ارزیابی عملکرد و پروتئین گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در کشت مخلوط با باقلا (*Vicia faba* L.) تحت تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی

محمودرضا سعیدی [*۱]، یعقوب راعی [۲]، روح اله امینی [۳]، اکبر تقی زاده [۴]، بهمن پاسبان اسلام [۵]

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۳

۱- دانشجوی دکتری آگرواکولوژی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳- دانشیار گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

٤- استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

٥- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

* مسئول مکاتبه: Email: mr_saeidi@tabrizu.ac.ir

چکیده

کشت مخلوط و کاربرد کودهای زیستی از راهکارهای مهم کشاورزی پایدار در جهت کاهش خطر تخریب منابع محیطی و بهبود تولید محصولات زراعی هستند. بر این اساس، به منظور بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر کشت مخلوط گلرنگ و باقلا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹٥ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، به اجرا در آمد. فاکتور اول چهار الگوی کاشت شامل کشت خالص گلرنگ و باقلا، کشت مخلوط با نسبت‌های ۱:۱ و ۲:۱ به ترتیب باقلا و گلرنگ و فاکتور دوم مصرف کود در چهار سطح شامل عدم کاربرد کود (شاهد)، کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (اوره+ سوپرفسفات تریپل)، مصرف تلفیقی ۳۰ و٦۰ درصد کود شیمیایی بعلاوه کودهای زیستی (ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲) بودند. نتایج نشان داد که مصرف تلفیقی ٦۰ درصد کود شیمیایی و کودهای زیستی در سیستم کشت مخلوط ۱:۱، موجب افزایش اجزای عملکرد گلرنگ و شاخص برداشت پروتئین در هر دو سال شد. بیشترین میزان روغن و پروتئین دانه نیز به گیاهان تغذیه شده با تلفیق کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی مربوط بود. در کلیه تیمارها، نسبت برابری زمین و مجموع ارزش نسبی بالاتر از یک بودند و بیشترین میزان آنها در سیستم کشت مخلوط ۱:۱ با مصرف تلفیقی کود زیستی و ٦۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کشت مخلوط و کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی (به میزان کمتر) و زیستی باعث بهبود رشد و تولید گلرنگ می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، عملکرد، کشت مخلوط، کود زیستی، نسبت برابری زمین

Evaluation of Yield and Protein Content of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Intercropping with Faba bean (*Vicia faba* L.) under Biological and Chemical Fertilizers

Mahmoodreza Saeidi[1*], Yaghoub Raei[2], Rouhollah Amini[3], Akbar Taghizadeh[4], Bahman Pasban Eslam[5]

Received :May 7, 2018 Accepted: November 14, 2018
1- PhD Student in Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2- Prof., Dept. Plant of Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3- Assoc. Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
4- Prof., Dept. of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran..
5- Assoc. Prof., Dept. of Crop and Horticultural Science Research, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email: mr_saeidi@tabrizu.ac.ir

Abstract

Intercropping and biofertilizer application are the important strategies for reducing the risks of agricultural production and enhancing crop yield and quality in developing sustainable agriculture. In order to evaluate the effect of chemical and biofertilizers in safflower/faba bean intercropping, two field experiments were carried out based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, University of Tabriz in 2015 and 2016. The first factor was including four cropping systems including sole croppings of safflower and faba bean; two intercropping patterns with ratio of 1:1 and 2:1 (safflower/faba bean). The second factor was four levels of fertilizers including no fertilizer,100% chemical fertilizer (urea+ triple superphosphate), 30% and 60% chemical fertilizer + biofertilizer (Azoto barvar1 + Phosphate barvar 2). Results revealed that the integrated use of chemical and biological fertilizers in intercropped plants (1:1) caused to increasing yield components of safflower and protein harvest index for both years. The highest oil and protein content was also attributed to plants fed by 60% chemical plus biological fertilizers. Land equivalent ratio and relative value total was above 1.00 in all treatments, and the highest amount of them were achived from intercropping patterns with ratio of 1:1 and the combinative application of 60% chemical and biological fertilizers. Therefore, it was concluded that intercropping (safflower/faba bean) with integrated use of the reduced chemical and biological fertilizers, improved growth and quality of safflower.

Keywords: Biofertilizer, Intercropping, Land Equivalent Ratio, Protein Content, Yield

مقدمه

در دنیای جدید روند کشت و کار محصولات زراعی بتدریج از اصول اکولوژیکی خارج شده و به سمت دیدگاه‌های اقتصادی پیش می‌رود که این امر منجر به تخریب منابع محیطی و کاهش کارآیی انرژی می‌شود. روند افزایش کاربرد نهاده‌ها مشکلات زیست محیطی را به همراه دارد که سبب طرح موضوع کشاورزی پایدار شده است. از بین راهکارهای مورد نظر در کشاورزی پایدار می‌توان به سیستم‌های کشت مخلوط، تناوب

زراعی و مصرف کودهای زیستی اشاره نمود (سولیوان ۲۰۰۳).

کشت مخلوط یکی از مهم‌ترین سیستم‌های کشاورزی قابل اجرا است که از نظر تنوع محصول تولیدی و افزایش سود حاصل در واحد سطح و زمان از اهمیت خاصی برخوردار است (محفوظ و میگاور ۲۰۰٤). علت افزایش محصول در کشت مخلوط، استفاده بیشتر و بهتر از عوامل محیطی مانند آب، مواد غذایی و نور است. در کشت مخلوط جامعه گیاهی در زمانی کوتاه‌تر زمین را پوشانده و بدین ترتیب جذب یا کارآیی استفاده از تشعشع و عناصر غذایی را افزایش و جمعیت علف هرز را کاهش می‌دهد (بانیک و همکاران ۲۰۰٦). گیاهان تیره حبوبات از جمله باقلا به دلیل تثبیت نیتروژن موجود در هوا، نقش موثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند و به همین علت در تناوب با گیاهان روغنی کشت می‌شوند (سینگ راجش و همکاران ۲۰۱۰). علاوه بر تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، باقلا به عنوان منبع غنی از پروتئین در تغذیه انسان و دام و نیز گیاه اصلاح کننده ساختمان خاک به کار می‌رود (کوپکه و نیمجک ۲۰۱۰).

بدون تردید کاربرد کودهای زیستی علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (ابوخدراه و همکاران ۲۰۰۰). اصطلاح کودهای زیستی منحصرا به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیر اطلاق نمی‌گردد بلکه ریز جانداران باکتریایی و قارچی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها از جمله کودهای زیستی محسوب می‌گردند (منافی و کلوئپس ۱۹۹٤). گونه‌های باکتریایی زیادی شناسایی شده‌اند که عمل تثبیت بیولوژیک نیتروژن و حلالیت فسفات را انجام می‌دهند که شامل ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، سودوموناس و غیره می‌باشند (مرادی و همکاران ۲۰۰۹).

کود زیستی ازتو بارور ۱ حاوی باکتری تثبیت کننده نیتروژن از جنس ازتوباکتر بوده که در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در توسعه سیستم ریشه‌ای نقش مفید و موثری دارند و با بهبود جذب آب و عناصر غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (اکبری و همکاران ۲۰۱۱). کود زیستی فسفر بارور ۲ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های باسیلوس لنتوس و سودوموناس پوتیدا می‌باشد که به ترتیب با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (ملبوبی ۲۰۰۷). پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند بهتر از کاربرد هر یک از آنها به تنهایی عمل کند، به طوری‌که استفاده تلفیقی از این منابع، آثار زیان‌بار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد و نیز سبب افزایش عملکرد می‌شود.

گلرنگ به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی در مناطق مختلف جهان مورد کشت وکار قرار می‌گیرد. این گیاه بومی ایران بوده و به دلیل ویژگی‌های مطلوب و خاص نظیر مقاومت نسبتا زیاد آن به تنش‌های محیطی نظیر خشکی، شوری، گرما و سرمای زمستانه، داشتن تیپ‌های بهاره و پاییزه، استفاده‌های دارویی و غذایی از گل‌های آن، تولید روغن نباتی با کیفیت بالا (به‌دلیل بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع خصوصا لینولئیک و اولئیک) و تولید کنجاله به‌عنوان مکمل غذایی برای دام از اهمیت خاصی برای تامین دانه‌های روغنی مورد نیاز کشور برخوردار است (باقری و همکاران ۲۰۱۲).

در آزمایشی که توسط زعفرانیه (۲۰۱۵) صورت گرفت، مشاهده شد که کشت مخلوط نخود و گلرنگ موجب افزایش عملکرد دانه گلرنگ و کارآیی استفاده از منابع می‌شود. راعی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند

که با کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و قارچ مایکوریزا تا حد زیادی می‌توان رشد و عملکرد گیاه گلرنگ را بهبود بخشید. نتایج مطالعات نقی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) در کشت مخلوط ذرت و خلر نشان داد که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی فسفره باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد خلر می‌شود. پژوهش‌های بسیاری نشان داده‌اند که استفاده تلفیقی از کودهای زیستی و شیمیایی و همچنین کشت مخلوط می‌تواند باعث بهبود میزان روغن در گیاه گلرنگ گردد (سید شریفی و همکاران ۲۰۱۷). در این راستا هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین گلرنگ در کشت مخلوط با باقلا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز با طول جغرافیایی ٤٦ درجه و۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی در دو سال زراعی ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ اجرا شد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳٦۰ متر و متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۷ میلی‌متر در سال می‌باشد. نمودار تغییرات دما و بارندگی در دو سال زراعی در شکل ۱ ارائه شده است. خاک محل آزمایش از نوع لوم شنی بود و نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی آن در جدول ۱ آمده است. الگوهای مختلف کشت شامل کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۱:۱ (C3) و ۲:۱ (C4)، و تک کشتی گلرنگ (C2) و باقلا (C1) به عنوان عامل اول و مصرف کود در چهار سطح شامل عدم کاربرد کود (F0)، کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (اوره+ سوپرفسفات تریپل) (F1)، مصرف تلفیقی ۳۰ (F2) و٦۰ (F3) درصد کود شیمیایی بعلاوه کودهای زیستی (ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲) به عنوان عامل دوم بودند. فاصله بین بلوک‌ها ۱/۵ متر، طول ردیف‌های کاشت ٤ متر و فاصله دو پشته از هم ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم مطلوب برای گلرنگ و باقلا به ترتیب٤۰ و ۲۰ بوته در مترمربع تعیین شد. کاشت گلرنگ و باقلا در اواسط اردیبهشت ماه به طور همزمان و با دست انجام گردید. در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره (حاوی ٤٦ درصد نیتروژن) و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل (حاوی ٤٦ درصد فسفر) مصرف شد. تمام کود فسفره به صورت نواری عمقی همزمان با بذرکاری و کود اوره به صورت سرک در دو نوبت (۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۲۵ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی) مورد استفاده قرار گرفت. کودهای زیستی ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲ در زمان کاشت بر اساس روش پیشنهادی شرکت تولید کننده به صورت بذرمال (به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار) مورد استفاده قرار گرفتند. تعداد ۱۰ بوته از هر کرت برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد مورد نظر در گلرنگ شامل تعداد طبق در بوته، دانه در طبق و وزن هزار دانه برداشت و در آزمایشگاه شمارش و توزین گردید. به منظور تعیین عملکرد دانه بوته‌های موجود در هر یک از کرت‌ها از مساحت تقریبی دو متر مربع کف بر شد. پس از آسیاب نمودن بذرها، روغن‌گیری از نمونه‌ها از ۱۰ گرم بذر با استفاده از دستگاه سوکسله به مدت ٦ ساعت انجام شد و از دی اتیل اتر به عنوان حلال استفاده شد. درصد پروتئین دانه گلرنگ با استفاده از روش کلدال[1] اندازه گیری شد و عملکرد پروتئین نیز از حاصل‌ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه به دست آمد. شاخص برداشت پروتئین نیز از حاصل تقسیم عملکرد پروتئین بر عملکرد بیولوژیک محاسبه و بر اساس درصد بیان شد. برای ارزیابی کشت مخلوط از ا شاخص‌های نسبت برابری زمین۲ (LER)[2] و

[1]. Kejeldahl

[2] . Land Equivalent Ratio

مجموع ارزش نسبی[1] (RVT) استفاده شد که با روابط زیر محاسبه و ارزیابی گردیدند (واندرمیر ۱۹۸۹).

$$LER = (Yab / Yaa) + (Yba / Ybb)$$

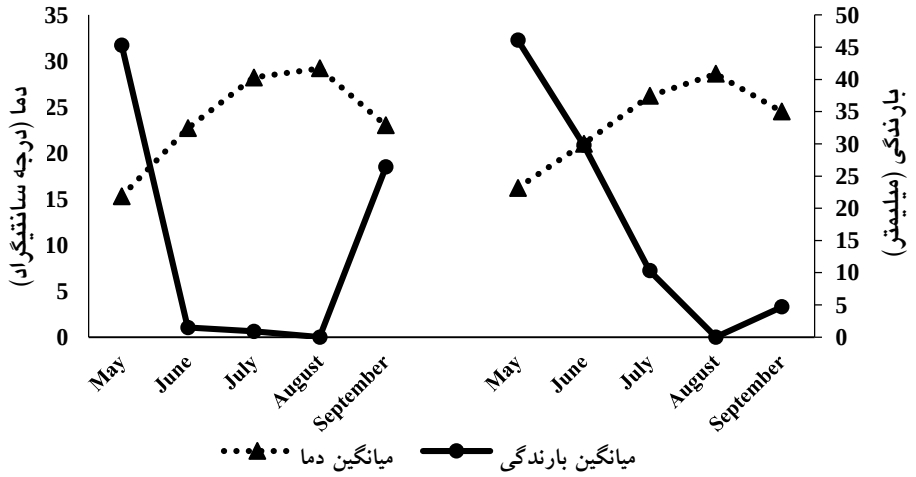
در این رابطه Yab و Yba به ترتیب عملکرد گونه‌های a و b در کشت مخلوط و Yaa و Ybb به ترتیب عملکرد هر یک از گونه‌های a و b در کشت خالص می‌باشند.

$$RVT= \left(aP1+bP2\right)/aM1 \quad aM1>bM2$$

در این رابطه a قیمت محصول اصلی، b قیمت محصول ثانوی ، P1 و P2 به ترتیب عملکرد گیاه اصلی و فرعی در کشت مخلوط و M1 حداکثر عملکرد خالص گیاه اصلی است. داده‌ها با استفاده از برنامه آماری MSTAT-C مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

جدول ۱- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش

نیتروژن (درصد)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	شوری ($ds.m^{-1}$)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	اسیدیته	ماده آلی (درصد)
۰/۱۵	۲۹۰	۱۶	۱/۱	۱۵	۲۰	۶۵	۷/۴	۰/۷۶



شکل ۱- نمودار تغییرات دما و بارندگی در دو سال زراعی ۱۳۹۴ (چپ) و ۱۳۹۵ (راست)

نتایج و بحث

اجزای عملکرد

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به اجزای عملکرد دانه گلرنگ نشان دهنده اثر معنی‌دار سال بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه بود. کلیه صفات مورد بررسی به طور معنی‌داری تحت تاثیر سیستم کشت و کود قرار گرفتند. اثر متقابل سیستم کشت × کود بر وزن هزار دانه و اثر متقابل سال × کود بر تعداد طبق در بوته و دانه در طبق معنی‌دار بود (جدول ۲). مطابق جدول ۳، اجزای عملکرد دانه گلرنگ در کشت خالص کمتر از سیستم‌های کشت مخلوط بود. سیستم کشت مخلوط ۱:۱ گلرنگ- باقلا با تولید ۷/۶۷ طبق در بوته و ۴۹/۸۲ دانه در طبق، برتری قابل توجهی نسبت به سایر الگوهای کشت داشت. احتمالا دلیل بیشتر بودن تعداد دانه در طبق در کشت مخلوط ۱:۱ رقابت درون و برون گونه‌ای کمتر بوته‌های گلرنگ با یکدیگر وهمچنین با بوته‌های باقلا بوده که باعث شده از منابع و عناصر غذایی به نحو مطلوب‌تری بهره‌برداری کنند و این امر در

[1] . Relative Value Total

نهایت به افزایش تعداد دانه در طبق منجر شده است. برخی از یافته‌های اخیر نشان داده که کشت مخلوط گلرنگ با لگوم‌ها تعداد طبق در بوته و دانه در طبق را افزایش می‌دهد (زعفرانیه ۲۰۱۵؛ جلیلیان و همکاران ۲۰۱۷). همچنین به گزارش رضایی چیانه و همکاران (۲۰۱۵)، تعداد دانه در طبق آفتابگردان در کشت مخلوط آفتابگردان- باقلا نسبت به کشت خالص افزایش یافته است که این نتایج با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. بر اساس نتایج مندرج در جدول ٤، بیشترین وزن هزار دانه به سیستم کشت مخلوط ۱:۱ گلرنگ- باقلا و مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی (با مقدار ٤٦/۰۵ گرم) مربوط بود. به احتمال زیاد گیاه باقلا در کنار گلرنگ از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و افزایش جذب تشعشع توسط کانوپی مخلوط، سبب افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی از طریق افزایش سطح برگ و به تبع آن بهبود ظرفیت فتوسنتزی شده و وزن هزاردانه را بهبود بخشیده است. جلیلیان و همکاران (۲۰۱۷) نیز تاثیر مثبت کشت مخلوط در افزایش وزن هزار دانه را گزارش کردند. در آفتابگردان بذور تلقیح شده با کودهای زیستی نیتروژن‌دار و فسفردار وزن هزار دانه بیشتری نسبت به بذور تلقیح نشده داشتند (فرنیا و مؤیدی ۲۰۱٤). در سال دوم آزمایش با مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی، بیشترین تعداد طبق در بوته و دانه در طبق حاصل شد (جدول۵). اجاقلو و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که تلقیح با کود زیستی ازتوباکتر و فسفات بارور۲ باعث افزایش تعداد طبق در بوته و دانه در طبق گلرنگ شده است. در کل، مصرف تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی در مقادیر توصیه شده از طریق تاثیر مثبت بر جذب عناصر ماکرو و میکرو و بهبود جذب آب به سبب توسعه سیستم ریشه‌ای، عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد (نارولا و همکاران ۲۰۰۰).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب (دو سال) صفات مورد مطالعه در گلرنگ تحت تاثیر کشت مخلوط با باقلا و سطوح کودی طی سالهای ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵

منابع تغییر	درجه آزادی	طبق در بوته	دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	درصد روغن	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	شاخص برداشت پروتئین
سال	۱	۳۲/۹٤**	۵۰۲/۱۳**	۳۵۵/۵۱**	۱۸۱۰۹٦۱/۲**	۱۱۷/٦۸**	۱۸/٤۱**	۲٤۹۱۳۳/۳۲**	۲۵/۳۷**
تکرار (سال)	٤	۰/۲۸**	۱۹/۸٤**	۵/۵۵**	۵۱۱۹/۳٦	۷/۱۱**	۰/۸۵**	۲٦۳۷/٦۰**	۰/٤۳
سیستم کشت	۲	۷/٦٦**	۲۵۱/۱٤**	۸٦/۰٤**	۱۷٦۰٦۷۳/٤**	۰/۰۲۹	۰/٦۹	۹۳۳۰۰۸/۱۹**	۱۲٦/٤۸**
کود	۳	۱۵/۷۷**	۳۰۷/۱۹**	۷۹/۱۳۲**	۵۵٤٦٦۰/۰۳**	۱٦۵/۷۵**	۵٦/۸۹**	۲۰۸۰۸۰/٦۰**	۲۱/۸۹**
سیستم کشت × کود	٦	۰/۱۱۷	۱/٦٦	۲/٦۳۳**	۱۸۷۹۳/۱۰**	۰/۰۸۳	۰/۰۳٤	٦۷۳/٦۸	۰/۷۷**
سال × سیستم کشت	۲	۰/۱۳۳	۱/۹۷	۰/۵۷٤	۲۲۲۸/۰٤	۰/۱۳۰	۰/۲۰	۹۳۷/۳۰	۰/۱۵۳
سال × کود	۳	۱/٤٤٤**	۱۰/٤۵**	۰/۰۹۵	۲۷٦۹/۳۳	۰/۳۲۰	۰/۲۸۹	۲۷۹٤/۷۸**	۰/۱٤۵
سال × سیستم کشت × کود	٦	۰/۰۸۸	۰/۸۲۹	۰/۲۸۹	۱۱۵۳/۱۳	۰/۱۱۷	۰/۰۵۸	٦۹/۰۸	۰/۰۱۳
اشتباه	٤٤	۰/۰۵۱	۰/۷۲۷	۰/۳٤۹	۱۰۲۵/٦۸	۰/۲۰۷	۰/۱۱۳	۲۹۲/۹۰	۰/۰۵٤
ضریب تغییرات (درصد)	-	۳/۱۵	۱/۸٤	۱/٤٤	۳/۳٤	۱/٤٦	٤/۹۸	۵/۸۳	۳/۰۱

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشانگر اثر معنی‌دار سال بر عملکرد دانه گلرنگ است. تاثیر سیستم‌های مختلف کشت و سطوح مختلف کودی و اثر متقابل سیستم کشت × کود بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مندرج در جدول ٤

نشان داد که حداکثر عملکرد دانه گلرنگ (۲۷۹۲/۹۲ کیلوگرم بر هکتار) از کشت خالص این گیاه به همراه مصرف تلفیقی کود زیستی و ٦۰ درصد کود شیمیایی بدست آمد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که کاربرد کودهای زیستی نه تنها عملکرد دانه را بهبود بخشید بلکه کاربرد کودهای شیمیایی را نیز کاهش داد. این یافته با نتایج گزارش شده در مورد گیاه گلرنگ توسط سلیمانی فرد و سیادت (۲۰۱۱) و میرزایی و وزان (۲۰۱۳) مطابقت دارد. در کشت مخلوط ذرت-سویا نیز کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی باعث بهبود عملکرد و اجزای عملکرد شده است (راعی و همکاران، ۲۰۱۷). اجاقلو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی ازتوباکترین و فسفاته بارور به همراه کود شیمیایی باعث افزایش عملکرد دانه گلرنگ می‌گردد. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هر دو سال آزمایش، مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی به بهبود معنی‌دار عملکرد دانه منجر شد که این افزایش در سال دوم بیشتر از سال اول بود به طوری که بیشترین عملکرد دانه با مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی در سال دوم آزمایش بدست آمد (جدول ۵). به نظر می‌رسد کمتر بودن ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی گلرنگ در سال اول باعث افت معنی‌دار عملکرد نسبت به سال دوم گردیده است (داده‌ها نشان داده نشده‌اند).

جدول ۳- مقایسه میانگین تعداد طبق در بوته، دانه در طبق و عملکرد پروتئین گلرنگ تحت تاثیر سال و سیستم کشت

	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	روغن دانه (درصد)	پروتئین دانه (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم بر هکتار)
۱۳۹٤	٦/۵۱b	٤۳/۷۹b	۲۹/۹٤b	۱٦/٤۵b	۵٤٦/۸۳b
۱۳۹۵	۷/۸۷a	٤۹/۰۷a	۳۲/٤۹a	۱۷/٤٦a	٦٦٤/٤۷a
C2	٦/۵۷b	٤۳/۳۸c	۳۱/۲۲a	۱٦/۹٦a	٤۵۰/٦٦c
C3	۷/٦۷a	٤۹/۸۲a	۳۱/۲۵a	۱۷/۰۲a	۸۲۷/۵۷a
C4	۷/۳۳a	٤٦/۱۰b	۳۱/۱۹a	۱٦/۸۹a	۵۳۸/۷۲b

C2: کشت خالص گلرنگ، C3: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۱:۱ و C4: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۲:۱. در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

درصد روغن و پروتئین

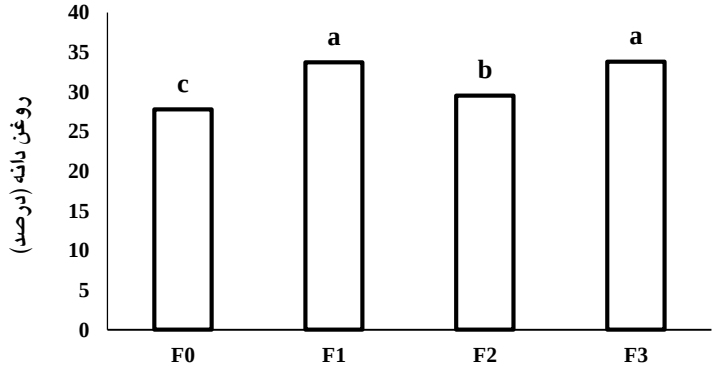
میانگین درصد روغن و پروتئین دانه گلرنگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر سال و کود قرار گرفت، ولی هیچکدام از اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی بر این صفات معنی‌دار نگردید (جدول ۲). در سال دوم آزمایش درصد روغن دانه گلرنگ بیشتر از سال اول بود که میزان اختلاف دو سال به ۲/۵ درصد رسید (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در سال اول آزمایش، دمای بالا در مرحله ذخیره و تجمع روغن در دانه ها باعث تسریع در پر شدن دانه ها شده و منجر به تولید بذوری با کیفیت پایین و میزان روغن کمتر شده است که این نتایج مطابق با یافته-های سایر محققان می‌باشد که حاکی از کاهش میزان روغن دانه آفتابگردان در دماهای بالاتر می باشد (فرناندز مویا و همکاران ۲۰۰۵). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، بیشترین درصد روغن دانه به گیاهان تغذیه شده با مصرف تلفیقی کود زیستی و ٦۰ درصد کود شیمیایی تعلق داشت، هر چند بین این تیمار و تیمار کود ۱۰۰ درصد شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. محققان دیگر گزارش کردند تلقیح بذر با کودهای زیستی، سبب افزایش میزان روغن گلرنگ گردید (راعی و همکاران ۲۰۱۵) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد. به نظر می‌رسد در این آزمایش اثرات مثبت کودهای زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر سبب تولید آسیمیلات

بیشتر و بهبود رشد شده است که در نهایت موجب افزایش درصد روغن دانه گیاه شده است. باکتری‌های حل کننده فسفات نیز می‌توانند فسفر قابل دسترس در خاک را به وسیله هیدرولیز فسفر از ترکیب‌های غیر آلی به علت اسیدی کردن خاک و یا تراوش آنزیم‌های فسفاتاز افزایش دهند (اکمک و همکاران ۲۰۰۶). بنابراین به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت فسفر از طریق افزایش اجزای عملکرد موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن شده است.

جدول ۴- مقایسه میانگین وزن هزار دانه، عملکرد و شاخص برداشت پروتئین گلرنگ در سیستم های کشت مخلوط تحت تاثیر سطوح کودی مختلف.

سیستم کشت	کود	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم برهکتار)	شاخص برداشت پروتئین (درصد)
C2	F0	۵۷/۸۵i	۲۵۰۵/۷۳d	۵/۱۷g
	F1	٦٦/٧٤f	۲٦٨٩/٧٠b	٦/٤٧e
	F2	٦٣/٢٥g	۲٥٨٠/٥٣c	٥/٦٥f
	F3	٦٨/٧٧de	۲٧٩٢/٩٢a	٦/٦٥e
C3	F0	٦٠/٢٠h	١٨١٦/٠٨g	٨/٦٥c
	F1	٧٢/٨٦b	٢٢٣٠/١٠e	١١/٣٤a
	F2	٦٨/١١e	٢٠٢٢/٣٥f	٩/٨٠b
	F3	٧٥/٢٥a	٢٣٤٢/٧٥e	١١/٥٦a
C4	F0	٥٩/٢١h	١٤٧٥/٦١i	٥/٣٨fg
	F1	٦٩/٥٩d	١٦٦٥/٨٥h	٧/٧٩d
	F2	٦٥/٩٩f	١٥٦٦/٩٠hi	٦/٣٧e
	F3	٧١/٦٥c	١٧٣٣/٧٠gh	٨/٠٢d

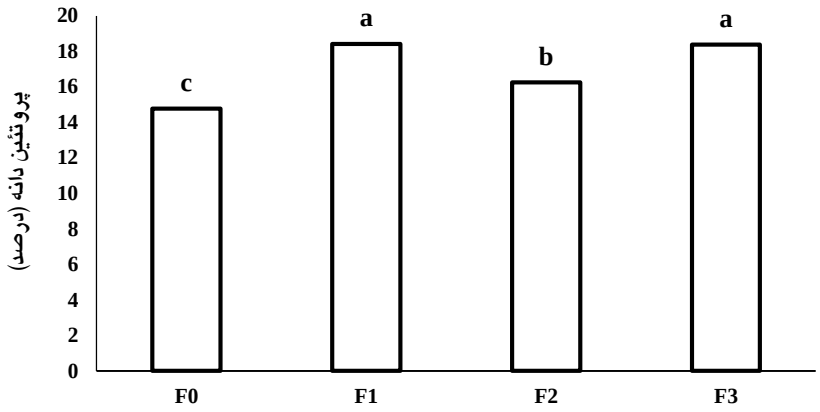
C2: کشت خالص گلرنگ، C3: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۱:۱ و C4: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۲:۱، F0: عدم کاربرد کود، F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F2: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۳۰ درصد کود شیمیایی، F3: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی. در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.



شکل ۲- درصد روغن دانه گلرنگ در سطوح مختلف کودی

(F0: عدم کاربرد کود، F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F2: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۳۰ درصد کود شیمیایی، F3: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی). در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

در سال دوم میزان اختلاف درصد پروتئین دانه گلرنگ با سال اول ۱/۰۱ بود. به نظر می‌رسد طولانی بودن دوره پر شدن دانه در سال دوم آزمایش (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)، سبب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه گلرنگ گردیده است (جدول ۳). درصد پروتئین دانه گلرنگ در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود. بیشترین درصد پروتئین دانه (۱۸/٤۲ درصد) به مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اختصاص داشت. با این حال بین این تیمار و تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۳). بر اساس نتایج مطالعات جلیلیان و همکاران (۲۰۱۲) مصرف ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در تلفیق با کود اوره، درصد پروتئین آفتابگردان را نسبت به تیمار شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است. در واقع به علت نقش انکار ناپذیر نیتروژن در ساختمان پروتئین ها، مصرف توأم کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن با کود اوره سبب افزایش درصد پروتئین گردیده است. بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی بر گلرنگ نشان داد که استفاده از کودهای زیستی (ازتوباکتر) باعث افزایش درصد پروتئین گلرنگ می‌شود (شهرکی و همکاران ۲۰۱٦) که تایید کننده نتایج بدست آمده در این تحقیق می‌باشد.



شکل ۳- درصد پروتئین دانه گلرنگ در سطوح مختلف کودی

(F0: عدم کاربرد کود، F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F2: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۳۰ درصد کود شیمیایی، F3: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی). در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

عملکرد و شاخص برداشت پروتئین

اثر ساده سال به طور معنی‌داری عملکرد و شاخص برداشت پروتئین گلرنگ را در سطح احتمال ۱ درصد متاثر ساخت. سیستم‌های مختلف کشت و کود هم اثر معنی‌داری بر این دو صفت داشتند. شاخص برداشت پروتئین گلرنگ همچنین به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر متقابل سیستم کشت × کود و سال × کود قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت پروتئین گلرنگ (۱۱/٥٦ درصد) به سیستم کشت مخلوط ۱:۱ به همراه مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی مربوط بود که به لحاظ آماری اختلاف معنی-داری با مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نداشت (جدول ٤). همان‌طور که در جدول ٥ مشاهده می‌گردد عملکرد پروتئین گلرنگ در هر دو سال آزمایش با مصرف کودهای مختلف (بویژه کود تلفیقی) افزایش یافت که در این بین بیشترین عملکرد پروتئین به گیاهان تغذیه شده

با تلفیق کود زیستی بعلاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی در سال دوم آزمایش تعلق داشت. با توجه اینکه عملکرد پروتئین، از حاصل‌ضرب میزان پروتئین و عملکرد دانه بدست می‌آید، بنابراین به علت بالا بودن مقادیر این صفات در تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی (جدول ٥)، بیشتر بودن عملکرد پروتئین نیز دور از انتظار نیست. بالا بودن عملکرد پروتئین در سال دوم را می‌توان به بارندگی بیشتر و دمای پایین‌تر در سال ۱۳۹۵ نسبت به سال ۱۳۹٤ نسبت داد (شکل ۱). کرول و پازسکو (۲۰۱۷) دریافتند که بین پارامترهای آب و هوایی و میزان و عملکرد پروتئین ارتباط مستقیمی وجود دارد. در بین صفات مورد بررسی، عملکرد پروتئین گلرنگ بیشترین حساسیت را به ترکیب‌های مختلف کشت داشت و کشت مخلوط ۱:۱ با میانگین ۸۲۷/۵۷ کیلوگرم در هکتار از بیشترین عملکرد پروتئین برخوردار بود (جدول ۳). گزارشات توحیدی نژاد و همکاران (۲۰۰٤) نشان‌دهنده افزایش میزان کل پروتئین دانه آفتابگردان در کشت مخلوط با ذرت است. کاربرد تلفیقی کودهای زیستی به همراه کودهای شیمیایی در گیاهان روغنی مانند گلرنگ و آفتابگردان نیز سبب افزایش درصد و عملکرد پروتئین گردیده است (فرنیا و مویدی ۲۰۱٤؛ اکبری و همکاران ۲۰۱۱).

جدول ۵- مقایسه میانگین تعداد طبق در بوته، دانه در طبق، عملکرد دانه و پروتئین گلرنگ تحت تاثیر تیمار کودی مختلف در دو سال زراعی

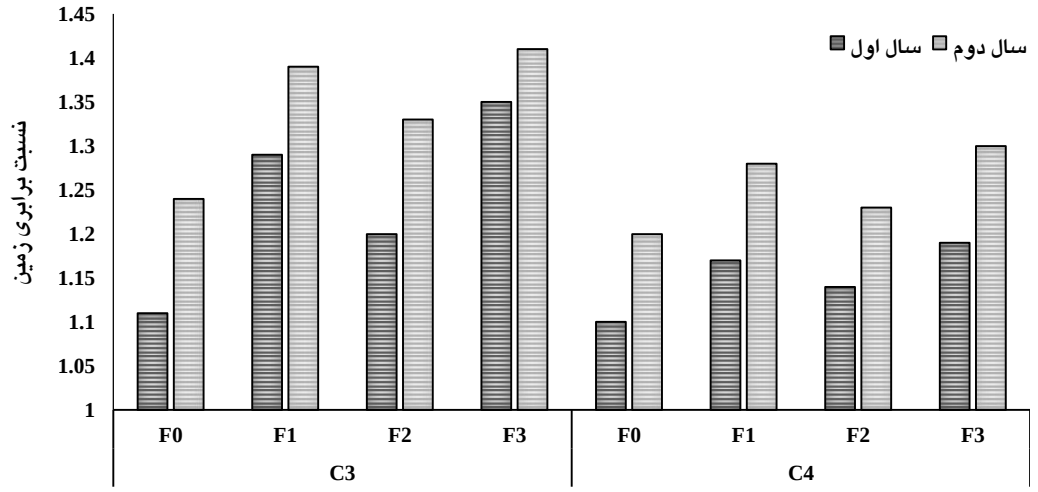
سال	کود	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در طبق	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
۱۳۹٤	F0	٥/۸۰e	۳۹/۹۹f	۱۹۹۷/۹۲f	٤۳۰/۱٥e
	F1	٦/۸٦cd	٤٦/۰۱d	۲۳۲٦/۹۱d	٦۱۱/۳٦c
	F2	٦/۱٦e	٤۱/۷۷e	۲۱٦٥/۰۲e	٥۰۹/۳۷d
	F3	۷/۲٤c	٤۷/٤۰cd	۲٤۲۳/٥۲c	٦۳٦/٤۸c
۱۳۹٥	F0	٦/٥۷d	٤۳/۰٥e	۲۳٥۸/۹۰d	٥۲۱/٦۱d
	F1	۸/٤٦b	٥۱/۷٦b	۲٦۱۸/۸۰b	۷٤٦/۷۲b
	F2	۷/۱۷c	٤۷/٥٥c	۲٤۷۰/٤۷c	٦۱۰/۹۰c
	F3	۹/۲٦a	٥۳/۹۳a	۲۷۳۳/۹٦a	۷۷۸/٦٦a

F0: عدم کاربرد کود، F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F2: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۳۰ درصد کود شیمیایی، F3: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی. در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

نسبت برابری زمین

شاخص نسبت برابری زمین در تمامی کشت‌های مخلوط در هر دو سال آزمایش بیشتر از یک بدست آمد. در تمامی تیمارهای کودی، میزان نسبت برابری زمین در سال دوم کشت بیشتر از سال اول بود. در هر دو سال زراعی، میزان نسبت برابری زمین در همه کشت‌های مخلوط در تیمار کودی مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی بیشتر از سایر تیمارهای کودی بدست آمد (شکل ٤). دلیل این امر می‌تواند وجود اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک دو گونه و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف و بهره‌برداری بهینه از منابع، تثبیت بیشتر نیتروژن در خاک توسط گیاه لگوم و بهبود شرایط محیطی برای جزء دیگر مخلوط و بهبود کارایی مصرف نور باشد (رضایی چیانه و همکاران ۲۰۱۱). نتایج مشابهی توسط جلیلیان و همکاران (۲۰۱۷) در کشت مخلوط گلرنگ-گاودانه گزارش شده است. دباغ

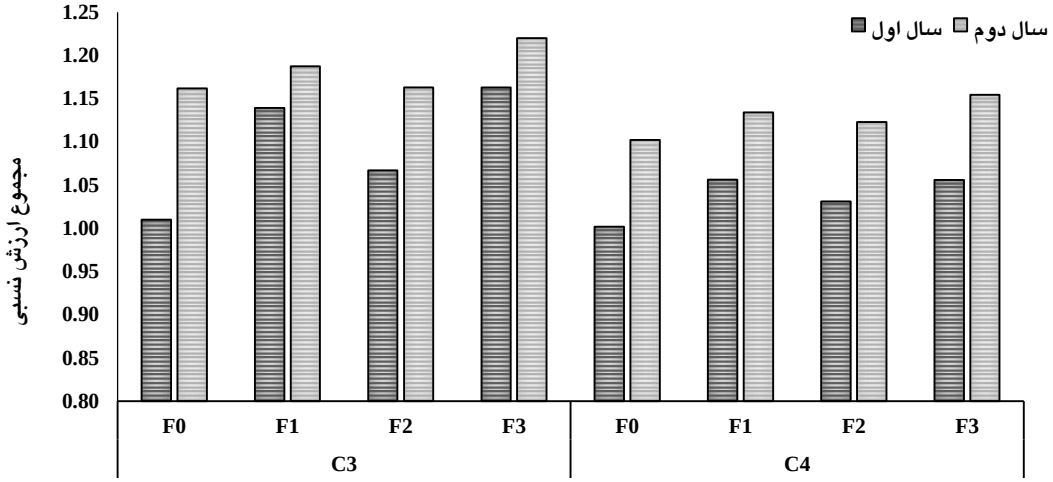
محمدی نسب و همکاران (۲۰۱۵) نیز با بررسی اثر کودهای زیستی و نیتروژنی در کشت مخلوط ذرت و لوبیا دریافتند که بیشترین نسبت برابری زمین و مجموع ارزش نسبی در کشت‌های مخلوط و در حضور کودهای زیستی بدست می‌آید. در کشت مخلوط زیره سبز و باقلا، بیشترین نسبت برابری زمین به الگوی کشت مخلوط ۱:۱ در سطوح کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و ورمی کمپوست مربوط بود (سخاوی و همکاران ۲۰۱۷).



شکل ۴- نسبت برابری زمین در سیستم‌های کشت مختلف تحت سطوح مختلف کودی در دو سال زراعی (C3: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۱:۱ و C4: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۲:۱، F0: عدم کاربرد کود، F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F2: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۳۰ درصد کود شیمیایی، F3: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی). در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

مجموع ارزش نسبی

بیشترین مجموع ارزش نسبی در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب با ۱/۱۶ و ۱/۲۲ به سیستم کشت مخلوط ۱:۱ گلرنگ- باقلا به همراه مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی تعلق داشت (شکل ۵). با توجه به اینکه مجموع ارزش نسبی بیانگر میزان درآمد حاصله از کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی می‌باشد، نتایج حاصل نشان می‌دهد که درآمد حاصل از کشت مخلوط نسبت به کشت خالص زیادتر بوده است که این افزایش در آمد در تیمار کشت مخلوط گلرنگ با باقلا ۱/۲۲ برابرکشت خالص در سال دوم بوده است. به نظر می‌رسد که میزان مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط به میزان سازگاری گیاه همراه با گیاه اصلی و البته قیمت و میزان عملکرد گیاه همراه در کشت مخلوط وابسته است که با توجه به نتیجه حاصل از این آزمایش، سازگاری مناسب بین گلرنگ با باقلا باعث این مزیت نسبی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی گردیده است. رضایی چیانه و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که در تمامی کشت‌های مخلوط ذرت- باقلا، مجموع ارزش نسبی بیشتر از یک می‌باشد و کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص سودمندی اقتصادی داشته است. به گزارش ایمران و همکاران (۲۰۱۱)، در کشت مخلوط آفتابگردان و ماش ارزش نسبی بیشتری در مقایسه با تک کشتی بدست آمده است. در تحقیق حاضر، در هر دو سال آزمایش در کلیه تیمارهای کشت مخلوط که در آنها از هیچ منبع کودی استفاده نشده بود، کمترین مقادیر مجموع ارزش نسبی بدست آمد (شکل ۵)، که نشان می‌دهد علاوه بر تیمارهای کشت مخلوط، نوع تغذیه گیاه نیز در افزایش مجموع ارزش نسبی موثر است.



شکل۵- مجموع ارزش نسبی در سیستم‌های کشت مخلوط تحت سطوح مختلف کودی در دو سال زراعی(C3: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۱:۱ و C4: کشت مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۲:۱، F0: عدم کاربرد کود، F1: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی، F2: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۳۰ درصد کود شیمیایی، F3: مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی). در هر ستون حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که سیستم کشت مخلوط و تیمار کودی به طور معنی‌داری اجزای عملکرد گلرنگ را تحت تاثیر قرار می‌دهد. همچنین مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی سبب افزایش عملکرد و میزان پروتئین دانه گلرنگ شد. ارزیابی شاخص‌های کشت مخلوط نشان داد که الگوی کشت مخلوط ۱:۱ به همراه مصرف تلفیقی کود زیستی بعلاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی بیشترین شاخص نسبت برابری زمین و مجموع ارزش نسبی را داشت. بدین ترتیب، براساس نتایج می‌توان عنوان کرد که مصرف تلفیقی کود زیستی به جای بخشی از کودهای شیمیایی در کشت مخلوط گلرنگ و باقلا علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم‌های کشاورزی و پایداری و ثبات تولید، می‌تواند مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی را نیز کاهش دهد.

منابع مورد استفاده

Abou-Khadrah SH, Mohamed AAE, Gerges NR Diab ZM. 2000. Response of four sunflower hybrids in low nitrogen fertilizer levels of phosphor in bio-fertilizer. Journal of Agricultural Research Tanta University, 28:105-118.

Akbari P, Ghalavand A, Modares Sanavy AM, Agha Alikhani M and Shoghi Kalkhoran AM. 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 Sciences, 5 (12):1570-1576.

Akmakc CIR, Donmez F, Aydin A and Ahin FS. 2006. Growth promotion of plants by plant growth promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biology and Biochemistry, 38:1482-1487.

Bagheri H, Andalibi B and Azimi-Moghaddam R. 2012. Effect of atrazine anti transpiration application on improving physiological traits, yield and yield components of safflower under rain fed condition. Journal of Crops Improvement, 14 (2): 1-16. (In Persian).

Banik P, Midya A, Sarkar BK and Ghose SS. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy, 24: 325-332.

Dabbagh Mohammadi Nassab A, Amini R and Tamari E. 2015. Evaluation of Maize (*Zea mays* L.) and three cultivars of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping with application of biofertilizers and chemical fertilizers. Agricultural Science and Sustainable Production, 25 (1): 99-113. (In Persian).

Farnia A and Moayedi M. 2014. Effect of Phosphate and Nitrogene Bio-fertilizers on yield, yield components, oil and protein in sunflower (*Helianthus annus* L.). Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 3(Spl Issue V): 110-117.

Fernandez-Moya V, Martinez-Force E and Garces R. 2005. Oils from improved high stearic acid sunflower seeds. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 5326-5330.

Jalilian J, Modarres-Sanavy S, Saberali SF and Sadat-Asilan K. 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research Journal, 127: 26–34.

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.

Imran M, Ali A, Waseem M, Tahir M, Ullah A, Mohsin Sh, Ghaffari A and Rehman H. 2011. Bio-economic assessment of sunflower-mung bean intercropping system at different planting geometry. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science, 1: 126–136.

Kopke U, Nemecek T, 2010. Ecological services of faba bean. Field Crops Research 115: 217-233.

Krol B and Paszko T. 2017. Harvest date as a factor affecting crop yield, oil content and fatty acid composition of the seeds of calendula (*Calendula officinalis* L.) cultivars. Industrial Crops and Products, 97: 242–251.

Mahfouz H and Migawer E A. 2004. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola. Egyptian Journal of Basic and Applied Science, 19(4): 84-101.

Malbubi A. 2007. Characteristic of Barvar-2 phosphorus biofertilizer. Technical publication Zist Fannavar Sabz Publications. Tehran, Iran. 104 pp.

Manaffee W F and Kloeppes J W. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil Biota Management in Sustainable Farming Systems, Pankburst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R., and Grace, P.R., eds. Pp: 23-31 CSIRO, Pub. East Melbourne, Australia.

Mirzaei A and Vazan S. 2013. Study the effect of drought stress chemical fertilizer and bio-fertilizer on seed yield and important agronomic of safflower. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6 (13): 968-974.

Moradi R, Rezvani Moghaddam P, Nassiri Mahallati M and Lakzian A. 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Journal of Iranian Field Crops Research, 7(2): 635-645. (In Persian).

Narula N, Kumar V, Behl R, Deubel A, Gransee A and Merbach W. 2000. Effect of p solubilizing (*Azotobacter chroococcum*) on N, P, K uptake in p- responsive wheat genotypes grown under greenhouse condition. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 163 (4): 393-398.

Naghizade M, Ramroodi M, Galavi M, Siahsar 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): 203-2015. (In Persian).

Ojaghloo F, Farahvash F, Hassan-Zadeh A and Pour-Yusef M. 2007. Effect of inoculation with Azotobacter and barvar phosphate biofertilizers on yield of safflower. Journal of Agricultural Sciences, 3: 25-30. (In Persian).

Raei Y, Bagheri Pirouz A, Shafagh Kolvanagh J, Nasrollahzadeh S and Aghaei Gharachorlou P. 2017. Effect of chemical and bio nitrogen fertilizer on yield and yield components of soybean under intercropping with maize. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 10 (1): 90-96.

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. Agricultural Science and Sustainable Production, 25 (1): 65-84. (In Persian).

Rezaei-Chianeh E, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Shakiba MR, Ghassemi-Golezani K and Aharizad S. 2011. Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) at different plant population densities. African Journal of Agricultural Research, 7: 1786-1793.

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

Sakhavi Sh, Amini R, Shakiba MR and Dabbagh Mohammadi-Nasab A. 2017. Advantage of Faba Bean and Cumin intercropping under organic, biological and chemical fertilizer treatments. Agricultural Science and Sustainable Production, 26 (4): 17-32. (In Persian).

Seyed Sharif 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.

Shahraki M, Dahmarede M, Khamari E and Asgharzade A. 2016. Effects of azotobacter, azospirillum, and levels of manure on quantitative and qualitative traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Agroecology Journal, 8 (1): 59-69. (In Persian).

Singh Rajesh K, Kumar H and Singh Amitesh K. 2010. Brassica based intercropping systems. A Review Agriculture Sciences, 31: 6-11.

Soleymanifard A and Siadat SA. 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of safflower under dry land conditions. American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 11: 473-477.

Sullivan, P. 2003. Applying the principle of sustainable farming. ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service, 16 pp.

Tohidy Nejad E, Mazaheri D and Koochehi A. 2004. Study of maize and sunflower intercropping. Pajouhesh VA Sazandgi, 64: 39-44. (In Persian).

Vandermeer J H. 1989. The ecology of intercropping. Cambridge University Press, UK.

Zafaranieh M. 2015. Effect of various combinations of safflower /chickpea intercropping on yield and yield components of safflower. Agriculture Science Developments, 4: 31–34.