن و روی نیز بر عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی و بزرک اثر معنی‌داری را نشان داد ($p \leq 0.01$). محلول پاشی با این کودها سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی هر دو گونه نسبت به تیمار شاهد گردید و در این میان تیمارهای ترکیبی نسبت به تیمارهای مصرف جداگانه بیشترین تاثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشتند. بالاترین میزان نسبت برابری زمین ($LER = 1/89$) از الگوی کشت مخلوط دو ردیف لوبیا چیتی+ دو ردیف بزرک با تیمار مصرف نانو کلات آهن به دست آمد که نشان دهنده ۸۹ درصد افزایش سودمندی زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه است.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، روغن، عملکرد دانه، عناصر ریز مغذی، نسبت برابری زمین

Intercropping of Flax Seed (*Linum usitatissimum* L.) and Pinto Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Under Foliar Application of Iron Nano Chelated and Zinc

Esmail Rezaei- Chiyaneh*

Received: February 21, 2015 Accepted: February 10, 2016

Assist. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia-Iran.

*Corresponding Author: Ismaeil.rezaei@gmail.com

Abstract

In order to evaluate the intercropping advantage of flax seed (*Linum usitatissimum* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of Nano chelated iron and zinc, a field experiment was conducted as factorial based on randomized complete blocks design with three replications on the field located in Naghedeh, West Azerbaijan province, Iran during growing season of 2013-2014. The fertilizer treatments included control (no fertilizer), Nano chelated iron, Nano chelated zinc and Nano chelated iron+ Nano chelated zinc and intercropping patterns consist of one row of flax seed + one row of pinto bean, one row of flax seed + two rows of pinto bean, two rows of flax seed + one row of pinto bean, two rows of flax seed + two rows of pinto bean and sole cropping of each crop. Results showed that the intercropping patterns had significant effect on all of mentioned traits. The highest seed and biological yield of pinto bean were achieved in solecropping but the maximum protein content was observed in row intercropping. In flaxseed, the highest biological yield, seed yield and protein content were obtained in sole-cropping, however, the highest oil percentage of all treatments was higher than solecropping. Foliar spray with Nano chelated iron and zinc had significant effect on quantitative and qualitative yield of flax seed and pinto bean. Quantitative and qualitative yield of flax seed and pinto bean were enhanced by foliar spray of Nano chelated iron and zinc, compared with control. Among treatments, combined usage of Nano chelate showed the greater increasing in studied traits than individual consumption. The maximum LER values (1.89) were obtained for two rows of flax seed + two rows of bean with Nano chelated iron, respectively. This means that intercropping improved land use efficiency by 89%, compared with solecropping.

Keywords: Land Equivalent Ratio, Micronutrients, Oil, Protein, Seed Yield

گیاه اطلاق می‌شود که ساقه آنها کوتاه و دارای انشعابات زیاد بوده و در نتیجه عملکرد دانه آنها زیاد می‌باشد و به منظور تولید روغن کشت می‌شوند. در مقابل کتان به ژنوتیپ‌هایی از این گونه اطلاق می‌شود که ساقه آنها بلند بوده و دارای انشعابات محدودی می‌باشد و لذا عملکرد دانه این ژنوتیپ‌ها کم است، ولی

مقدمه

بزرک گیاهی یکساله (*Linum usitatissimum* L.) علفی، از تیره کتان^۱ است. بزرک و کتان دو تیپ رشدی از این گونه زراعی می‌باشند. بزرک به ژنوتیپ‌هایی از

و همکاران (۱۳۹۱)، سویا (شیخ بیگلو و همکاران ۲۰۱۰) و گندم (عیسوند و همکاران ۱۳۹۳) شده است. کشت مخلوط از مولفه‌های کشاورزی پایدار محسوب می‌گردد. این نظام‌ها برخلاف نظام‌های تک کشتی در راستای اصول اکولوژیک پیش می‌روند و در صورت بهره‌گیری مؤثر و گسترده از آنها ثبات و پایداری نظام‌های کشاورزی به‌ویژه در شرایط کم‌نهاد افزایش می‌یابد (نصیری محلاتی ۲۰۱۴). در واقع در کشت مخلوط، استفاده بهینه از منابع در دسترس به اختلاف ارتفاع، نحوه قرار گرفتن اندام‌های هوایی و زیرزمینی و نیاز غذایی متفاوت گیاهان مربوط می‌شود (اسکندری و جوانمرد ۱۳۹۲). ظریف پور و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز و نخود مشاهده کردند که با جا به جایی از کشت خالص به سمت کشت مخلوط از عملکرد دانه زیره سبز و نخود کاسته شد. اله‌دادی و همکاران (۱۳۹۲) در ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط سویا و همیشه بهار دریافتند که کشت مخلوط نواری ۴ ردیف همیشه بهار + ۶ ردیف سویا از نظر عملکرد اقتصادی و نسبت برابری زمین نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت‌های مخلوط برتری داشت. دانشنیا و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کشت مخلوط ریحان و شبدر برسیم بیان داشتند که وزن خشک اندام‌های رویشی ریحان در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود، اما درصد اسانس ریحان در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص حاصل شد. ولیزادگان (۱۳۹۴) در کشت مخلوط نخود و همیشه بهار گزارش کرد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی هر دوگونه از کشت خالص حاصل شد، اما بالاترین درصد پروتئین دانه نخود (۲۷ درصد) و درصد روغن همیشه بهار (۲۰ درصد) از کشت مخلوط ردیفی به دست آمد. دباغ محمدی نسب و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سه رقم لوبیا با کاربرد کود های زیستی و شیمیایی گزارش کردند که بیشترین

دارای الیاف نرم، طویل و با کیفیت مناسب برای صنعت ریسندگی می‌باشند (خواجه‌پور ۱۳۹۱). مقدار روغن موجود در دانه بزرک بین ۳۰ تا ۴۵ درصد است، ولی این مقدار در کتان لیفی بین ۱۰ تا ۱۵ درصد است. طول دوره رشد گیاه بزرک به طور متوسط ۹۰ تا ۱۵۰ روز است (مرادی تلاوت و سیادت ۱۳۹۱).

در ایران به دلیل غالبیت شرایط آهکی خاک‌ها، بالا بودن pH، مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و به خصوص مصرف بی‌رویه فسفر، عدم رعایت تناوب زراعی، مصرف ناچیز کودهای آلی و بالاخره عدم مصرف کودهای محتوی عناصر ریزمغذی در گذشته، امروزه کمبود این عناصر در خاک‌ها و در نتیجه موادغذایی بیشتر مشهود می‌باشد (غفاری ملایری و همکاران ۱۳۹۱). بنابراین برای برطرف نمودن نیاز گیاه به عناصر غذایی و افزایش عملکرد و کیفیت محصول در این مناطق، به دلیل کارآیی پایین مصرف خاکی، تغذیه برگی مفید و مؤثر است (رافیکیو و همکاران ۲۰۱۵).

با بهره‌گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانوکودها، فرصت‌های جدیدی به منظور افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، پیش روی انسان گشوده شده است (عیسوند و همکاران ۱۳۹۳). تبدیل مواد به مقیاس نانو، ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و فعالیت‌های کاتالیزوری آنها را تغییر می‌دهد. علاوه بر انحلال پذیری بیشتر، فعالیت‌های شیمیایی و قابلیت نفوذ در غشای سلولی در این نانو ذرات پدیدار می‌گردد (مونیکا و کریمونینی ۲۰۰۹). استفاده از فناوری نانو در کلیه عرصه‌ها از جمله کشاورزی در حال گسترش می‌باشد. عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. نتایج مطالعات موجود بیانگر واکنش متفاوت گونه‌های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه شده به شکل نانو می‌باشد. گزارش شده است که استفاده از کودهای نانو سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی از جمله آفتابگردان (قدسی

گزارش شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار و ۲۴ تیمار اجرا شد. عامل اول شامل شش نوع سیستم کاشت: A_۱: کشت خالص بزرک، A_۲: کشت خالص لوبیا، A_۳: کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک، A_۴: کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک، A_۵: کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک و A_۶: دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک و عامل دوم شامل چهار نوع تیمار کودی: B_۱: عدم کاربرد کود (شاهد)، B_۲: نانو کلات آهن، B_۳: نانو کلات روی، B_۴: تلفیق نانو کلات آهن و روی بود که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت.

بذر مورد استفاده بزرک از توده بومی مبارکه اصفهان بود که از شرکت پاکان بذر اصفهان و بذر مورد استفاده لوبیا چیتی رقم COS 16 بود که از ایستگاه ملی تحقیقات لوبیای خمین تهیه شده بودند. فاصله بین ردیف برای لوبیا چیتی ۴۰ سانتی متر و برای بزرک ۲۰ سانتی متر انتخاب شد. بذرها بزرک و لوبیا چیتی به ترتیب با فاصله ۳ و ۱۰ سانتی متر روی ردیف-هایی به طول پنج متر در تاریخ ۱۰ فروردین و ۱۵ اردیبهشت ماه به صورت جوی و پشت کاشته شدند. محلول پاشی نانو کلات آهن و روی بر اساس دستور العمل توصیه شده شرکت سازنده (خضراء) با غلظت دو در هزار در دو مرحله ساقه دهی و شروع گلدهی انجام گرفت. جهت جلوگیری از سوختگی برگها، محلول پاشی هنگام غروب آفتاب انجام شد. برای حذف اثرات محلول پاشی در تیمار شاهد، همزمان اقدام به آبپاشی آنها گردید. پس از هر بار محلول پاشی، مزرعه آبیاری شد.

عملکرد اقتصادی لوبیا و ذرت از کشت خالص به دست آمد و در تمام تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین (LER^۲) بالاتر از یک بود که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

بنا به گزارش برخی محققان، بزرک به طور قابل توجهی به کمبود عناصر آهن و روی در خاک حساس است و کمبود این عناصر می تواند سبب زردی برگها و کاهش شدید عملکرد شود (مرادی تلاوت و سیادت ۱۳۹۱). تحقیقات قبلی نشان داده است که درک تأثیر روش های مختلف تغذیه گیاه به منظور استفاده بهینه از عوامل اقلیمی، مدیریت زراعی و نهاده های کشاورزی، می تواند کمک مؤثری در جهت افزایش تولید با کیفیت مطلوب محصول و کاهش مصرف کودهای شیمیایی نماید (قاسمی و همکاران ۲۰۱۳؛ خرم دل و همکاران ۲۰۱۵). بدین ترتیب، نظر به اهمیت نانوکودها در بهبود عملکرد محصولات زراعی و حفظ محیط زیست، این تحقیق به منظور بررسی محلول پاشی نانو کلات آهن و روی بر ویژگی های کمی و کیفی بزرک و لوبیا چیتی در الگوهای مختلف کشت مخلوط در راستای اهداف کشاورزی پایدار اجرا گردید.

مواد و روشها

به منظور بررسی اثر محلول پاشی نانو کلات آهن و روی بر عملکرد کمی و کیفی بزرک و لوبیا چیتی در الگوهای مختلف کشت مخلوط، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در مزرعه ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با ۴۵° و ۲۴° طول جغرافیایی و ۳۸° و ۵۲° عرض جغرافیایی و ارتفاع ۱۳۲۰ متر از سطح آب های آزاد اجرا شد. متوسط میانگین های دما و بارندگی سالانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر ۱۲/۴۰ درجه سانتی گراد و ۳۲۳ میلی متر

تعیین شد. با اندازه گیری میزان نیتروژن، میزان پروتئین از حاصل ضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به دست آمد. مقدار روغن بزرک نیز با دستگاه سوکسله اندازه گیری شد. برای استخراج روغن بزرک، ابتدا نمونه‌ها آسیاب و پودر شدند و سپس پنج گرم از نمونه‌های آسیاب شده در سوکسله در ۳۰۰ سی‌سی از محلول دی اتیل اتر قرار داده شدند. پس از شش ساعت حلال مورد نظر از روغن توسط روتاری جدا شد (لیل و همکاران ۲۰۰۹). عملکرد روغن با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید:

معادله (۱) عملکرد بذر × درصد روغن = عملکرد روغن
برای ارزیابی کشت مخلوط لوبیا چیتی و بزرک در مقایسه با کشت خالص از شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکرد دانه) طبق معادله (۲) استفاده گردید (فرانکو ۲۰۱۵).

$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2} \quad \text{معادله (۲)}$$

در این معادله، Y_1 و Y_2 : به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط و F_1 و S_2 : نیز عملکرد گونه اول و دوم در کشت خالص است.

آنالیز واریانس داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌های به دست آمده توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوی کشت و اثر محلول‌پاشی با نانوکودها به جزء ارتفاع بوته بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و درصد پروتئین دانه لوبیا چیتی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی دار بود، اما اثر متقابل بر هیچ یک از صفات مذکور تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲).

بذور لوبیا قبل از کاشت با باکتری ریزوبیوم *فازتولی*^۲ آغشته گردید و جهت حفاظت در برابر بیماری‌های قارچی نیز بذر دو گونه لوبیا چیتی و بزرک توسط قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو گرم در کیلوگرم ضدعفونی شدند. به منظور تسهیل در سبز شدن، اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی بر حسب شرایط اقلیمی منطقه هر هفت روز یک بار تا پایان فصل رشد ادامه یافت. علف‌های هرز در طول فصل رشد از طریق وجین دستی کنترل شدند. کوددهی بر اساس آزمون خاک به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ساقه رفتن به ردیف‌های بزرک و ۳۰ کیلوگرم اوره به عنوان کود آغازین در زمان کاشت به ردیف‌های لوبیا اضافه شد. ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل نیز به همراه ۲۵۰ کیلوگرم کود گوگرد بنتونیت در هکتار نیز (تماماً قبل از کاشت) به خاک اضافه شدند و توسط رتیواتور با خاک مخلوط گردید.

در پایان فصل رشد، ابتدا از هر کرت به طور تصادفی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه برای بزرک و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه برای گیاه لوبیا اندازه گیری شدند. محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بزرک و لوبیا با شرایط حذف حاشیه از هر طرف مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از جدا نمودن بذور، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفتند و سپس همراه بذور توزین شدند.

میزان پروتئین دانه لوبیا چیتی از روی میزان نیتروژن نمونه محاسبه و با استفاده از روش کلدال

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی

بیولوژیکی (۵۰۰۴ کیلوگرم در هکتار) لوبیا چیتی از کشت خالص به دست آمد. به گونه‌ای که با الگوی کشت

مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که بیشترین عملکرد دانه (۱۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

پتاسیم قابل جذب (mg. kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (mg. kg ⁻¹)	درصد مواد آلی	درصد نیتروژن کل	آهن (mg. kg ⁻¹)	روی (mg. kg ⁻¹)	هدایت الکتریکی EC × 10 ³ (dS.m ⁻¹)	اسیدیته	بافت خاک
۴۶۷	۱۴/۱	۱/۳۸	۰/۱۴	۹/۴	۱/۲	۱/۳۴	۷/۷	رس سیلتی

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی لوبیا چیتی تحت تاثیر الگوهای مختلف کشت و محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی

درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	درصد پروتئین دانه
تکرار	۱۹/۸۳ ^{n.s}	۲۸۱۴۳/۱۷ ^{n.s}	۳۶۵۰۸۶/۳۸ ^{n.s}	۷/۹۱ ^{n.s}
الگوی کشت	۸۴/۷۴ ^{n.s}	۱۰۷۳۷۰۰/۷۸ ^{**}	۱۲۷۴۵۷۷۵/۱۶	۳۳/۷۶ ^{**}
کود	۵۴/۷۸ ^{n.s}	۲۷۷۹۷۶/۵۷ ^{**}	۳۶۰۹۲۱۴ ^{**}	۵۹/۰۸ ^{**}
سیستم کشت × کود	۴۱/۶۴ ^{n.s}	۵۸۲۵/۱۲ ^{n.s}	۹۲۹۵۶/۶۳ ^{n.s}	۱/۲۰ ^{n.s}
خطا	۳۹/۵۰	۱۱۷۱۴/۷۴	۲۶۰۷۶۶/۴۷	۴/۹۸
ضریب تغییرات (%)	۱۴/۱۲	۸/۷۴	۱۳/۳۱	۸/۹۲

n.s, ** به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

موضوع می‌تواند یکی از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص باشد. از طرفی، با توجه به نتایج به-دست آمده می‌توان بیان کرد که در کشت مخلوط دو ردیفی، رقابت میان دو گیاه در کشت مخلوط شدید نبود. این می‌تواند به دلیل فضای بیشتری باشد که در اختیار هر بوته قرار گرفته و سبب افزایش عملکرد لوبیا در این الگوی کشت شد، اما در کشت مخلوط ردیفی به-دلیل افزایش رقابت برون گونه‌ای امکان رشد بهتر و بیشتر برای بوته‌ها فراهم نشد و در نتیجه باعث افت عملکرد هر دو گونه گردید. عملکرد در کشت مخلوط زمانی به بیشترین میزان خود می‌رسد که هر گونه

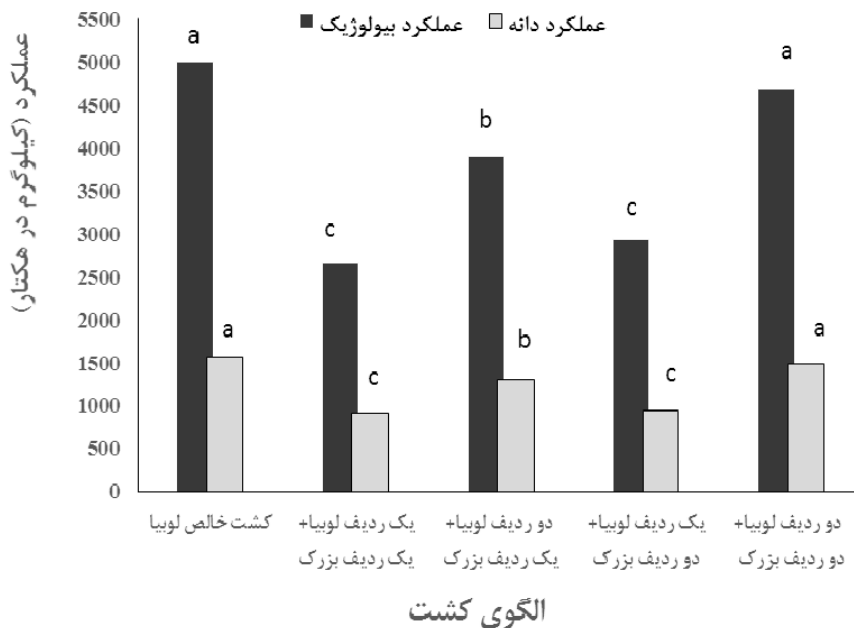
مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک در یک سطح آماری قرار گرفت. کمترین مقادیر عملکرد دانه (۹۰۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۲۶۵۹ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط ردیفی حاصل شد که با کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۱).

بالا بودن عملکرد دانه و بیولوژیکی لوبیا چیتی در کشت خالص می‌تواند به دلیل عدم وجود رقابت بین گونه‌ای باشد که تحت این شرایط هر بوته لوبیا برای آشیان‌های اکولوژیکی یکسان رقابت نکرده و تمامی منابع موجود در اختیار لوبیا قرار گرفته است که این

بیولوژیکی لوبیا چیتی شدند. بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از مخلوط پاشی ترکیبی روی + آهن حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب حدود ۲۲ و ۲۷ درصد افزایش نشان دادند. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا چیتی در تیمارهای مصرف جداگانه آهن و روی نیز از نظر آماری اختلاف معنی-داری داشتند به طوری که مصرف نانو کلات آهن به ترتیب ۱۱ و ۷ درصد و تیمار نانو کلات روی ۱۴ و ۱۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان دادند (شکل ۲).

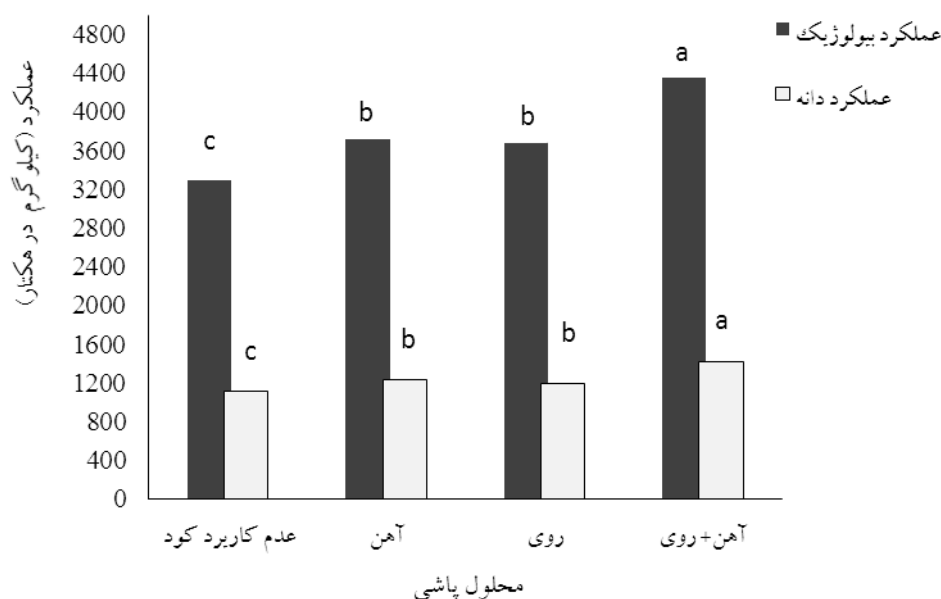
آشپان اکولوژیکی مربوط به خود را اشغال کرده باشد و رقابت میان گونه‌ها در حداقل باشد (چاپاگین و ریسمن ۲۰۱۴). در تحقیقات سایر محققان نیز کاهش عملکرد دانه و بیولوژیکی حبوبات در کشت مخلوط گاوزبان اروپایی و لوبیا توسط کوچکی و همکاران (۱۳۹۱)، کشت مخلوط ذرت و نخود توسط مائو و همکاران (۲۰۱۲)، کشت مخلوط ذرت و لوبیا توسط هیرپا (۲۰۱۴) و کشت مخلوط ذرت و سویا توسط حمزه‌ئی و قمری رحیم (۱۳۹۳) نیز نسبت به کشت خالص گزارش شده است.

مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که تیمارهای مخلوط پاشی نانو کودها در مقایسه با تیمار شاهد، به-طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه و عملکرد



شکل ۱- عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا چیتی در الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا چیتی و بزرک

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.



شکل ۲- عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا در محلول پاشی با نانو کلات آهن و روی

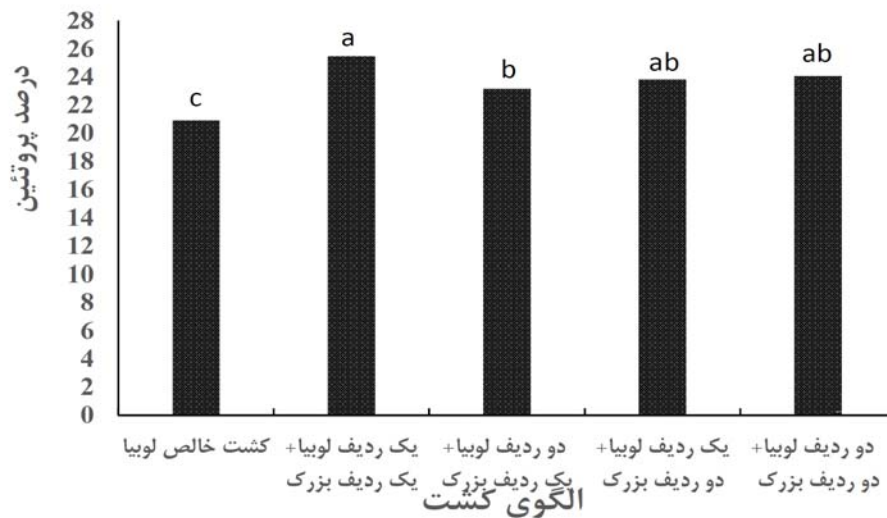
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

سها و همکاران (۲۰۱۵) در گندم نیز گزارش کردند که محلول پاشی با روی موجب بهبود عملکرد گیاهان مذکور گردید.

درصد پروتئین

کمترین مقدار پروتئین دانه لوبیا چیتی (۲۰/۹۲ درصد) از تیمار کشت خالص و بیشترین میزان پروتئین دانه (۲۵/۵ درصد) از کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک) حاصل شد. هر چند تفاوت معنی‌داری بین کشت مخلوط ردیفی از نظر میزان پروتئین دانه با الگوهای کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک و دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک مشاهده نشد (شکل ۳).

از آنجایی که آهن و روی جزء عناصر ضروری در فرآیند فتوسنتز می‌باشند، از نتایج به دست آمده می‌توان چنین استنباط نمود که محلول پاشی با نانو کلات آهن و روی با در دسترس قرار دادن سریع مواد غذایی در طی مراحل رشد گیاه و به علت کمک به افزایش رشد رویشی، بهبود سیستم فتوسنتزی، افزایش سبزیگی و دوام سطح برگ منجر به افزایش کارایی برگ طی فتوسنتز شده که نتیجه آن افزایش عملکرد است (مونیکا و کریمونینی ۲۰۰۹). شیخ بیگلو و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که در اثر کاربرد نانو اکسید آهن میزان عملکرد دانه سویا به طور معنی‌داری افزایش داشت. قدسی و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که مصرف نانو اکسید آهن موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در آفتابگردان شد. رافیکو و همکاران (۲۰۱۵) در نخود و



شکل ۳- میزان پروتئین دانه لوبیا چیتی در الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا چیتی و بزرک

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

در ریشه گیاه اثر منفی خواهد گذاشت. همچنین کمبود آهن در ریشه‌ها با تغییرات مورفولوژیکی نظیر ممانعت از طول شدن ریشه، افزایش قطر مناطق انتهایی ریشه و افزایش تارهای کشنده همراه است (خلد برین و اسلام زاده ۱۳۸۰). عنصر روی نیز به‌عنوان بخشی از ساختمان آنزیم‌ها و یا به‌صورت کوفاکتور عمل می‌کند. روی برای ساخت DNA، RNA، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، روغن‌ها و پروتئین‌ها (ساختمان ریبوزوم) استفاده می‌شود (سها و همکاران ۲۰۱۵). بنابراین مقادیر کافی این عناصر جهت افزایش متابولیسم کربوهیدرات‌ها، RNA و DNA برای سنتز روغن‌ها و پروتئین‌ها ضروری است و محلول‌پاشی و رفع کمبود این عناصر سبب بهبود واکنش‌های فیزیولوژیک درگیر در سنتز پروتئین‌ها می‌شوند (توماس و همکاران ۲۰۰۹). عیسوند و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر سطوح مختلف نانوآکسید آهن بر برخی ویژگی‌های کمی، کیفی و فیزیولوژیک چهار رقم گندم پاییزه دریافتند که تیمارهای محلول‌پاشی نانوآکسید آهن سبب افزایش معنی‌دار مقدار پروتئین دانه گندم نسبت به تیمار شاهد گردید که نشان دهنده تاثیر مثبت نانوکودها در سنتز پروتئین‌ها می‌باشد.

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 (میکیک و همکاران ۲۰۱۴) و افزایش تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، سبب افزایش میزان پروتئین دانه نیز می‌شود. در تحقیقات سایر محققان نیز افزایش میزان پروتئین دانه حبوبات در کشت مخلوط سورگوم و ماش توسط شاکر کوهی و همکاران (۲۰۱۴) و کشت مخلوط نخود و سیاه دانه توسط قلی‌نژاد و رضائی چپانه (۱۳۹۳) نیز نسبت به کشت خالص گزارش شده است.

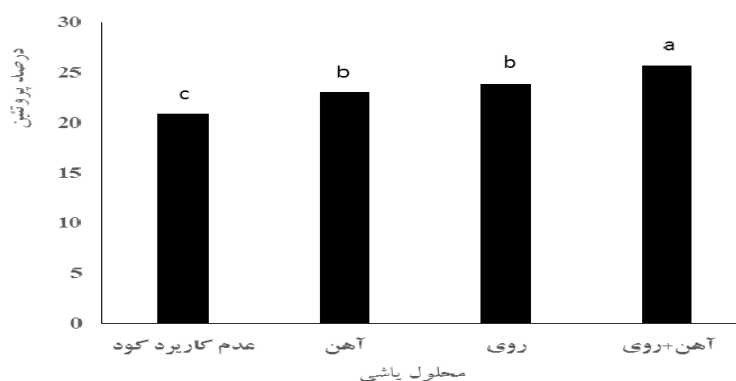
بیشترین میزان پروتئین دانه لوبیا چیتی (۲۵/۶۷ درصد) در تیمار ترکیبی آهن+ روی مشاهده شد و تیمار شاهد کمترین میزان پروتئین (۲۰/۸۷ درصد) را تولید کرد. تیمارهای مصرف جداگانه روی و آهن از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را از نظر تولید پروتئین دانه نشان ندادند (جدول ۳). کمبود آهن علاوه بر کاستن پروتئین‌سازی در شکل‌گیری همزیستی ریزوبیومی و حضور ریزوبیوم‌ها

عملکرد کمی و کیفی بزرک

زنیان و شنبلیله نشان دادند که شنبلیله در کشت مخلوط با زنیان فشار رقابتی بیشتری را متحمل شده و به دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی باعث کاهش رشد رویشی و در نتیجه ارتفاع آن شده است.

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بزرک

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بزرک از کشت خالص به ترتیب برابر با ۸۹۱/۱۷ و ۲۸۶۱/۸۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب برابر با ۵۱۳/۷۵ و ۱۷۳۶/۴۴ کیلوگرم در هکتار از الگوی کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک حاصل شد. در بین الگوهای کشت مخلوط بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی از کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک به ترتیب برابر با ۷۲۳/۴۲ و ۲۵۴۴/۶۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر به خاطر توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر، افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط لوبیا در این الگوی کشت مخلوط بوده که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این امر منجر به بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش عملکرد بزرک در این الگوی کشت شده است.



شکل ۴- میزان پروتئین دانه لوبیا در محلول پاشی با نانو کلات آهن و روی

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط و اثر محلول پاشی نانو کودها بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، درصد روغن، عملکرد روغن و درصد پروتئین دانه بزرک معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود، اما اثر متقابل بر هیچ یک از صفات مذکور تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

ارتفاع بوته

مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین (۴۱/۸۳ سانتیمتر) و کمترین (۳۰/۱۶ سانتیمتر) ارتفاع بوته به ترتیب از کشت خالص بزرک و الگوی کشت مخلوط دوردیف لوبیا + یک ردیف بزرک حاصل شد (جدول ۴). در بین الگوهای کشت مخلوط بالاترین ارتفاع بوته بزرک از کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک به دست آمد که با الگوی کشت یک ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که علت کاهش ارتفاع بوته بزرک در کشت مخلوط به دلیل رقابت بین بوته‌ها بر سر آب، مواد غذایی و فضای زیستی بوده که سبب کاهش جذب نور، کاهش رشد و فتوسنتز بزرک شده و به دنبال آن ارتفاع آن را در کشت مخلوط کاهش داده است. در این راستا رضائی چپانه و همکاران (۱۳۹۳) در کشت مخلوط

کرچک با دو گیاه لوبیا و ذرت دریافتند که عملکرد کرچک در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از مقدار کمتری برخوردار بود (اوبیرو و همکاران ۲۰۱۳). رضائی چپانه و همکاران (۱۳۹۲) در کشت مخلوط زیره سبز و عدس و گائو و همکاران (۲۰۰۹) در کشت مخلوط ذرت و گندم دریافتند که عملکرد گونه‌های گیاهی مذکور در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاهش یافت.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین عملکرد دانه و بیولوژیکی بزرک به ترتیب به تیمارهای محلول‌پاشی ترکیبی عناصر نانو کلات روی+ آهن و شاهد تعلق داشت. به‌طوریکه مقادیر عملکرد دانه و بیولوژیکی در تیمار محلول‌پاشی ترکیبی نسبت به تیمار شاهد ۱۶ و ۱۵ درصد افزایش نشان داد. از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مصرف جداگانه آهن و روی وجود نداشت (جدول ۵).

بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط، جذب آب، مواد غذایی و نور به‌دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می‌یابد (فرانکو و همکاران ۲۰۱۵؛ کوچکی و همکاران ۱۳۹۳). طی آزمایش حاضر، با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت الگوی کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک و کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک کشت مخلوط از عملکرد دانه و بیولوژیکی کاسته شد. این کاهش عملکرد را می‌توان به‌دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای در مقایسه با رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌های دو گونه بر سر منابع محیطی ذکر کرد.

آلادختی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که عملکرد اقتصادی پنبه در کشت مخلوط با برخی دانه‌های روغنی (آفتابگردان، کنجد و کرچک) به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. محققان با بررسی کشت مخلوط

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی بزرک تحت تاثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و

محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	درصد روغن	عملکرد روغن	درصد پروتئین دانه
تکرار	۲	۳/۶۳ ^{n.s}	۸۹۹۵/۲۴ ^{n.s}	۲۵۱۸۵۰/۷۳ ^{**}	۲۸/۷۴ ^{**}	۱۸۰۶/۷۳ ^{n.s}	۱۲/۸۱ [*]
الگوی کشت	۴	۲۴۷/۵۲ ^{**}	۲۹۳۰۴۳/۶۲ ^{**}	۲۸۰۱۴۱۵/۵۷ ^{**}	۱۲۹/۶۶ ^{**}	۱۹۷۴۴/۵۲ ^{**}	۱۳۴/۷۲ ^{**}
کود	۳	۵/۸۰ ^{n.s}	۳۶۸۱۵/۵۸ ^{**}	۳۴۳۶۳۹/۶۱ ^{**}	۱۲۵/۸۷ ^{**}	۲۳۵۹۰/۵۸ ^{**}	۳۵/۲۱ ^{**}
سیستم کشت × کود	۱۲	۱/۹۷ ^{n.s}	۲۷۵۴/۱۹ ^{n.s}	۲۳۹۴۳/۲۷ ^{n.s}	۹/۴۳ ^{n.s}	۸۴۳/۱۳ ^{n.s}	۴/۶۴ ^{n.s}
خطا	۳۸	۴/۶۸	۴۶۸۷/۹۵	۳۶۰۲۶/۹۶	۵/۳۴	۸۴۱/۶۸	۲/۷۱
ضریب تغییرات (%)	۶/۳۰	۱۰/۱۷	۸/۳۰	۶/۲۳	۱۱/۶۶	۹/۸۲	

^{n.s}، ^{**} به ترتیب نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات کمی و کیفی گیاه بزرک در الگوهای مختلف کشت مخلوط بزرک و لوبیا چیتی

الگوی کشت	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین دانه
کشت خالص بزرک	۴۱/۸۳ a	۸۹۱/۱۷ a	۲۸۶۱/۸۳ a	۳۲/۶۶ d	۲۳/۹۱ a
کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک	۳۱/۷۵ c	۵۲۶/۵۸ c	۱۸۴۵/۶۷ c	۳۸/۷۷ b	۱۷/۳۳ c
کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک	۳۰/۱۶ c	۵۱۳/۷۵ c	۱۷۳۶/۴۴ c	۳۶ c	۲۱/۵ b
کشت مخلوط یک ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک	۳۴/۱۲ b	۷۰۸/۱۷ b	۲۴۳۷/۵۰ b	۳۶/۳۳ c	۲۰/۴۱ b
کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک	۳۵/۲۵ b	۷۲۳/۴۲ b	۲۵۴۴/۶۷ b	۴۱/۷۵ a	۱۵/۴۱ d

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد کمی و کیفی بزرک در تیمارهای نانو کلات آهن و روی در کشت مخلوط با لوبیا چیتی

کود	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	درصد پروتئین دانه
عدم کاربرد کود	۶۱۲/۳۳ c	۲۰۹۰ c	۳۳/۱۳ c	۲۰۱/۶۴ c	۱۷/۸۸ c
آهن	۶۸۰/۸۷ b	۲۳۲۰/۸۷ b	۳۸/۴۷ a	۲۵۵/۴۱ b	۱۹/۲۶ bc
روی	۶۶۹/۴۰ b	۲۲۶۰/۷۳ b	۳۶/۷۳ b	۲۴۷/۴۴ b	۲۰ b
آهن+ روی	۷۳۲/۸۷ a	۲۴۶۹/۶۰ a	۴۰ a	۲۹۰/۶۵ a	۲۱/۵۳ a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

میزان روغن

درصد روغن در کشت خالص متفاوت از تیمارهای کشت مخلوط به دست آمد؛ به طوری که درصد روغن در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. در بین الگوهای مختلف کشت، بیشترین درصد روغن با ۴۱/۷۵ درصد از کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک و کمترین مقدار آن از کشت خالص با ۳۲/۶۶ درصد حاصل شد (جدول ۴). از آنجا که هر عاملی که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی گردد، می‌تواند باعث بالا رفتن درصد روغن نیز شود، لذا چنین به نظر می‌رسد که دلیل افزایش درصد روغن در کشت مخلوط به خاطر توانایی گیاه در استفاده بهینه از منابع محیطی بوده که باعث بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن

به نظر می‌رسد که با محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی به واسطه افزایش رشد سبزینه‌ای، بهبود کلروفیل سازی گیاه، افزایش ظرفیت و فرآیند فتوسنتزی، اندام‌های زایشی بیشتری ساخته شده و سهم دریافتی مواد پرورده آنها نیز افزایش یافته و نهایتاً منجر به افزایش عملکرد بزرک شده است. کمرکی و گلوی (۱۳۹۱) در گلرنگ، قاسمی و همکاران (۲۰۱۳) در گندم، رضائی چپانه و همکاران در همیشه بهار (۱۳۹۴) و خرمدل و همکاران در زعفران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی با عناصر ریز مغذی منجر به بهبود عملکرد اقتصادی گیاهان مذکور گردیده است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

۲۹۰/۶۵ کیلو گرم در هکتار بیشترین و تیمار کشت خالص با ۲۰۱/۶۴ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد روغن را در واحد سطح تولید کردند (جدول ۵).

به نظر می‌رسد که نانو کلات آهن و روی به علت سطح ویژه بالا، حلالیت زیاد و کمپلکس خاص آن‌ها، قابلیت زیادی جهت جذب توسط گیاه دارند و با افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و با تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی ضمن افزایش عملکرد دانه، مستقیم یا غیرمستقیم بر محتوی روغن بذر تاثیر گذار هستند (طوسی و همکاران ۱۳۹۳). نتایج تحقیق برخی محققان نشان می‌دهد که عناصر ریزمغذی به عنوان کوفاکتور آنزیم‌های مسئول بیوسنتز اسیدهای چرب عمل می‌کنند و با فعالسازی فرایندهای تشکیل اسیدهای چرب، افزایش جذب، انتقال عناصر و افزایش میزان روغن در گیاهان موجب بهبود ویژگی‌های کیفی گیاه می‌شوند (اسکات و همکاران ۲۰۰۳، توماس و همکاران ۲۰۰۹). در تحقیق حاضر عناصر ریزمغذی با رفع به موقع نیاز گیاه باعث افزایش درصد روغن گردیدند. در تحقیقی دیگر مشخص شد که محلول پاشی با نانو کلات آهن به‌طور معنی‌داری میزان روغن سویا را افزایش داد. این محققان علت آن را به دلیل افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی و فرایندهای تشکیل اسیدهای چرب نسبت دادند (طوسی و همکاران ۱۳۹۳). محققان دیگری نیز گزارش کردند که محلول پاشی با عناصر ریز مغذی باعث افزایش معنی‌دار میزان روغن گلرنگ (راوی ۲۰۰۸)، کتان (بکری و همکاران ۲۰۱۲) و همیشه بهار (رضائی چیانه و همکاران ۱۳۹۴) گردید.

پروتئین دانه

درصد پروتئین دانه بزرک در کشت خالص متفاوت از تیمارهای کشت مخلوط به دست آمد. به طوری که درصد پروتئین در کشت خالص نسبت به تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر بود. بیشترین درصد پروتئین (۲۳/۹۱ درصد) از کشت خالص و کمترین درصد پروتئین (۱۵/۴۱ درصد) از کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک حاصل شد. از نظر آماری

افزایش میزان روغن در مقایسه با کشت خالص شده است. برخی بررسی‌ها نیز نشان داده است که میزان تجمع روغن می‌تواند تحت تأثیر عواملی چون ساختار ژنتیکی، تاریخ کاشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی منطقه، حاصلخیزی خاک، تراکم و الگوی کاشت قرار گیرد (رحیمی و همکاران ۱۳۸۸). در این آزمایش نیز میزان روغن تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت. رضائی چیانه و همکاران (۱۳۹۴) در ارزیابی اثر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا دریافتند که درصد روغن آفتابگردان در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تیمار کشت خالص بود که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد.

مقایسه میانگین تیمارهای الگوهای مختلف کشت بر عملکرد روغن نشان داد که بیشترین عملکرد روغن با ۲۹۲/۲۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به کشت خالص بود که با الگوی کشت مخلوط دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. افزایش عملکرد روغن در تیمارهای مذکور به این دلیل است که عملکرد روغن تابعی از درصد روغن و عملکرد دانه می‌باشد بنابراین بالا بودن عملکرد روغن در تیمارهای مذکور به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد روغن در این تیمار بود (جدول ۴).

تیمارهای محلول پاشی با نانو کلات آهن + روی در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار درصد روغن را افزایش دادند. بیشترین درصد روغن (۴۰ درصد) از تیمار ترکیبی آهن + روی حاصل شد که در مقایسه با تیمار شاهد (۳۳/۱۳ درصد) ۱۷ درصد افزایش نشان داد. هر چند بین تیمار ترکیبی دوگانه آهن + روی با تیمار مصرف جداگانه آهن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). همچنین، نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده تأثیر مثبت کود بر عملکرد روغن بود، به طوری که تیمار ترکیبی نسبت به تیمارهای مصرف جداگانه بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد روغن داشتند. بین تیمار نانو کلات آهن و روی از نظر عملکرد روغن در دانه اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. به طوری که، تیمار ترکیبی نانو کلات آهن و روی با

نسبت به بزرگ بالاتر بود که می‌توان چنین استنباط نمود که لوبیا گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با بزرگ اثر مثبت پذیرفته است. LER جزئی بزرگ و لوبیا در تیمارهای محلول‌پاشی با نانو کلات روی + آهن نسبت به تیمار عدم کاربرد کود (شاهد) بالاتر بود و در بین تیمارهای محلول‌پاشی با نانو کلات روی + آهن در هر الگوی کشت، محلول‌پاشی با نانو کلات آهن در مقایسه با سایر تیمارها از LER جزئی بالاتری برخوردار بود. در بررسی کشت مخلوط زنیان و شنبلیله مشخص شد که LER جزئی زنیان بالاتر از شنبلیله بود که نشان دهنده غالبیت زنیان بود (رضائی چپانه و دباغ محمدی نسب ۱۳۹۳).

در بررسی کشت مخلوط لوبیا و گاوزبان مشخص شد که مقدار نسبت برابری زمین جزئی لوبیا در تمامی الگوهای مخلوط بالاتر از گاوزبان بود که نشان داد، لوبیا از همراهی گاوزبان اثر مثبت پذیرفته که این امر باعث بهبود LER جزئی آن در مقایسه با گاوزبان شده است (کوچکی و همکاران ۱۳۹۱).

نسبت برابری زمین کل

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود LER کل در الگوهای مختلف کشت لوبیا و بزرگ بالاتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گونه می‌باشد. کمترین LER (۱/۰۵) از کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + یک ردیف بزرگ با تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) و بالاترین مقدار آن (۱/۸۹) از کشت مخلوط دو ردیف لوبیا + دو ردیف بزرگ با تیمار مصرف نانو کلات آهن حاصل شد که نشان دهنده ۸۹ درصدی افزایش سودمند زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه دارد.

بالا بودن نسبت برابری زمین از یک در کشت مخلوط را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بین آنها، بهبود جذب و کارایی مصرف نور، تثبیت و جذب نیتروژن، کاهش فشار رقابتی بین دو گونه و کاهش رشد و زیست توده علف‌های هرز نسبت

اختلاف معنی‌داری از نظر درصد پروتئین دانه بین کشت مخلوط دو ردیف لوبیا + یک ردیف بزرگ با کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + دو ردیف بزرگ وجود نداشت (جدول ۴). در مراحل آخر رشدی دانه‌های روغنی (شروع رسیدگی دانه) به جای سنتز روغن از قند، روغن از پروتئین ذخیره شده ساخته می‌شود و به تدریج تا مرحله‌ی رسیدگی کامل میزان روغن نسبت به پروتئین افزایش می‌یابد (خواجه‌پور ۱۳۹۱). نتایج برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که در گیاه بزرگ بین نسبت روغن و پروتئین رابطه عکس وجود دارد (میر شکاری و همکاران ۲۰۱۲). در تحقیق حاضر نیز در الگوهای مختلف کشت بین روغن و پروتئین رابطه عکس وجود داشت. به طوری که تیمارهای که از درصد روغن بالاتری برخوردار بودند میزان پروتئین در این تیمارها کاهش یافت.

کمترین میزان پروتئین دانه (۱۷/۸۸ درصد) از تیمار شاهد و بیشترین میزان آن (۲۱/۵۳ درصد) از تیمار ترکیبی دو گانه آهن + روی حاصل شد. بین تیمارهای مصرف جداگانه نانو کلات روی + آهن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۵). نتایج آزمایش حاضر نشان دهنده تاثیر مثبت عناصر ریز مغذی بر میزان پروتئین دانه بزرگ بود که این افزایش را می‌توان به غلظت مناسب اسیدهای آمینه و وجود سایر عناصر غذایی موجود در آن نسبت داد که سبب تحریک متابولیسم گیاه شد. طوسی و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که محلول‌پاشی با نانو کلات آهن سبب افزایش معنی‌دار میزان پروتئین دانه سویا شد.

نسبت برابری زمین جزئی

بالاترین LER جزئی لوبیا (۱/۰۴) و بزرگ (۰/۹) از تیمار کشت مخلوط دو ردیف لوبیا + دو ردیف بزرگ به دست آمد (جدول ۶). با توجه به اینکه هر دو گونه در این تیمارها از عملکرد بیشتری برخوردار بودند به همین دلیل توانسته بودند به LER بالا برسند. بین الگوهای مختلف کشت نسبت برابری زمین جزئی لوبیا

تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده اند که این امر نشان دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است که با نتیجه تحقیق حاضر مطابقت دارد.

داد (میکیک و همکاران ۲۰۱۴؛ نصیری محلاتی ۲۰۱۴). قلی نژاد و رضائی چپانه (۱۳۹۳) در کشت مخلوط نخود و سیاهدانه، چاپاگین و ریسمن (۲۰۱۴) در کشت مخلوط جو و نخود و دباغ محمدی نسب و همکاران (۱۳۹۴) در کشت مخلوط ذرت با سه رقم لوبیا مقدار LER را در

جدول ۶- نسبت برابری زمین جزئی و نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه لوبیا چیتی و بزرک در الگوهای مختلف

کشت مخلوط																
تیمار	یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک				دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک				یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بزرک				دو ردیف لوبیا+ دو ردیف بزرک			
	شاهد	آهن	روی	آهن + روی	شاهد	آهن	روی	آهن + روی	شاهد	آهن	روی	آهن + روی	شاهد	آهن	روی	آهن + روی
LER جزئی بزرک	۰/۵۴	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۶۶	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۹۲	۰/۷۶	۰/۷۷	۰/۸۲	۰/۹۰	۰/۷۹	۰/۷۵
LER جزئی لوبیا	۰/۵۱	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۶	۰/۷۸	۰/۹۸	۰/۷۵	۰/۸	۰/۵۳	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۹۰	۰/۹۹	۱/۰۴	۰/۸۹
LER کل	۱/۰۵	۱/۲۶	۱/۱۹	۱/۱۷	۱/۳۲	۱/۶۴	۱/۲۵	۱/۳۶	۱/۳۱	۱/۵۵	۱/۴۲	۱/۳۸	۱/۷۲	۱/۸۹	۱/۸۳	۱/۶۴

نتیجه گیری

در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به طور قابل ملاحظه‌ای موثر باشد. محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی هر دو گونه نسبت به تیمار شاهد گردید و در این میان تیمارهای ترکیبی نسبت به تیمارهای مصرف جداگانه بیشترین تاثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشتند. تأثیر معنی‌دار محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی لوبیا چیتی و بزرک بیانگر تأثیر سودمند محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی می‌باشد که نشان می‌دهد محلول‌پاشی با نانو کودها می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مدیریتی کارآمد به‌منظور افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست در جهت دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد.

به‌طور کلی نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد بزرک و لوبیا چیتی تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت و محلول‌پاشی با نانو کلات آهن و روی قرار گرفت. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی لوبیا چیتی از تیمار کشت خالص به‌دست آمد، اما بالاترین میزان پروتئین دانه لوبیا چیتی در کشت مخلوط ردیفی مشاهده شد. بالاترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و میزان پروتئین دانه بزرک از کشت خالص حاصل شد، اما درصد روغن در تمام تیمارهای مخلوط بیشتر از کشت خالص بود. بالاترین میزان نسبت برابری زمین (LER= ۱/۸۹) از الگوی کشت مخلوط دو ردیف لوبیا چیتی + دو ردیف بزرک با تیمار مصرف نانو کلات آهن به‌دست آمد که نشان دهنده ۸۹ درصد افزایش سودمندی زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه است و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید

منابع مورد استفاده

- اسکندری ح و جوانمرد ع، ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در الگوهای کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳(۴): ۱۱۰-۱۰۱.
- الهدادی م، شکبیا م ر، دباغ محمدی نسب ع و امینی ر، ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط سویا و همیشه بهار. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳(۳): ۵۸-۴۷.
- حمز هئی ج و قمری رحیم ن، ۱۳۹۳. ارزیابی سودمندی کشت مخلوط ذرت- سویا با استفاده از شاخص‌های زراعی و کارایی کنترل علف هرز. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۴(۳): ۷۳-۶۱.
- خلد برین ب و اسلام زاده ط، ۱۳۸۰. تغذیه معدنی گیاهان عالی. انتشارات دانشگاهی شیراز.
- خواجه‌پور م ر، ۱۳۹۱. گیاهان صنعتی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.
- دباغ محمدی نسب ع، امینی ر و تمری ا، ۱۳۹۴. ارزیابی کشت مخلوط ذرت و سه رقم لوبیا با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۵(۱): ۹۹-۱۱۳.
- رضایی چپانه، ا، خرم دل س، قره چالی پ، ۱۳۹۴. ارزیابی اثر کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان و باقلا بر عملکرد و کارایی استفاده از زمین. مجله به زراعی کشاورزی، ۱۷(۱): ۱۸۳-۱۹۶.
- رضائی چپانه، ا، تاج بخش م، اروج ولیزادگان ا. و بنائی اصل ف، ۱۳۹۲. بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز و عدس در کشت دوم. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۵(۴): ۴۷۲-۴۶۲.
- رضائی چپانه، ا، تاج بخش م، فتوحی چپانه س، ۱۳۹۳. عملکرد و اجزای عملکرد شنبلیله در کشت مخلوط نواری با زنیان تحت تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۴(۴): ۱-۱۵.
- رضائی چپانه، ا. و دباغ محمدی نسب، ع، ۱۳۹۳. ارزیابی کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی زنیان در کشت مخلوط نواری با شنبلیله. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۶(۳): ۵۹۴-۵۸۲.
- رضائی چپانه، ا، زهتاب سلماسی س، پیرزاد ع و رحیمی ا، ۱۳۹۴. اثر محلول پاشی عناصر ریز مغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد و روغن دانه همیشه بهار. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹(۱): ۱۰۲-۹۵.
- طوسی پ، تاجبخش م و اصفهانی م، ۱۳۹۳. اثر محلولپاشی نانو کلات آهن، فرآورده‌های اسید آمینه و آب مغناطیسی بر میزان پروتئین و ترکیب اسیدهای چرب روغن سویا در زمانهای مختلف برداشت. مجله علوم زراعی ایران، ۱۶(۲): ۱۳۶-۱۲۵.
- ظریف پور ن، ناصری پوریزدی م ت و نصیری محلاتی م، ۱۳۹۳. اثر ترکیب های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز و خود زراعی. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱۲(۱): ۴۳-۳۴.
- عیسوند ح ر، اسماعیلی ع ر و محمدی م، ۱۳۹۳. بررسی اثر سطوح مختلف نانو اکسید آهن بر برخی ویژگی های کمی، کیفی و فیزیولوژیک چهار رقم گندم پایبیزه کشور در وضعیت اقلیمی خرم آباد. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۵(۲): ۲۷۸-۲۹۸.
- غفاری ملایری م، اکبری غ ع و محمدزاده آ، ۱۳۹۱. واکنش عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت به کاربرد خاک مصرف و محلول پاشی عناصر ریزمغذی. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱۰(۲): ۳۷۳-۳۶۸.
- قدسی ع، آستارایی ع ر، امامی ح و میرزاپور م ه، ۱۳۹۱. تاثیر نانو اکسید آهن و کمپوست زباله شهری گرانوله گوگردی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه آفتابگردان در خاک شور سدیمی. مجله علوم محیطی، ۹(۳): ۱۱۱-۱۱۸.

- قلی نژاد، ا و رضائی چپانه ا، ۱۳۹۳. ارزیابی عملکرد دانه و کیفیت سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود. مجله علوم زراعی ایران، ۱۶(۳): ۲۴۹-۲۳۶.
- کوچکی ع، نصیری محلاتی م، برومند رضازاده ز، جهانی م و جعفری ل، ۱۳۹۳. بررسی عملکرد گیاه داروئی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱۲(۱): ۸-۱.
- کمرکی ح و گلوی م، ۱۳۹۱. ارزیابی محلولپاشی عناصر ریزمغذی آهن، بر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۴(۳): ۲۰۶-۲۰۱.
- کوچکی ع، شباهنگ ج، خرم دل س و غفوری ا، ۱۳۹۱. بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۲(۱): ۱۱-۱.
- مرادی تلاوت م و سیادت س ع، ۱۳۹۱. معرفی و تولید گیاهان دانه‌های روغنی. انتشارات ترویج و آموزش کشاورزی.
- ولیزادگان، ا، ۱۳۹۴. مطالعه عملکرد کمی و کیفی همیشه بهار و نخود. و تنوع گونه‌ای و وفور نسبی حشرات در کشت مخلوط ردیفی و نواری. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۵(۳): ۳۰-۱۵.
- Aladakhdtti YR, Halliker SS, Nandagavi RA, Hugar AY and Naveen NE, 2011. Effect of intercropping of oilseed crops on growth, yield and economics of cotton (*Gossypium hirsutum*) under rainfed conditions. Karnataka Journal Agricultural Science, 24:280 – 282.
- Bakry BA, Tawfik MM, Mekki BB and Zeidan MS, 2012. Yield and Yield Components of Three Flax Cultivars (*Linum usitatissimum* L.) In Response to Foliar Application with Zn, Mn and Fe under Newly Reclaimed Sandy Soil Conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 12: 1075-1080
- Chapagain T and Riseman A, 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research, 166:18–25.
- Daneshnia F, Amini A, and Chaichi M R, 2015. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. Journal Agriculture water Management, 164: 331-339.
- Franco JG, King SR, Masabni JG and Volder A, 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment, 203: 1–10.
- Gao Y, Duan A, Sun J, Li F, Liu Z, Liu H and Liu Z, 2009. Crop coefficient and water-use efficiency of winter wheat/spring maize strip intercropping. Field Crops Research, 111: 65–73.
- Ghasemi S, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, and Hadadzadeh H, 2013. The effectiveness of foliar applications of synthesized zinc-amino acid chelates in comparison with zinc sulfate to increase yield and grain nutritional quality of wheat. European Journal of Agronomy, 45: 68– 74.
- Hirpa T, 2014. Effect of intercrop row arrangement on maize and haricot bean productivity and the residual soil. World Journal of Agricultural Sciences, 4:69-077.
- Khorrandel S, Eskandari Nasrabadi S, and Mahmoodi G, 2015. Evaluation of mother corm weights and foliar fertilizer levelson saffron (*Crocus sativus* L.) growth and yield components. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants,
- Leal F, Rodrigues A, Fernandes D, Nunes FM, Cipriano J, Ramos J, Teixeira S, Vieira S, Carvalho LM and Pinto-Carnide O, 2009. Invitro multiplication of *Calendula arvensis* for secondary metabolites extraction. Acta Horticulture, 812: 251-256.
- Mao L, Zhang L, Li W, van der Werf W, Sun J, Spiertz H and Li L, 2012. Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. Field Crops Research, 138:11–20.

- Mikic A, Cupinax B, Rubiales D, Mihailovi V, Sarunaitek L, Fustec J, Antanasoviex S, Krsticx D, Bedoussac L, Zoricx L, DorCevic V, Peric V, Srebri M, 2014. Models, Developments, and Perspectives of Mutual Legume Intercropping. *Journal of Advances in Agronomy*.130: 1-83.
- Mirshekari M, Amiri R, Iran Nezhad H, Sadat Noori SA and Zandvakili OR, 2012. Effects of planting date and water deficit on quantitative and qualitative traits of flax seed. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 12: 901-913.
- Monica RC and Cremonini R, 2009. Nanoparticles and higher plants. *Caryologia*, 62: 161-165
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Mondani, F., Feizi, H., Amirmoradi, S. 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran.
- Obiero C, Birech R, Maling'a J and Freyer B, 2013. Effect of Intercropping Castor with Maize and Beans on Growth, Yield and Seed Oil Content. *International Journal of Plant Research*, 4: 52-62.
- Rafique E, Yousera M, Mahmood-ul- Hassan M, Sarwar S, Tabassam T and Choudhary TK, 2015. Zinc application Affects tissue zinc concentration and seed yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Pedosphere* 25(2): 275-281.
- Ravi S, Channal HT, Hebsur NS, Patil BN and Dharmatti PR, 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal Agricultural Science*, 32: 382-385.
- Saha S, Mandal B, Hazra GC, Dey A, Chakraborty M, Adhikari B, Mukhopadhyay SK, and Sadhukhan R, 2015. Can agronomic biofortification of zinc be benign for iron in cereals?. *Journal of Cereal Science*. 65: 186-191.
- Scott DJ, da Costa BM, Espy SC, Keasling JD and Cornish K, 2003. Activation and inhibition of rubber transferases by metal cofactors and pyrophosphate substrates. *Phytochemistry*, 64: 123-134.
- Shaker-Koochi S, Nasrollahzadeh S and Raei Y. 2014. Evaluation of chlorophyll value, protein content and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.)/ mungbean (*Vigna radiate* L.) intercropping. *International Journal of Biosciences* 136-143.
- Sheykhbaglou R, Sedghi M, Tajbakhsh Shishevan M and Sharifi RS, 2010. Effects of Nano-Iron Oxide Particles on Agronomic Traits of Soybean. *Not Science Biology*, 2:112-113.
- Thomas J, Mandal A, Raj Kumar R and Chordia A, 2009. Role of biologically active amino acid formulations on quality and crop productivity of tea (*Camellia* sp.). *International Journal of Agricultural Research*, 4: 228 – 236.