

Evaluation the Impact of Biofertilizers and Nitrogen on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and Soybean (*Glycine max* L.) in Intercropping

Yaghoub Raei^{*1} , Roghayeh Ghahramani², Jalil Shafagh-Kolvanagh¹, Younes Kheirizadeh-Arough¹

Received: December 14, 2023

Accepted: Oct, 11 2024

1- Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2- M.Sc. Graduate of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

* Corresponding Author Email: yaegoob@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: This study was conducted to investigate the various proportions of safflower and soybean intercropping, as well as the use of biological fertilizers and their influence on lowering the use of chemical fertilizers and improving the yield and yield components of the two plants.

Materials and Methods: A factorial experiment based on randomized complete block design (RCBD) with three replications was conducted in farming at the suburbs of Herris County in 2019. Experimental treatments included different planting ratios (sole cropping of safflower and soybean, 30% soybean + 100% safflower, 60% soybean + 100% safflower and 90% soybean + 100% safflower) and fertilizers treatments (100% urea fertilizer, Azoto-Barvar 1 + Phospho-Barvar 2 bio-fertilizer and the combined application of 50% urea and bio-fertilizer).

Results: This study's findings revealed that the highest oil yield of safflower was obtained in the 30% soybean + 100% safflower and 60% soybean + 100% safflower ratios, which were 81.7% and 62.7% higher than compared to pure cultivation, respectively. While the percentage of oil was not affected by the intercropping patterns. The maximum oil yield in soybean came from a 90% soybean + 100% safflower, which increased by 13.8% when compared to pure plant culture. In this study, the grain yield, harvest index, oil percentage and oil yield of soybean and safflower plants under the combined application of bio-fertilizers and urea were higher than the individual application of each of them. Results showed that the highest oil yield of safflower belongs in the 30% soybean + 100% safflower (1175 kg ha⁻¹) and 60% soybean + 100% safflower (1052 kg ha⁻¹), as well as the combined use of urea and biofertilizers. On the other hand, the highest ratio of LER (land equivalent ratio) (2.32) for grain yield was obtained in the 90% soybean + 100% safflower.

Conclusion: Based on the findings of this study, the combined use of biological fertilizers and urea was found to be the most beneficial nutritional treatment for increasing the seed yield, oil percentage, and oil yield of safflower and soybean plants. Therefore, by conducting additional testing in the next years and guaranteeing the results, it can be recommended for usage.

Keywords: Land Equivalent Ratio, Oil, Plant Growth-Promoting Rhizobacteria, Pure Culture. Urea

ارزیابی تأثیر کودهای زیستی و نیتروژن بر برخی صفات کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و سویا (*Glycine max* L.) در کشت مخلوط

یعقوب راعی^{۱*}، رقیه قهرمانی^۱، جلیل شفق کلوانق^۱، یونس خیری زاده آروق^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۲۳	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۷/۱۹
-------------------------	------------------------

۱- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

مقدمه و اهداف: این پژوهش با هدف بررسی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط دو گیاه گلرنگ و سویا و نیز استفاده از کودهای زیستی و تأثیر آن‌ها در کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و بهبود عملکرد و اجزای عملکرد دو گیاه اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف کشت (کشت خالص گلرنگ و سویا، کشت‌های مخلوط افزایشی ۳۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ، ۶۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ و ۹۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ) و تیمارهای کودی مختلف (کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اوره، کاربرد کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفوبارور ۲ و کاربرد توأم ۵۰ درصد کود اوره و کود زیستی) بر عملکرد دانه و روغن سویا و گلرنگ، آزمایشی فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در سال زراعی ۱۳۹۸ در مزرعه‌ای در حومه‌ی شهرستان هریس استان آذربایجان- شرقی انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که عملکرد روغن گلرنگ در دو تیمار نسبت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و نسبت ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ در مقایسه با کشت خالص گلرنگ به ترتیب ۸۱/۷ و ۶۲/۷ درصد بیشتر بود. در حالی که درصد روغن تحت تأثیر نسبت‌های کاشت قرار نگرفت. در سویا بالاترین عملکرد روغن متعلق به نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ بود که در مقایسه با کشت خالص سویا به میزان ۱۳/۸ درصد افزایش یافت. در این بررسی عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن هر دو گیاه سویا و گلرنگ در شرایط کاربرد توأم کودهای زیستی و اوره بیشتر از کاربرد انفرادی هر یک از آن‌ها بود. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد روغن گلرنگ متعلق به الگوهای کاشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ گلرنگ (۱۱۷۵ کیلوگرم در هکتار) و ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۱۰۵۲ کیلوگرم در هکتار) و نیز کاربرد توأم کود اوره و کود زیستی می‌باشد. از طرفی بیشترین نسبت برابری زمین برای عملکرد دانه (۲/۳۲) در الگوی کاشت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، به منظور افزایش عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن گیاهان گلرنگ و سویا، کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و اوره به عنوان مطلوب‌ترین تیمار تغذیه‌ای در این پژوهش مشاهده گردید و لذا با انجام آزمایشات تکمیلی در سال‌های بعد و اطمینان از نتایج حاصل می‌توان آن را جهت استفاده توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: اوره، باکتری‌های محرک رشد، روغن، کشت خالص، نسبت برابری زمین

مقدمه

توسعه پایدار کشاورزی مستلزم به‌کارگیری روش‌های کشاورزی مؤثر برای افزایش تولید برای جمعیت در حال رشد و در عین حال کاهش اثرات زیست محیطی آن می‌باشد (لاس و همکاران ۲۰۱۴). در این راستا یکی از روش‌های مناسب جهت رسیدن به این هدف، کشت مخلوط گیاهان زراعی است. کشت مخلوط، کشت دو یا چند گیاه زراعی به‌طور همزمان در زمینی واحد و مشترک است و دارای مزایای متعددی از قبیل افزایش کارایی مصرف نور، آب و مواد غذایی (مندزبل و همکاران ۲۰۲۰)، کاهش اثرات منفی عوامل تنش‌زای زیستی و غیرزیستی مختلف، افزایش تنوع غذایی، درآمدزایی بیشتر، تضمین موفقیت در کشت و افزایش نیروی تولید در واحد سطح (فرشاد و همکاران ۲۰۱۴)، کاهش آسیب‌های زیست محیطی ناشی از بازچرخ نیتروژن و کنترل بهتر کیفیت آب از طریق به حداقل رساندن کاربرد کودهای شیمیایی و کنترل بهتر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز اشاره کرد (کاگبه و همکاران ۲۰۱۸). استفاده بهتر و مطلوب‌تر از مواد مغذی، منابع موجود و نور خورشید، افزایش عملکرد و بهبود نسبت برابری زمین برخی از مزایای متعدد سیستم کشت مخلوط لگوم‌های روغنی، عمدتاً کشت مخلوط لگوم روغنی (سویا) با دانه‌های روغنی (گلرنگ) است (سرینیواسارو و همکاران ۲۰۱۲). عباسی و نامداری (۲۰۲۳) در بررسی کشت مخلوط گیاهان روغنی کنجد (*Sesamum indicum* L.) و سویا گزارش دادند که نسبت کشت ۵۰ درصد کنجد به ۵۰ درصد سویا دارای بالاترین عملکرد کنجد و سویا و نیز تعداد شاخه فرعی و غلاف در بوته سویا بود.

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی منجر به آسیب‌های زیست محیطی گوناگونی از جمله آلودگی

آب‌های زیرزمینی، از بین رفتن میکروارگانیسم‌ها و حشرات مفید، افزایش حساسیت گیاهان به حملات آفات و بیماری‌ها و کاهش حاصلخیزی خاک گردیده است (اوفوری‌بوآنتنگ و لی ۲۰۱۴). کودهای زیستی می‌توانند یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی باشند که عملکرد را افزایش و از صدمات ناشی از کاربرد بیش از حد این کودها و انتشار گازهای گلخانه‌ای جلوگیری به عمل می‌آورند (شوبیتز و همکاران، ۲۰۱۴ و هادی و نور ۲۰۱۴). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی تولید می‌شوند و شامل تثبیت‌کننده‌های نیتروژن، باکتری‌های حل‌کننده فسفر نامحلول خاک، میکروارگانیسم‌های تبدیل‌چندین عنصر به فرم محلول و میکروارگانیسم‌های معدنی‌کننده نیتروژن در خاک هستند (دیاکانو و همکاران ۲۰۱۹). یکی از این میکروارگانیسم‌های زیستی، باکتری‌های محرک رشد گیاهی هستند که در فرآیندهای مهم اکوسیستم‌ها دخالت دارند و رشد گیاهان را به طور مستقیم و غیرمستقیم افزایش می‌دهند (سیمونز و همکاران ۲۰۱۴). تثبیت نیتروژن، معدنی شدن مواد غذایی، محلول‌سازی فسفر نامحلول خاک، تولید سیانید هیدروژن، تولید فیتو هورمون‌هایی مانند اکسین، سیتوکسین و جیبرلین و کاهش تولید اتیلن از اثرات مستقیم باکتری‌های محرک رشد بر رشد گیاهان می‌باشد. همچنین کاهش تأثیر تنش‌های زیستی و غیرزیستی از اثرهای میکروارگانیسم‌های افزایش دهنده رشد گیاهی است (سیواساکتی و همکاران ۲۰۱۴). اثر غیر مستقیم باکتری‌ها بر رشد گیاهان از طریق کاهش اثر مضر پاتوژن‌ها از طریق تولید آنتی‌بیوتیک‌ها، آزادسازی سیدروفورها، سنتز متابولیت‌های ضدقارچی و القای مقاومت سیستمیک گیاه است (ایتلیما و همکاران ۲۰۱۸).

نیاز نیتروژن خود، توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفر را نیز دارا است و به عنوان یک گیاه مناسب و کم هزینه برای بهبود حاصلخیزی خاک عمل می‌کند (ماونکه و همکاران ۲۰۰۷).

اهمیت گیاهان سویا و گلرنگ به عنوان دانه‌های روغنی در صنعت تولید روغن و وابستگی بسیار زیاد کشور به واردات روغن خوراکی (نزدیک ۹۰ درصد) و نیز با عنایت به مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و مشکلات ناشی از آن و لزوم جایگزینی بخشی از آن توسط کودهای غیرشیمیایی به ویژه کودهای زیستی با سیستم کشت مخلوط، در کنار مطالعات اندک انجام گرفته در خصوص واکنش‌های رشد و عملکرد این گیاهان در قالب سیستم‌های کشاورزی پایدار سبب گردید تا این پژوهش طراحی و اجرا گردد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای در حومه‌ی شهرستان هریس استان آذربایجان شرقی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. شهرستان هریس از نظر مختصات جغرافیایی در ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۷۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. تیمارهای آزمایشی شامل الگوی کشت (کشت خالص گلرنگ، کشت خالص سویا و کشت مخلوط سویا و گلرنگ با نسبت‌های ۳۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ، ۶۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ و ۹۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ بر اساس تراکم مطلوب از کشت‌های خالص بود). گلرنگ گیاه اصلی و سویا گیاه فرعی در نظر گرفته شد. تراکم مطلوب کشت خالص گلرنگ ۴۰ بوته در مترمربع و تراکم مطلوب کشت خالص سویا ۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. الگوی شماتیک کشت مخلوط دو گیاه در شکل ۱ آورده شده است. فاکتور دوم نیز شامل کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره، کود زیستی ازتوبارور ۱ و فسفوبارور ۲ و مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود اوره و کود زیستی بود. رقم ویلیامز سویا از مغان و رقم صفا گلرنگ از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان هریس تهیه شد. رقم ویلیامز رقمی نسبتاً زودرس، رشد نامحدود،

ال‌سید (۲۰۱۳) نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد و روغن دانه گلرنگ با کاربرد کودهای زیستی آزوسپرلیوم و ازتوباکتر افزایش یافت. زارعی و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیقی بیان کردند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش وزن خشک گیاه و عملکرد دانه سویا گردید. شهابا و ال‌خواز (۲۰۰۳) اظهار داشتند که کاربرد کود زیستی در مقایسه با عدم کاربرد باعث افزایش میزان روغن و پروتئین دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) گردید. عباس‌دخت و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که کاربرد کود زیستی سبب افزایش درصد روغن گیاه سویا گردید.

نیتروژن نقش کلیدی در متابولیسم و تولید انرژی گیاهان بر عهده دارد ولی مصرف بیش از حد آن نه تنها منجر به آلودگی محیط زیست می‌شود، بلکه کاهش عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (ارشد و همکاران ۲۰۱۳). حاتمی و همکاران (۲۰۰۹) در سویا و طهماسبی زاده و همکاران (۲۰۱۰) در گلرنگ نشان دادند که با مصرف کود نیتروژنه میزان عملکرد افزایش پیدا کرد.

گلرنگ گیاهی است یکساله از خانواده کاسنی (*Asteraceae*) که امروزه به عنوان گیاه روغنی مهم مورد کشت قرار می‌گیرد و روغن آن یکی از مرغوبترین روغن‌های گیاهی از نظر کیفیت محسوب می‌شود (حمدان و همکاران ۲۰۰۹). گلرنگ دارای خصوصیات ارزشمندی از جمله سازگاری با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک، تحمل به سرما و مقاومت نسبی به خشکی به دلیل داشتن ریشه عمیق، مقاومت به شوری و کیفیت بالای روغن دانه می‌باشد. ماندل و همکاران (۲۰۰۸). تاکنون بیش از ۲۰۰ ترکیب از این گیاه استخراج و شناسایی شده که شامل کینوکالکون‌ها، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، پلی‌استیلن‌ها، اسیدهای آلی، گلوکوزیدهای آروماتیک و غیره می‌باشند (فان و همکاران ۲۰۰۹).

سویا گیاهی دولپه، یکساله از خانواده بقولات (*Fabaceae*) است که در بین دانه‌های روغنی مقام اول را دارد. سویا به دلیل تنوع ژنتیکی و سازگاری وسیع، در دامنه وسیعی از عرض‌های جغرافیایی کشت می‌گردد (خادم‌حمزه و همکاران ۲۰۰۴). این گیاه علاوه بر برآوردن

پرمحصول، تک شاخه و دارای گل‌های سفید است. رقم صنفه گلرنگ با تیپ رشدی بهاره، رسیدگی یکنواخت، رنگ قرمز گلچه‌ها، فاقد خار، زودرسی و ارتفاع مطلوب بوته مناسب برای کشت در اقلیم سردسیر کشور می‌باشد. منطقه مورد نظر دارای اقلیم نیمه خشک سرد است. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه، میانگین حداکثر دمای

جدول ۱- مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	درصد اشباع	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	شن	سیلت	رس	بافت خاک
۸/۱۷	۱/۴۲	۴۷٪	۱٪/۲۹	۰٪/۱۲	۱۵/۵۸ (mg/kg)	۲۰۸/۵ (mg/kg)	۳۷٪	۵۰٪	۱۳٪	سیلت لومی

+	+	+	+	+	*	*	*	*	*
+	+	+	+	+	*	*	*	*	*
+	+	+	+	+	*	*	*	*	*
+	+	+	+	+	*	*	*	*	*
+	+	+	+	+	*	*	*	*	*
+	+	+	+	+	*	*	*	*	*
+	+	+	+	+	*	*	*	*	*

کشت خالص گلرنگ کشت خالص سویا

۳۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ	۶۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ	۹۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

شکل ۱- دیاگرام شماتیک الگوهای مختلف کشت مخلوط گلرنگ و سویا

در اوایل بهار زمین مورد نظر ابتدا شخم زده و سپس اقدام به دیسک زنی و تسطیح زمین گردید. در ۹ اردیبهشت ماه بذرهای گلرنگ و سویا ضد عفونی شدند و سپس با ایجاد شیارهایی در یک طرف پشته بذرهای گلرنگ در عمق ۴ سانتی متری و و در طرف دیگر پشته بذرهای سویا در عمق ۷ سانتی متری کشت شدند. مساحت هر کرت آزمایشی $2/5 \times 4/5$ مترمربع و فاصله بین ردیفها ۵۰ سانتی متر بود. تیمار کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت ۲۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت و ۲۵ کیلوگرم در هکتار در مرحله ساقه دهی گلرنگ اعمال شد. کودهای زیستی از شرکت زیست فناور سبز تهیه گردیدند و هر کدام از آن‌ها حاوی 10^7 تا 10^8

خالص، Yba: عملکرد سویا در کشت مخلوط و Ybb: عملکرد سویا در کشت خالص می باشد.

مجموع ارزش نسبی (RVT)

برای محاسبه مجموع ارزش نسبی از رابطه (۳) استفاده گردید (اسکالتر و همکاران ۱۹۸۲). اگر RVT بزرگتر از یک باشد، نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط است. اگر این شاخص کوچکتر از یک باشد، نشان‌دهنده این است که کشت خالص دارای ارجحیت می‌باشد. مقدار بحرانی RVT یک است.

$$RVT = (aP1 + bP2) / aM1 \quad \text{[رابطه ۳]}$$

در این رابطه RVT: مجموع ارزش نسبی، a: قیمت محصول اصلی (گلرنگ: ۲۹۵۰ تومان به ازای هر کیلو)، b: قیمت محصول دوم (سویا: ۲۸۰۰ تومان به ازای هر کیلو)، P1: عملکرد محصول اصلی در کشت مخلوط و P2: عملکرد محصول دوم در کشت مخلوط و M1 حداکثر عملکرد خالص گیاه اصلی می باشد.

شاخص برداشت

مقدار این شاخص از طریق رابطه (۴) محاسبه گردید (نتانوس و کوتروباس ۲۰۰۲).

$$\text{[رابطه ۴]}$$

۱۰۰ × عملکرد بیولوژیک / عملکرد دانه = شاخص برداشت
قبل از تجزیه آماری، تست نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف و یکنواختی واریانس‌ها از طریق آزمون بارتلت انجام شد. برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده گردید و میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردیدند. برای ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی الگوی کشت گلرنگ و تیمار کودی بر صفات عملکرد دانه،

شهریور ماه و سویا به فاصله دو هفته دیرتر از گلرنگ) به‌منظور تعیین عملکرد و شاخص برداشت یک مترمربع از هر واحد آزمایشی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت گردید. سپس بعد از اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، دانه‌ها از بوته‌های موجود در یک مترمربع جدا شده و وزن دانه‌ها در بوته‌های یک مترمربع اندازه‌گیری شد و عملکرد در یک مترمربع به‌دست آمد.

سنجش درصد روغن

جهت اندازه‌گیری درصد روغن ۵ گرم دانه روغنی سویا و گلرنگ داخل کاغذ صافی وزن گردید، سپس کاغذ صافی تا شده و در داخل قسمت استخراج کننده دستگاه سوکسله (مدل HT-1046 ساخت کشور سوئد) قرار گرفت. ۲۵۰ میلی‌لیتر حلال N-هگزان به آن اضافه شد. سپس جریان آب را بر قرار کرده و عمل عصاره‌گیری نمونه‌ها به مدت ۴ الی ۵ ساعت ادامه یافت. چرخه تبخیر و میعان طی مدت روشن بودن دستگاه سبب استخراج چربی نمونه‌ها گردید. بعد از گرفتن چربی، نمونه‌ها خارج و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردیده و در نهایت کاغذ صافی حاوی نمونه توزین گردید. درصد روغن هر گیاه با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید (کوبساد و همکاران ۲۰۰۸). عملکرد روغن نیز از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن محاسبه گردید.

$$\text{[رابطه ۱]} \quad W2 - W1 / W2 = \text{درصد روغن}$$

در این رابطه W2 وزن کاغذ صافی و نمونه در ابتدای کار و W1 وزن کاغذ صافی و نمونه در انتهای کار

نسبت برابری زمین (LER)

برای تعیین نسبت برابری زمین از رابطه (۲) استفاده گردید (مید و وایلی، ۱۹۸۰). هنگامی که LER بیشتر از یک باشد، کشت مخلوط باعث بهبود رشد و عملکرد ارقام می شود.

$$\text{[رابطه ۲]} \quad LER = (Yab / Yaa) + (Yba / Ybb)$$

که در آن LER: نسبت برابری زمین، Yab: عملکرد گلرنگ در کشت مخلوط، Yaa: عملکرد گلرنگ در کشت

روغن و شاخص برداشت اثر معنی‌داری را باعث گردید (جدول ۳). اثر متقابل تیمارها تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه نداشتند (جدول ۲ و ۳).

عملکرد روغن و شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشت (جدول ۲). همچنین اثر اصلی الگوی کشت سویا و تیمار کودی بر صفات عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد

جدول ۲- تجزیه واریانس تأثیر الگوی کشت و کود بر صفات مورد بررسی در گلرنگ

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	شاخص برداشت
تکرار	۲	۹۲۸۹۹۲ ^{ns}	۲/۷۳ ^{ns}	۹۲۵۶۲/۷۶ ^{ns}	۲/۶۸۱ ^{ns}
الگوی کشت	۳	۵۵۲۸۶۷۴/۷۰۴ ^{**}	۸/۶۶۷ ^{ns}	۴۷۸۳۸۶/۴۴۹ ^{**}	۲۸۴/۷۳۴ ^{**}
کود	۲	۳۴۲۶۷۲۶/۱۱۵ ^{**}	۴/۱۰۳ ^{ns}	۲۵۸۹۳۰/۶۱۹ ^{**}	۱۹/۷۱ [*]
کود × الگوی کشت	۶	۷۲۲۱۹۴/۶ ^{ns}	۲/۰۳۸ ^{ns}	۴۳۹۱۰/۸۲ ^{ns}	۱/۳۴۶ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲۲	۵۱۰۵۹۱/۷	۲/۸۹۴	۳۴۸۸۹/۵۳	۶/۶۸۸
ضریب تغییرات (%)	-	۱۹/۴۹	۶/۷۲	۱۹/۹۸	۶/۸۱

ns, ** و * به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر الگوی کشت و کود بر صفات مورد بررسی در سویا

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	شاخص برداشت
تکرار	۲	۳۴۸۵۸/۴۵ ^{ns}	۵/۱۴۶ ^{ns}	۶۴۶۵/۴۱۱ ^{ns}	۱۲۴/۴۹۳ [*]
الگوی کشت	۳	۴۶۶۱۴۷۸/۶۸۱ ^{**}	۱۲/۴۷۷ ^{**}	۲۶۸۷۳۳/۵۵۸ ^{**}	۱۶۲/۱۴۹ ^{**}
کود	۲	۵۱۱۲۰۴/۵۶۸ ^{**}	۸/۷۷۶ ^{**}	۴۳۷۸۶/۶۲۶ ^{**}	۷۲/۹۵۸ [*]
کود × الگوی کشت	۶	۱۴۳۷۱۳/۶ ^{ns}	۰/۴۹۳ ^{ns}	۹۸۵۴/۲۲۱ ^{ns}	۲/۶۵۴ ^{ns}
اشتباه آزمایشی	۲۲	۵۷۴۸۵/۱۱	۲/۳۹۴	۶۱۳۲/۳۸	۲۴/۸۵۳
ضریب تغییرات (%)	-	۱۲/۶۶	۶/۱	۱۶/۳۶	۱۳/۱۸

ns, ** و * به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

عملکرد دانه گلرنگ

بیشترین عملکرد دانه گلرنگ (۴۴۲۳) کیلوگرم در هکتار) از نسبت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را با الگوی کاشت ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ نشان نداد (جدول ۴). کمترین عملکرد دانه نیز متعلق به الگوی کشت خالص گلرنگ (۲۶۹۷ کیلوگرم در هکتار) بود که با الگوی کشت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ اختلاف معنی‌داری را دارا نبود (جدول ۴). دلیل کاهش عملکرد گلرنگ در تیمار ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ نسبت به دو الگوی کشت دیگر را می‌توان به اثر منفی رقابت برون گونه‌ای اعمال شده از بوته‌های سویا روی گیاه گلرنگ نسبت داد که باعث شده عملکردی معادل با تیمار کشت خالص گلرنگ داشته باشد. عملکرد دانه گلرنگ در نسبت‌های ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد

گلرنگ، ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ در مقایسه با کشت خالص گلرنگ به ترتیب ۶۳/۹۹، ۵۴/۴۶ و ۲۵/۳۹ درصد بیشتر بود (جدول ۴). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد توأم کود زیستی و اوره بیشترین عملکرد دانه گلرنگ (۴۲۸۴) کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد که نسبت به کاربرد به تنهایی اوره و کود زیستی به ترتیب ۲۷/۵۷ و ۲۷/۵۳ درصد موجب افزایش عملکرد گردید (جدول ۴). کاظمینی و صادقی (۲۰۱۲) در بررسی که روی کشت مخلوط لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.) و گلرنگ داشتند نشان دادند که با افزایش نسبت کاشت لوبیا سبز به گلرنگ بر عملکرد دانه گلرنگ افزوده شد. جلیلیان و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه گلرنگ، متعلق به کشت با نسبت

نیتروژن، فسفات، پتاسیم و آهن، بهبود توزیع آب در گیاه و افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز اعلام شده است (کادر و همکاران ۲۰۰۲).

شاخص برداشت گلرنگ

بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که بیشترین شاخص برداشت گلرنگ از الگوی کاشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۴۳/۵۷ درصد) و ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۴۱/۵۱ درصد) سویا به گلرنگ به دست آمد که در مقایسه با کمترین شاخص برداشت (۳۱/۳۹ درصد) که متعلق به تیمار کشت خالص گلرنگ بود به ترتیب ۳۸/۸ و ۳۲/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). از طرفی تیمار کاربرد توأم کود زیستی و اوره بیشترین شاخص برداشت گلرنگ (۳۹/۱۶ درصد) را دار بود. کمترین میزان این شاخص (۳۶/۶ درصد) نیز در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد اوره مشاهده گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج، کاربرد تلفیقی کود زیستی و اوره در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ اوره شاخص برداشت را ۶/۹۹ درصد و در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ کود زیستی ۳/۰۷ درصد بهبود بخشید (جدول ۴). گزارش گردیده است که کودهای زیستی با ایجاد تعادل بین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، ضمن افزایش رشد رویشی، رشد زایشی را افزایش داده و با بهبود انتقال آسمیلات تولیدی حاصل از رشد رویشی به دانه‌ها سبب افزایش شاخص برداشت گیاه می‌شوند (شعبانی و موحدی‌دهنوی ۲۰۱۷).

برابر ماشک (*Vicia sativa* L.) و گلرنگ بود و در کشت خالص گلرنگ و نسبت‌های بالاتر ماشک به گلرنگ، عملکرد دانه در مقایسه با نسبت برابر ماشک و گلرنگ کمتر بود. گزارش گردیده است که اگر اجزای کشت مخلوط مکمل هم باشند، جذب عناصر غذایی به عنوان یکی از منابع محیطی در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص بوده و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (میکچ و همکاران ۲۰۱۵). در بررسی دیگری سعیدی و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که در کشت مخلوط گلرنگ با باقلا (*Vicia faba* L.) عملکرد دانه بیشتری در گلرنگ در مقایسه با کشت خالص به دست آمد. ایشان همچنین گزارش کردند که در نسبت بالاتر گلرنگ به باقلا، عملکرد دانه در مقایسه با نسبت‌های پایین تر بیشتر بود. از دلایل افزایش عملکرد در کشت مخلوط می‌توان به استفاده کارآمدتر از منابع رشد به ویژه عناصر غذایی (دهمرده و کشتگار ۲۰۱۴)، بهبود استفاده از انرژی خورشیدی در تاج پوشش و افزایش کارایی مصرف آب (کوباتا و همکاران ۲۰۱۵) اشاره کرد. لاک و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده نمودند که کاربرد باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس افزایش معنی‌داری را در ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک برگ و ساقه، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گلرنگ باعث شد. سیدشریفی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاربرد توأم کود زیستی و کود اوره سبب افزایش عملکرد دانه گلرنگ گردید. دلیل افزایش عملکرد در شرایط استفاده از کودهای زیستی ناشی از تثبیت

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر الگوی کشت و تیمار کودی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن گلرنگ

تیمار		عملکرد دانه (Kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	عملکرد روغن (Kg.ha ⁻¹)
الگوی کشت	کشت خالص	۲۶۹۷ b	۳۱/۳۹ c	۶۴۶/۴ c
	۳۰ درصد سویا+ ۱۰۰ درصد گلرنگ	۴۴۲۳ a	۴۳/۵۷ a	۱۱۷۵ a
	۶۰ درصد سویا+ ۱۰۰ درصد گلرنگ	۴۱۶۶ a	۴۱/۵۱ a	۱۰۵۲ a
	۹۰ درصد سویا+ ۱۰۰ درصد گلرنگ	۳۳۸۲ b	۳۵/۱۹ b	۸۶۵/۷ b
کود	اوره	۳۳۵۸ b	۳۶/۶ b	۸۳۰/۷ b
	کود زیستی	۳۳۵۹ b	۳۷/۹۹ ab	۸۷۰/۹ b
	کود زیستی + اوره	۴۲۸۴ a	۳۹/۱۶ a	۱۱۰۳ a

برای هر تیمار و در هر ستون، حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

عملکرد روغن گلرنگ

درصد روغن گلرنگ تحت تأثیر الگوهای کشت و تیمارهای کودی قرار نگرفت. ولی عملکرد روغن به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات اصلی الگوی کاشت و تیمار کودی قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین عملکرد روغن گلرنگ متعلق به الگوی کاشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۱۱۷۵ کیلوگرم در هکتار) بود که با تیمار ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۱۰۵۲ کیلوگرم در هکتار) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). از طرفی کشت خالص گلرنگ و کشت مخلوط ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به ترتیب با ۶۴۶/۴ و ۸۶۵/۷ کیلوگرم در هکتار پایین‌ترین عملکرد روغن را دارا بودند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد روغن گلرنگ تحت تأثیر الگوی کشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۸۱/۷۱ درصد)، ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۶۲/۶۹ درصد) و ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۳۳/۸۸ درصد) بهبود یافت (جدول ۴). بر طبق نتایج حاصل از این پژوهش مشخص گردید که بین تیمارهای ۱۰۰ درصد کود اوره و ۱۰۰ درصد کود زیستی از نظر عملکرد روغن اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی در کاربرد توأم کود اوره و کود زیستی عملکرد روغن بیش‌تری (۱۱۰۳ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سایر تیمارهای کودی حاصل شد (جدول ۴). بر این اساس مصرف تلفیقی کود زیستی و اوره در مقایسه با کاربرد اوره عملکرد روغن گلرنگ را به میزان ۳۲/۷۷ درصد و در مقایسه با کود زیستی ۲۶/۶۵ درصد افزایش داد (جدول ۴). در بررسی سیدشیرینی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش نمودند که کاربرد تلفیقی کود زیستی و اوره سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد روغن گلرنگ گردید. همچنین پژوهشگران دیگر نیز گزارش کردند تلفیق بذر با کودهای زیستی، سبب افزایش میزان روغن گلرنگ گردید (راعی و همکاران ۲۰۱۵). چودهاری و کندی (۲۰۰۴) گزارش کردند که استفاده از کودهای زیستی از جمله باکتری‌های محرک

رشد از طریق دسترسی بهتر گیاه به فسفر بالا سبب افزایش درصد روغن دانه می‌گردد. همچنین مام‌نبیا و همکاران (۲۰۲۰) اظهار داشتند که بهبود عملکرد روغن کلزا در نتیجه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند ناشی از افزایش درصد روغن و عملکرد دانه باشد.

عملکرد دانه سویا

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها حداکثر عملکرد دانه سویا در کشت خالص سویا (۲۳۴۵ کیلوگرم در هکتار) و نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۲۵۱۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. حداقل این شاخص (۹۱۲/۷ کیلوگرم در هکتار) در الگوی کشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ مشاهده گردید (جدول ۵). در تیمار نسبت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ عملکرد دانه در مقایسه با کشت خالص گیاه ۶۱/۰۷ درصد و در تیمار ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ نیز ۲۲/۹۴ درصد کاهش یافت (جدول ۵) که این میزان کاهش، ناشی از کم بودن تراکم این گیاه در این نسبت‌ها است. از طرفی، بین تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره (۱۷۰۶ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد ۱۰۰ درصد کود ازت‌بارور ۱ و فسفوبارور ۲ (۱۸۶۰ کیلوگرم در هکتار) از نظر عملکرد دانه سویا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، در صورتی که در تیمار کاربرد توأم کود اوره و کود زیستی (۲۱۱۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد دانه بیش‌تری در مقایسه با کاربرد انفرادی هر یک از کودهای زیستی و اوره به دست آمد (جدول ۵). در تیمار کاربرد توأم کود اوره و کود زیستی عملکرد دانه در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره به میزان ۲۳/۹ درصد و در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ کود زیستی ۱۳/۷ درصد بیش‌تر بود (جدول ۵). فلاح و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که در کشت مخلوط بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) با سویا، عملکرد دانه سویا بیش‌تری در مقایسه با کشت خالص به دست آمد. زعفریان و باقری شیروان (۲۰۱۴) بیان داشتند که بالاترین عملکرد دانه در بوته سویا در

کشت مخلوط ۵۰ درصد سویا به ۵۰ درصد ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و بیشترین عملکرد در واحد سطح از تیمار ۷۵ درصد سویا به ۲۵ درصد ریحان حاصل گردید. افزایش عملکرد و اجزای عملکرد سویا با کاربرد کودهای زیستی در مطالعات قنبری و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است. شعبانی و موحدی دهنوی (۲۰۱۷) بیان داشتند که کاربرد توأم نیتروژن به همراه کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد گیاه سویا گردید.

شاخص برداشت سویا

در این پژوهش مشاهده گردید که الگوی کاشت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ دارای بیشترین شاخص برداشت سویا (۴۱/۲۷ درصد) بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را با الگوهای کشت خالص سویا (۴۱/۰۴ درصد) و ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۳۶/۶۵ درصد) نشان نداد (جدول ۵). افزایش شاخص برداشت در این تیمارها را می‌توان ناشی از افزایش عملکرد در این تیمارها تحت تأثیر الگوهای کاشت دانست. کمترین شاخص برداشت (۳۲/۳۱ درصد) از الگوی کشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به‌دست آمد (جدول ۵). همان‌طور که در جدول ۵ مشاهده

می‌گردد الگوی کشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ سبب کاهش ۲۱/۲ درصدی شاخص برداشت گیاه سویا در مقایسه با کشت خالص گردید. این در حالی است که الگوی کشت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ شاخص برداشت را در مقایسه با کشت خالص سویا افزایش داد. از لحاظ تیمار کودی بالاترین شاخص برداشت (۴۰/۵۲ درصد) متعلق به استفاده تلفیقی از کود زیستی و اوره و پایین‌ترین مقدار آن (۳۵/۶۹ درصد) متعلق به کاربرد ۱۰۰ کود اوره می‌باشد (جدول ۵). کاربرد توأم کود زیستی و اوره در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ اوره و کاربرد ۱۰۰ کود زیستی شاخص برداشت را به‌ترتیب ۱۳/۵۳ و ۸/۸ درصد افزایش داد (جدول ۵). زعفریان و باقری شیروان (۲۰۱۴) نشان دادند که حداکثر شاخص برداشت سویا از الگوی کاشت ۵۰ درصد سویا به ۵۰ درصد ریحان به‌دست آمد. گزارش گردیده است که بیشتر بودن شاخص برداشت نشان دهنده این است که تخصیص مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است (نقی‌زاده و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر الگوی کشت و تیمار کودی بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن سویا

عملکرد روغن (Kg.ha ⁻¹)	درصد روغن	شاخص برداشت (%)	عملکرد دانه (Kg.ha ⁻¹)	تیمار
۵۵۹/۵ b	۲۳/۸ b	۴۱/۰۴ a	۲۳۴۵ a	کشت خالص
۲۳۷/۹ d	۲۵/۹۲ a	۳۲/۳۱ b	۹۱۲/۷ c	۳۰ درصد سویا+۱۰۰ درصد گلرنگ
۴۸۰/۳ c	۲۶/۵۴ a	۳۶/۶۵ ab	۱۸۰۷ b	۶۰ درصد سویا+۱۰۰ درصد گلرنگ
۶۳۷/۱ a	۲۵/۲۷ ab	۴۱/۲۷ a	۲۵۱۰ a	۹۰ درصد سویا+۱۰۰ درصد گلرنگ
۴۱۶/۶ b	۲۴/۴۳ b	۳۵/۶۹ b	۱۷۰۶ b	اوره
۴۸۲/۳ ab	۲۶/۰۹ a	۳۷/۲۴ ab	۱۸۶۰ b	کود زیستی
۵۳۷/۲ a	۲۵/۶۳ ab	۴۰/۵۲ a	۲۱۱۵ a	کود زیستی + اوره

برای هر تیمار و در هر ستون، حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشد.

درصد روغن سویا

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد روغن سویا در الگوی کشت ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۲۶/۵۴ درصد) به‌دست آمد که تفاوت

معنی‌داری را با الگوهای کشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۲۵/۹۲ درصد) و ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۲۵/۲۷ درصد) نشان نداد (جدول ۵). کمترین درصد روغن سویا (۲۳/۸ درصد) در تیمار کشت

داده‌اند که استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی و همچنین کشت مخلوط می‌تواند باعث بهبود کیفیت روغن از طریق افزایش اسیدهای چرب غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب اشباع در دو گیاه سویا و گلرنگ گردد (سیلوا و همکاران ۲۰۱۳؛ یانگ و همکاران ۲۰۱۷).

عملکرد روغن سویا

نتایج نشان داد که عملکرد روغن سویا به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر اصلی الگوی کشت و تیمار کاربرد کود قرار گرفت، ولی اثر متقابل این تیمارها تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۳). بیشترین عملکرد روغن (۶۳۷/۱) کیلوگرم در هکتار) در الگوی کشت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و کمترین آن نیز (۲۳۷/۹) کیلوگرم در هکتار) در الگوی کشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به‌دست آمد (جدول ۵). نسبت‌های ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ عملکرد روغن سویا را در مقایسه با کشت خالص این گیاه به‌ترتیب به میزان ۵۷/۴ و ۱۴/۱ درصد کاهش دادند، در حالی که نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ سبب بهبود ۱۳/۸ درصدی عملکرد روغن در مقایسه با کشت خالص گیاه شد (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها برای اثر اصلی تیمار کودی نشان داد که بالاترین عملکرد روغن سویا (۵۳۷/۲) کیلوگرم در هکتار) متعلق به کاربرد تلفیقی کود زیستی و اوره بود. پایین‌ترین میزان این شاخص (۴۱۶/۶) کیلوگرم در هکتار) را تیمار کاربرد ۱۰۰ کود اوره به خود اختصاص داد (جدول ۵). استفاده از ۱۰۰ کود زیستی و مصرف توأم کود زیستی با کود اوره در مقایسه با مصرف ۱۰۰ کود اوره عملکرد روغن سویا را به‌ترتیب ۱۵/۷۷ و ۲۸/۹۴ افزایش داد (جدول ۵). از آن‌جا که هر عاملی که سبب افزایش فتوسنتز گیاهی شود، می‌تواند به افزایش درصد روغن نیز منجر شود، بنابراین به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش درصد روغن در کشت مخلوط مربوط به توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر و افزایش جذب عناصر غذایی باشد که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آن‌ها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت می‌گیرد و این امر به بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش مقدار روغن منجر می‌شود

خالص سویا حاصل گردید (جدول ۵). نتایج مشخص کرد که الگوهای کشت ۳۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ، ۶۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ و ۹۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ به‌ترتیب سبب افزایش ۸/۹، ۱۱/۵ و ۶/۱۷ درصدی روغن سویا در مقایسه با کشت خالص این گیاه گردید (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد روغن سویا با کاربرد ۱۰۰ کود زیستی در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره افزایش یافت. در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود زیستی درصد روغن ۲۶/۰۹ درصد به‌دست آمد که در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره به میزان ۶/۷ درصد بیشتر بود (جدول ۵). بین تیمارهای کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره و کاربرد توأم کود اوره و کود زیستی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۵). قنبری و همکاران (۲۰۱۹) بیان داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش درصد و عملکرد روغن دانه سویا گردید. کیانی و همکاران (۲۰۱۳) در کلزا (*Brassica napus* L.) افزایش درصد روغن را تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی گزارش نمودند. این محققین گزارش نمودند که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی مواد غذایی مورد نیاز برای تولید روغن را در دسترس گیاه قرار داده و باعث افزایش درصد روغن می‌شوند. نوار و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر کشت مخلوط سویا با آفتابگردان را مورد مطالعه قرار دادند. این محققین مشاهده نمودند که درصد روغن در هر دو گیاه با کشت مخلوط افزایش یافت. از آنجا که هر عاملی که باعث افزایش فتوسنتز گیاهی شود می‌تواند باعث افزایش درصد روغن نیز شود، به‌نظر میرسد که دلیل افزایش درصد روغن در کشت مخلوط، به دلیل توانایی گیاه در استفاده بهینه از منابع محیطی بوده است که باعث بهبود رشد و فتوسنتز و به دنبال آن، افزایش میزان روغن در مقایسه با کشت خالص شده است (رضایی چیانه ۲۰۱۶). همچنین عوامل گوناگونی از قبیل تاریخ کاشت، ژنوتیپ، شرایط اقلیمی، حاصلخیزی خاک، تراکم و الگوی کاشت بر میزان تجمع روغن تأثیرگذار هستند و بهبود این عوامل در کشت مخلوط می‌تواند با افزایش درصد روغن همراه باشد (هدایتی و همکاران ۲۰۱۷). پژوهش‌های بسیاری نشان

(هاگارد نیلسن و همکاران ۲۰۰۱). موسویان و همکاران (۲۰۱۱) در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و آفتابگردان گزارش کردند که بیشترین میزان روغن از نسبت کاشت ۵۰:۵۰ به دست آمد.

شاخص های کشت مخلوط

بالاترین نسبت برابری زمین برای گیاه گلرنگ (۱/۶۳) در نسبت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و همچنین بیشترین این شاخص برای گیاه سویا (۱/۰۷) در نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به دست آمد. حداقل این شاخص برای گیاه گلرنگ در نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۱/۲۵) و برای گیاه سویا در نسبت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۰/۳۹) مشاهده گردید (جدول ۶). بیشترین نسبت برابری زمین کل با ضریب ۲/۳۲ در نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به دست آمد. بیشترین نسبت برابری زمین پس از این تیمار، متعلق به نسبت ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و نسبت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ بود (جدول ۶). همچنین بیشترین مجموع

ارزش نسبی به ترتیب متعلق به نسبت ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۲/۱۷) و ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ (۲/۱۳) بود (جدول ۶). محمودی و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی خود بر روی کشت مخلوط ذرت و سویا مشاهده نمودند که بیشترین میزان نسبت برابری زمین مربوط به تیمار نسبت ۱ درصد ذرت به ۳ درصد سویا و ۱ درصد ذرت به ۲ درصد سویا است. در بررسی این محققین کمترین نسبت برابری زمین در الگوی کاشت برابر ذرت و سویا به دست آمد. تاکیم (۲۰۱۲) استفاده بهتر از منابع محیطی را عامل اصلی افزایش در نسبت برابری زمین در سیستم های کشت مخلوط عنوان کرده است. قهرمانی قلعه جوغ و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط نخود (*Cicer arietinum* L.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در مقایسه با کشت خالص بیش تر بود. سینگ و همکاران (۲۰۱۵) نیز نتایج مشابهی را در کشت مخلوط پنبه (*Gossypium herbaceum* L.) و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) گزارش کردند.

جدول ۶- شاخص های کشت مخلوط گلرنگ و سویا

نسبت کشت مخلوط سویا به گلرنگ	نسبت برابری زمین برای گلرنگ	نسبت برابری زمین برای سویا	نسبت برابری زمین کل	مجموع ارزش نسبی
۳۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ	۱/۶۳	۰/۳۹	۲/۰۲	۱/۹۵
۶۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ	۱/۵۴	۰/۷۷	۲/۳۱	۲/۱۷
۹۰ درصد سویا + ۱۰۰ درصد گلرنگ	۱/۲۵	۱/۰۷	۲/۳۲	۲/۱۳

نتیجه گیری کلی

بر اساس یافته های این پژوهش بیشترین عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن گلرنگ در الگوهای کشت ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به دست آمد که به وضوح نشان می دهد که در نسبت کشت بالای سویا، از کارایی کشت مخلوط کاسته شده است که این امر احتمالاً به دلیل افزایش رقابت می باشد. در مورد سویا نیز نتایج حاکی از آن بود که بیشترین عملکرد دانه در دو تیمار کشت خالص سویا و نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ به دست آمد. همچنین حداکثر درصد روغن سویا

متعلق به الگوهای کشت ۶۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و ۳۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ و بالاترین عملکرد روغن نیز در نسبت ۹۰ درصد سویا به ۱۰۰ درصد گلرنگ مشاهده گردید. کاربرد توأم کود اوره و کود زیستی در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ درصد کود اوره و ۱۰۰ درصد کود زیستی سبب بهبود صفات مورد بررسی گردید، در حالی که بین تیمارهای کاربرد خالص کود اوره و کود بارور اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت. از طرفی در تمام الگوهای کشت مخلوط مقادیر LER کل و RVT بیش از یک بود که نشان دهنده مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. در کل با توجه

سیاسگزاری

بدین وسیله از اساتید و کارشناسان آزمایشگاه‌های گروه اکوفیزیولوژی گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به خاطر فراهم نمودن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نماید.

به نتایج مشاهده شده می‌توان اظهار داشت که کشت مخلوط سویا و گلرنگ و نیز کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و اوره را می‌توان در جهت دستیابی به عملکرد و نیز درصد و عملکرد روغن مطلوب توصیه کرد.

منابع مورد استفاده

- Abbasdokht H, Salmanzadeh S and Gholami A. 2015. The comparison of qualitative and quantitative of soybean (*Glycine max* L.) affected by double inoculation with Barvar-2 and *Rhizobium japonicum* bacteria at hydro- osmo priming condition. Iranian Journal of Field Crop Science, 46(4): 569-581. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2015.56807>
- Abbasi R and Namdari M. 2023. Effect of soybean and sesame intercropping on grain yield and yield components under the low-nitrogen condition. Iranian Journal of Field Crop Science, 54(1): 1-10. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2021.324886.654833>
- Akbari P, Ghalavand A, Sanavy AM, AghaAlikhani M and Kalkhoran, SS. 2011. Comparison of different nutritional levels and the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the grain yield and quality of sunflower. Australian Journal of Crop Science, 5(12): 1570-1576.
- Arshad MJ, Freed S, Akbar S, Akmal M and Gul HT. 2013. Nitrogen fertilizer application in maize and its impact on the development of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae). Pakistan Journal of Zoology, 45(1): 141-147.
- Choudhury A and Kennedy IR. 2004. Prospects and potentials for systems of biological nitrogen fixation in sustainable rice production. Biology and Fertility of Soils, 39: 219-227. <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0706-2>
- Dahmardeh M and Keshtegar A. 2014. Evaluating yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in intercropping with peanut (*Arachis hypogaea* L.). Journal Agricultural Ecological, 6(2): 311-323. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/JAG.V6I2.39371>
- Diacono M, Persiani A, Testani E, Montemurro F and Ciaccia C. 2019. Recycling agricultural wastes and by-products in organic farming: Biofertilizer production, yield performance and carbon footprint analysis. Sustainability, 11(14): 3824. <https://doi.org/10.3390/su11143824>
- El-Sayed MAM. 2013. Effect of interaction between biofertilizers and saline irrigation water on the productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L) in northern sinai-egypt. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering, 4(8): 793-809. <https://doi.org/10.21608/jssae.2013.52068>
- Fallah S, Rostaei M, Lorigooini Z and Surki, AA. 2018. Chemical compositions of essential oil and antioxidant activity of dragonhead (*Dracocephalum moldavica*) in sole crop and dragonhead-soybean (*Glycine max*) intercropping system under organic manure and chemical fertilizers. Industrial Crops and Products, 115: 158-165. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.02.003>
- Fan L, Zhao HY, Xu M, Zhou L, Guo H, Han J, Wang BR and Guo DA. 2009. Qualitative evaluation and quantitative determination of 10 major active components in *Carthamus tinctorius* L. by high-performance liquid chromatography coupled with diode array detector. Journal of Chromatography A, 1216(11): 2063-2070. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.03.046>
- Farhad ISM, Chowdhury MMU, Bhowal SK, Choudhury AK and Khan AS. 2014. Chilli-garlic intercropping system in coastal saline area. Applied Science Reports, 6(2): 47-50. <https://doi.org/10.15192/PSCP.ASR.2014.2.2.4750>

- Ghahremani Ghale Jogh V, Zaregheshlaghi S and Nasser MT. 2017. Evaluation of yield, some growth features, economic index and competitive indices of Cumin (*Cuminum cyminum*) and Chickpea (*Cicer arietinum*) in delayed intercropping. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 10: 69-83.
- Ghanbari M, Mokhtassi-Bidgoli A and Talebi-Siah Saran P. 2019. The effect of bio-fertilizers on yield component, yield, protein and oil in soybean (*Glycine max* Merrill) under different irrigation regimes. *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, 13(52): 1-15. (In Persian).
- Hadi A and Nur HS. 2017. The use of biofertilizers increased plant growth with no trade-off effect on greenhouse gas emission. *Journal of Wetlands Environmental Management*, 5(1): 18-23. <http://dx.doi.org/10.20527/jwem.01.01.02>
- Hamdan YA, Pérez-Vich B, Velasco L and Fernández-Martínez JM. 2009. Inheritance of high oleic acid content in safflower. *Euphytica*, 168(1): 61-69. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9879-y>
- Hatami H, Ainehband A, Azizi M and Dadkhah A. 2009. Effect of N fertilizer on growth and yield of soybean at north Khorasan. *Journal of Crop Production*, 2(2): 25-42. (In Persian)
- Hauggaard-Nielsen H, Ambus P and Jensen ES. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. *Field Crops Research*, 70(2): 101-109. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00126-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00126-5)
- Hedayati A, Kazemeini SA and Pirasteh-Anosheh H. 2017. Evaluation of different planting ratio of sorghum-kochia intercropping in varied salinity conditions. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 24: 685-698. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114014>
- Itelima JU, Bang WJ, Onyimba IA, Sila MD and Egbere OJ. 2018. Bio-fertilizers as key player in enhancing soil fertility and crop productivity: A review. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, 6(3): 73-83. <https://doi.org/10.26765/DRJAfS.2018.4815>
- Jalilian J, Najafabadi A and Zardashti MR. 2017. Intercropping patterns and different farming systems affect the yield and yield components of safflower and bitter vetch. *Journal of Plant Interactions*, 12(1): 92-99. <https://doi.org/10.1080/17429145.2017.1294712>
- Kader MA, Main MH and Hoque MS. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield nitrogen uptake by wheat. *Online Journal of Biological Sciences*, 2(4): 259-261.
- Kazemeini SA and Sadeghi H. 2012. Reaction of the green bean-safflower intercropping patterns to different nitrogen fertilizer levels. *Iran Agricultural Research*, 31(2): 13-22. <https://doi.org/10.22099/IAR.2013.1523>
- Khademhamzeh H, Karimie M, Rezaie A and Ahmadi M. 2004. Effect of plant density and planting date on agronomic characteristics, yield and yield components in soybean. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(2): 357-367. (In Persian)
- Kiani M, Farnia A and Shaban M. 2013. Changes of seed yield, seed protein and seed oil in rapeseed (*Brassica napus* L.) under application of different bio fertilizers. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 1(10): 1170-1178.
- Kubota A, Safina, SA, Shebl SM, Mohamed AEA, Ishikawa N, Shimizu K, Abdel Ghawad K Maruyama S. 2015. Evaluation of intercropping system of maize and leguminous crops in the Nile Delta of Egypt. *Tropical Agriculture and Development*, 59(1): 14-19.
- Kubsad VS, Naik VR, Hanumantharaya L and Nekar MM. 2008. Phosphorus management in mungbean-safflower sequence cropping in vertisols under rainfed conditions. In *Safflower: unexploited potential and world adaptability*. 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia, 3-6 November, 2008. (pp. 1-4). Agri-MC Marketing and Communication.

- Kugbe XJ, Yaro RN, Soyel JK, Kofi ES and Ghaney P. 2018. Role of intercropping in modern agriculture and sustainability: A Review. *British Journal of Science*, 16(2): 67-75.
- Lack S, Ghooshchi F and Hadi H. 2013. The effect of crop growth enhancer bacteria on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 2(20): 809-815.
- Loos J, Abson DJ, Chappell MJ, Hanspach J, Mikulcak F, Tichit M and Fischer J. 2014. Putting meaning back into "sustainable intensification". *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(6): 356-361. <https://doi.org/10.1890/130157>
- Mahmoudi R, Jamshidi K and Pouryousef M. 2013. Evaluation of grain yield of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) in strip intercropping. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(9): 2388-2392.
- Malbubi A. 2007. Characteristic of Barvar-2 phosphorus biofertilizer. Technical publication Zist Fannavar Sabz Publications. Tehran, Iran. 104 pp. (In Persian)
- Mamnabia S, Nasrollahzadeh S, Ghassemi-Golezani G and Raei Y. 2020. Morpho-physiological traits, grain and oil yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) affected by drought stress and chemical and bio-fertilizers. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(3): 359-378. (In Persian)
- Mead R and Willey R. 1980. The concept of a 'land equivalent ratio' and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*, 16(3): 217-228. <https://doi.org/10.1017/S0014479700010978>
- Mikic A, Cupina B, Rubiales D, Mihailovic V, Sarunaite L, Fustec J, Antanasovic S, Krstic D, Bedoussac L, Zoric L, Dordevic V, Peric V and Srebric M. 2015. Models, developments, and perspectives of mutual legume intercropping. *Advances in Agronomy*, 130: 337-419. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2014.10.004>
- Mndzebele B, Ncube B, Fessehazion M, Mabhaudhi T, Amoo S, du Plooy C, Venter S and Modi A. 2020. Effects of cowpea-amaranth intercropping and fertiliser application on soil phosphatase activities, available soil phosphorus, and crop growth response. *Agronomy*, 10(1): 79. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010079>
- Mosavian SN, Lorzadeh SH, Ebrahimpour F and Chaab A. 2011. Effect of nitrogen and intercropping ratios on grain yield and some morphological traits of corn and sunflower in North Khuzestan. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(4): 708-716. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/GSC.V8I4.7964>
- Mundel HH and Bergman JW. 2008. Safflower breeding. pp. 423-447, In: Vollmann J and Rajcan I. (Eds.), *Oil Crop Breeding, Hand Book of Plant Breeding*. Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77594-4_14
- Muoneke CO, Ogwuche MAO and Kalu BA. 2007. Effect of maize planting density on the performance of maize/soybean intercropping system in a guinea savannah agroecosystem. *African Journal of Agricultural Research*, 2(12): 667-677.
- Naghizade M, Ramroodi M, Galavi M, Siahpar B, Heydari M and Maghsoodi AA. 2012. The effects of various phosphorus fertilizers on yield and yield components of maize and grass pea intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2): 203-215. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2012.28483>
- Nawar AI, Salama HS and Khalil HE. 2020. Additive intercropping of sunflower and soybean to improve yield and land use efficiency: Effect of thinning interval and nitrogen fertilization. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 80(2): 142-152. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392020000200142>
- Ntanos DA and Koutroubas SD. 2002. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 74(1): 93-101. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00203-9](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00203-9)

- Ofori-Boateng C and Lee KT. 2014. An oil palm-based biorefinery concept for cellulosic ethanol and phytochemicals production: Sustainability evaluation using exergetic life cycle assessment. *Applied Thermal Engineering*, 62(1): 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.09.02>
- Raei Y, Shariati J and Weisany W. 2015. Effect of biological fertilizers on seed oil, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at different irrigation levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(1): 65-84. (In Persian)
- Rezaei Chiyaneh E. 2016. Intercropping of flax seed (*Linum usitatissimum* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of iron nano chelated and zinc. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 26(1), 39-56. (In Persian)
- Saeidi M, Raei Y, Amini R, Taghizadeh A, Pasban-Eslam B and Rohi Saralan A. 2019. Competition indices of safflower and faba bean intercrops as affected by fertilizers. *Notulae Scientia Biologicae*, 11(1): 130-137. <https://doi.org/10.15835/nsb11110340>
- Schoebitz M, Mengual C and Roldán A. 2014. Combined effects of clay immobilized *Azospirillum brasilense* and *Pantoea dispersa* and organic olive residue on plant performance and soil properties in the revegetation of a semiarid area. *Science of the Total Environment*, 466: 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.012>
- Schultz B, Phillips C, Rosset P and Vandermeer J. 1982. An experiment in intercropping cucumbers and tomatoes in southern Michigan, USA. *Scientia Horticulturae*, 18(1): 1-8. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(82\)90096-6](https://doi.org/10.1016/0304-4238(82)90096-6)
- Seyed Sharifi R, Namvar A and Seyed Sharifi R. 2017. Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52: 236-243. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000400003>
- Shaabani S and Movahhedi Dehnavi M. 2017. Effect of different levels of nitrogen, bio-fertilizers and nano-nitrogen on yield and nitrogen use efficiency of soybean in Darab Region (Fars). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(3): 709-720. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/GSC.V15I3.53300>
- Shehata MM and El-Khawas SA. 2003. Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower (*Helianthus annuus* L. cv. Vedock) yield. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6(14): 1257-1268. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2003.1257.1268>
- Silva RL, Pereira MJ, Azevedo J, Mulas R, Velazquez E, González-Andrés F, Valentao P and Andrade PB. 2013. Inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* enhances the organic and fatty acids content of soybean seeds. *Food Chemistry*, 141: 3636-3648. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.045>
- Simmons CW, Claypool JT, Marshall MN, Jabusch LK, Reddy AP, Simmons BA, Singer SW, Stapleton JJ and VanderGheynst JS. 2014. Characterization of bacterial communities in solarized soil amended with lignocellulosic organic matter. *Applied Soil Ecology*, 73: 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.08.014>
- Singh RJ, Ahlawat IPS and Sharma NK. 2015. Resource use efficiency of transgenic cotton and peanut intercropping system using modified fertilization technique. *International Journal of Plant Production*, 9(4): 523-540. <https://doi.org/10.22069/IJPP.2015.2461>
- Sivasakthi S, Usharani G and Saranraj P. 2014. Biocontrol potentiality of plant growth promoting bacteria (PGPR)-*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 9(16): 1265-1277. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7914>
- Srinivasarao C, Venkateswarlu B, Lal R, Singh AK, Kundu S, Vittal KPR, Sharma SK, Sharma RA, Jain MP and Chary GR. 2012. Sustaining agronomic productivity and quality of a Vertisolic soil (Vertisol) under soybean-safflower cropping system in semi-arid central India. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(5): 771-785. <https://doi.org/10.4141/cjss2011-098>

- Tahmasbizadeh H, Madani H and Naderi Boroujerdi GH. 2010. Investigate planting date plant density and different level of n fertilizer on the yield and oil percent of spring safflower. *New Findings in Agriculture*, 4(3): 231-246. (In Persian)
- Takim FO. 2012. Advantages of maize-cowpea intercropping over sole cropping through competition indices. *Journal of Agriculture and Biodiversity Research*, 1: 53-59.
- Yang C, Iqbal N, Hu B, Zhang Q, Wu H, Liu X, Zhang J, Liu W, Yang W and Liu J. 2017. Targeted metabonomics analysis of fatty acid in soybean seed by GC-MS reveal the metabolic manipulation of shading in intercropping system. *Analytical Methods*, 3(1): 1-27. <https://doi.org/10.1039/C7AY00011A>
- Zaefarian F and Bagheri Shirvan M. 2014. Effect of intercropping different ratios on yield of soybean, sweet basil and borage. *Journal of Crops Improvement*, 16(1): 197-214. <https://doi.org/10.22059/jci.2014.51952>