به زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ٤ ■ زمستان ۱۳۹۷
صفحه‌های ۷۸٤-۷٦۹

تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن‌دار و فسفردار بر رشد، عملکرد و درصد اسیدهای چرب گلرنگ درکشت مخلوط با باقلا

محمودرضا سعیدی[1*]، یعقوب راعی[2]، روح‌اله امینی[3]، بهمن پاسبان اسلام[4]، عسل روحی سارالان[1]

۱. دانشجوی دکتری، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲. استاد، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳. دانشیار، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۴. دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۸

چکیده

این پژوهش با هدف مطالعه اثر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر خصوصیات رشدی، عملکرد و درصد اسیدهای چرب گیاه گلرنگ در کشت مخلوط با باقلا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز در دو سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹٤ و ۱۳۹٤-۱۳۹۵ انجام شد. تیمارهای کشت خالص گلرنگ، خالص باقلا و مخلوط گلرنگ و باقلا با نسبت ۱:۱ و ۲:۱ به‌عنوان عامل اول و مصرف کود در چهار سطح عدم کاربرد کود، کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (اوره+ سوپرفسفات تریپل)، مصرف تلفیقی ۳۰ و ٦۰ درصد کود شیمیایی به‌علاوه کودهای زیستی (ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲) به‌عنوان عامل دوم بودند. نتایج نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل برگ، ارتفاع و تعداد شاخه فرعی در بوته به الگوی کشت مخلوط ۱:۱ و مصرف تلفیقی ٦۰ درصد کود شیمیایی به‌علاوه کودهای زیستی تعلق داشت. همچنین کاربرد تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی، عملکرد دانه، درصد روغن (۳۳/۸۱ درصد) و اسیدهای چرب لینولئیک (۷٦/۹۷ درصد) و لینولنیک (۰/۳۲ درصد) را افزایش داد. بیشترین میزان نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط ۱:۱ به‌همراه مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی به‌میزان ۱/٤۱ حاصل شد. افت عملکرد واقعی کل در هر دو سال زراعی در همه کشت‌های مخلوط بزرگ‌تر از صفر به‌دست آمد که نشان می‌دهد الگوی کشت مخلوط نسبت به خالص نتیجه مثبتی بر عملکرد دانه داشت. در مجموع برای تولید گلرنگ با کمیت و کیفیت بهتر، کاربرد تلفیقی کودهای زیستی با شیمیایی در شرایط کشت مخلوط با باقلا، مناسب به‌نظر می‌رسد.

کلیدواژه‌ها: ازتوبارور ۱، اسید چرب لینولئیک، افت عملکرد واقعی، درصد روغن، فسفات بارور ۲، نسبت برابری زمین.

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

مقدمه

کشاورزی پایدار تلفیقی از دانش و مدیریت است که می‌تواند در بلندمدت از نظر بیولوژیکی، زیست محیطی و اقتصادی ارزش افزوده مطلوبی به‌همراه داشته باشد. یکی از راهکارهای حرکت به سمت کشاورزی پایدار، به‌کارگیری مخلوطی از گیاهان گونه‌های مختلف در زراعت می‌باشد (Strydhorst *et al*., 2008). کشت‌های مخلوط از طریق ایجاد تنوع زیستی و بهبود می‌توانند تا حدودی باعث ثبات شوند. هدف از کشت مخلوط در سیستم‌های زراعی، بهینه‌سازی استفاده از فضا، زمان و منابع محیطی در هر دو قسمت بالا و پایین خاک و افزایش تولید در واحد سطح می‌باشد (Nielsen *et al*., 2001).

کمیت و کیفیت گیاهان زراعی به‌خصوص دانه‌های روغنی تا حدود زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و عناصر غذایی قرار می‌گیرد. علاوه بر افزایش تولید ناشی از کاربرد کود، کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت محصولات نیز بایستی مدنظر قرار گیرد (Balogh *et al*., 2006). این عوامل باعث شده است که برای تأمین نیاز غذایی گیاهان به سمت مصرف کودهای غیرشیمیایی (آلی و زیستی) گرایش بیشتری صورت پذیرد. کودهای زیستی قادرند طی چندین فرایند زیستی، عناصر غذایی را از شکل غیرقابل استفاده به شکل قابل استفاده برای گیاه تبدیل کنند و کمبود نیاز غذایی گیاهان برای افزایش عملکرد را تا حد زیادی جبران نمایند (Aser *et al*., 2008). در پژوهشی کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد فسفر زیستی به‌علاوه ۵۰ درصد فسفر شیمیایی در کشت مخلوط ذرت و خلر باعث افزایش ۲۵ درصدی عملکرد خلر شد (Naghizade *et al*., 2012). همچنین نتایج پژوهشی روی گلرنگ نشان داد که تلقیح بذر با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم، عملکرد و اجزای عملکرد را به‌ترتیب ۳۵ و ۲۱ درصد افزایش داد (Soleymanifard & Siadat, 2011).

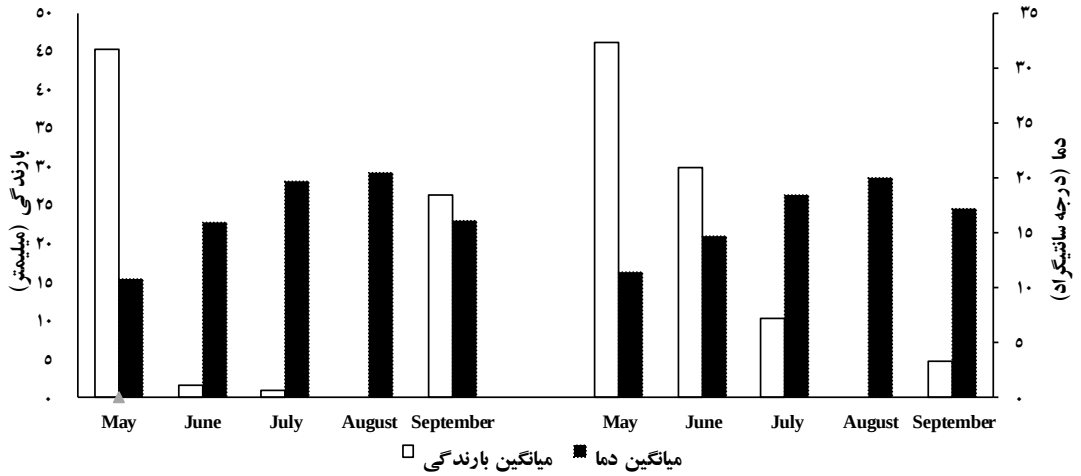
گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از قدیمی‌ترین دانه‌های روغنی دنیا می‌باشد که دانه آن دارای۲۰-۴۵ درصد روغن است. روغن گلرنگ به‌دلیل دارا بودن مقادیر کم اسیدهای چرب اشباع به‌عنوان روغن سالم مورد توجه است که برای مداوای گرفتگی رگ‌ها، کاهش کلسترول بد و افزایش کلسترول خوب ودرمان روماتیسم استفاده می‌شود (Velasco & Fernandez, 2001). به‌دلیل بالا بودن اسیدهای چرب غیراشباع در روغن دانه گلرنگ، می‌توان بیان کرد که این روغن نیز مانند روغن زیتون به‌عنوان روغنی سالم مورد توجه است و ارزش تغذیه‌ای زیادی برای سلامت انسان دارند (Knowles, 1989; Purdy, 1985). عوامل متعددی مانند رقم، آب و هوا، مورفولوژی، تراکم و کوددهی میزان عملکرد دانه، روغن و ترکیب اسیدهای چرب را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sabzalian *et al*., 2008). کشت مخلوط گلرنگ و نخود باعث افزایش عملکرد کل، استفاده حداکثری از منابع و بهبود بهره‌وری سیستم کشت می‌شود (Zafaranieh, 2015). پژوهش‌های بسیاری نشان 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 (Seyed Sharifi *et al*., 2017; Silva *et al*., 2013; Yang *et al*., 2017). هدف اصلی از این پژوهش ارزیابی عملکرد، میزان روغن و اسیدهای چرب دانه گلرنگ تحت تأثیر الگوی کشت و کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط آب‌وهوایی تبریز بود.

مواد و روش‌ها

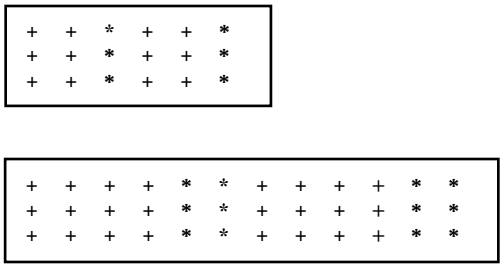
به‌منظور مطالعه اثر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اسیدهای چرب گیاه

گلرنگ درکشت مخلوط با باقلا آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه تبریز واقع در هشت کیلومتری شرق تبریز در اراضی کرکج (با ارتفاع ۱۳٦۰ متر از سطح دریای آزاد، طول جغرافیایی ٤٦ درجه و۱۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی) در بهار سال‌های زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹٤ و ۱۳۹٤-۱۳۹۵ اجرا گردید. نمودار تغییرات دما و بارندگی در شکل ۱ آمده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش فاکتور اول شامل الگوهای مختلف کشت به صورت کشت خالص باقلا و گلرنگ و کشت مخلوط جایگزینی نواری این دو گیاه با نسبت ۱:۱ و ۲:۱ (باقلا-گلرنگ) بر اساس معادل گیاهی، و فاکتور دوم سطوح مختلف مصرف کود شامل عدم کاربرد کود (شاهد)، کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (اوره+ سوپرفسفات تریپل)، مصرف تلفیقی ۳۰ و ٦۰ درصد کود شیمیایی به‌علاوه کودهای زیستی (ازتوبارور ۱ و فسفات بارور ۲) بودند. در تمامی تیمارها طول نوارهای کاشت چهار متر و فاصله دو پشته از هم۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. ابعاد کرت‌ها در تیمارهای مخلوط با نسبت ۱:۱ و ۲:۱ به‌ترتیب ۳×٤ و ٤×٦ متر مربع بود (شکل ۲). تراکم مطلوب برحسب رقم و منطقه برای گلرنگ (رقم گلدشت) و باقلا (رقم محلی) به‌ترتیب ٤۰ و۲۰ بوته در مترمربع تعیین شد. بذور باقلا قبل از کاشت جهت حفاظت در برابر بیماری‌ها توسط سم بنومیل ضد عفونی شدند.



شکل ۱. نمودار تغییرات دما و بارندگی در دو سال زراعی ۱۳۹٤ (چپ) و ۱۳۹۵ (راست).



شکل ۲. الگوهای کشت مخلوط اجرا شده در این آزمایش (+) نشان‌دهنده ردیف‌های گلرنگ و (*) نشان‌دهنده ردیف‌های باقلا.

کاشت گلرنگ و باقلا در اواسط اردیبهشت‌ماه به‌طور همزمان و با دست انجام گردید. بذور گلرنگ در عمق ۵-۳ سانتی‌متری و بذور باقلا در عمق ۷-۵ سانتی‌متری از سطح خاک قرار گرفتند. نخستین آبیاری بعد از اتمام کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط آب‌وهوایی منطقه و نیاز گلرنگ انجام گرفت. خاک محل آزمایش از نوع لوم شنی بود و نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی در جدول ۱ آمده است. کودهای شیمیایی اوره و سوپر فسفات تریپل به‌ترتیب به‌میزان ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار برای تیمار ۱۰۰ درصد شیمیایی مورد استفاده قرار گرفت. تمام کود فسفره به‌صورت نواری عمقی همزمان با بذرکاری مصرف شد، ولی کود اوره به‌صورت سرک در مراحل کاشت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی مورد استفاده قرار گرفت. کودهای زیستی ازتوبارور ۱ (حاوی باکتری‌های گونه ازتوباکتر وینلندی) و فسفات بارور ۲ (حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های باسیلوس لنتوس و سودوموناس پوتیدا) در زمان کاشت بر اساس روش پیشنهادی شرکت تولیدکننده (زیست‌فناور سبز)، به‌صورت بذرمال (به‌میزان ۱۰۰ گرم در هکتار) مورد استفاده قرار گرفتند. عملیات کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی و در هنگام لزوم انجام شد.

برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ از کلروفیل‌سنج (SPAD_502) استفاده شد، به‌طوری‌که از هر کرت ۱۰ بوته در مرحله گلدهی انتخاب و میزان کلروفیل برگ‌های پایینی، میانی و بالایی بوته اندازه‌گیری شد. عملکرد دانه با جداسازی دانه از بوته‌های برداشت‌شده و توزین آنها تعیین شد. زمان رسیدگی نیز در موقع قهوه‌ای شدن ۹۰ درصد طبق‌ها در گلرنگ (اواسط شهریور) و نیام‌ها در باقلا (اواخر مرداد) در نظر گرفته شد. پس از آسیاب نمودن بذرها، روغن‌گیری از نمونه‌ها از ۱۰ گرم بذر با استفاده از دستگاه سوکسله به‌مدت ٦ ساعت انجام شد و از دی اتیل اتر به‌عنوان حلال استفاده شد. جهت تعیین ترکیب اسیدهای چرب، آماده‌سازی نمونه به‌صورت مشتق متیل استر براساس استاندارد AOAC صورت گرفت و سپس از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل CP-3800 ساخت کمپانی واریان کشور هلند مجهز به آشکارساز FID و ستون CPsill-88 مطابق استاندارد AOCS (1993) استفاده شد و سپس نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در نمونه‌ها تعیین گردید. ارزیابی کشت مخلوط با شاخص‌های نسبت برابری زمین[1] و افت عملکرد واقعی[2] انجام گرفت و از رابطه‌های ۱ و ۲ محاسبه گردید (Banik, 1996; Vandermeer, 1989).

$$LER = (Yab / Yaa) + (Yba / Ybb) \quad (1)$$

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

جدول ۱. خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش

نیتروژن (درصد)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	اسیدیته	ماده آلی (درصد)
۰/۱۵	۲۹۰	۱٦	۱/۱	لوم شنی	۱۵	۲۰	٦۵	۷/٤	۰/۷٦

1. Land equivalent ratio (LER)
2. Actual Yield Loss (AYL)

$$AYL = AYLa + AYLb \quad (۲)$$

که در این رابطه AYLa و AYLb به‌ترتیب افت عملکرد واقعی جزئی گونه a و گونه b هستند که از رابطه‌های ۳ و ٤ محاسبه می‌شوند:

$$AYLa = [(Yab/Zab) / (Yaa/Zaa)]-1 \quad (۳)$$

$$AYLb = [(Yba/Zba) / (Ybb/Zbb)]-1 \quad (٤)$$

در این رابطه‌های Yab و Yaa به‌ترتیب عملکرد گونه a در کشت مخلوط و خالص، Zab و Zaa به‌ترتیب نسبت گونه a در کشت مخلوط و خالص، Yba و Ybb به‌ترتیب عملکرد گونه b در کشت مخلوط و خالص، Zba و Zbb به‌ترتیب نسبت گونه b در کشت مخلوط و خالص. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری MSTAT-C (نسخه ٦٤ بیتی) صورت گرفت. میانگین‌ها توسط آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل برگ

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها حاکی از تأثیر معنی‌دار سال، الگوهای کشت، کود و اثر متقابل الگوی کشت× کود بر کلروفیل‌برگ گلرنگ در سطح‌احتمال ۱درصد بود (جدول۲).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که شاخص کلروفیل در سال دوم آزمایش نسبت به سال اول از میانگین بیشتری برخوردار بود (جدول ۳). این اختلاف می‌تواند ناشی از تأثیر عوامل مختلف محیطی از قبیل دما، میزان رطوبت نسبی و میزان تابش خورشیدی و همچنین میزان ارتفاع و شاخص سطح برگ باشد. در سال دوم آزمایش به‌دلیل بیشتر بودن بارندگی و پایین‌تر بودن دما (شکل ۱)، ارتفاع و تعداد برگ در بوته‌ها بیشتر بوده و در نتیجه میزان سایه‌اندازی نیز بیشتر بود. بنابراین گیاه در چنین شرایطی برای اخذ هر چه بیشتر نور جهت تولید مواد فتوسنتزی، میزان کلروفیل را افزایش می‌دهد.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب (دو سال) صفات رشدی و عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر کشت مخلوط با باقلا و سطوح کودی طی سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		شاخص کلروفیل برگ	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	عملکرد دانه
سال	۱	٦۷۵/٤٦**	۳۵۱/۸۳**	۰/۱٤۵**	۱۸۱۰۹٦۱/۲**
تکرار (سال)	٤	۲۳/۳۵	۳۰/۵۰	۰/۰۱۰	۵۱۱۹/۳٦
الگوی کشت	۲	۱۸۷/۱۸**	۱٤۷/۲٤**	۰/٤۹۰**	۱۷٦۰٦۷۳/٤**
کود	۳	٤۲٤/۱٤**	۵٦۹/٤۷**	۰/۱٤۳**	۵۵٤٦٦۰/۰۳**
الگوی کشت × کود	٦	٤/٤۲**	۵/٤۵**	۰/۰۰۲	۱۸۷۹۳/۱۰**
سال × الگوی کشت	۲	۳/۳۵ns	۰/۹۰٦ ns	۰/۰۰۷ ns	۲۲۲۸/۰٤ ns
سال × کود	۳	٤/۰۷ ns	۱۱/۰٦**	۰/۰۰۳ ns	٤۱۱۲/۸۳*
سال × الگوی کشت × کود	٦	۲/۸۰ ns	۰/۱۹٤ ns	۰/۰۰۵ ns	۱۱۵۳/۱۳ ns
اشتباه آزمایشی	٤٤	۱/٦۳	۰/٤٤۰	۰/۰۰۲	۱۰۲۵/٦۸
ضریب تغییرات (درصد)	–	۳/۲۵	۱۰/۰۰	۵/٤۲	۳/۳٤

†. ns و **: نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

همچنین الگوی کشت مخلوط ۱:۱ به‌همراه مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی بیشترین میزان محتوای کلروفیل برگ گلرنگ را به‌دست آورد (جدول ٤). احتمالاً دلیل افزایش میزان کلروفیل در کشت مخلوط، افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر می‌باشد. به‌عبارت دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولید فتوآسمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد. این نتایج با نتایج سایر پژوهش‌گران مطابقت دارد (Ghosh, 2004; Lin *et al*., 2007). از سویی در تحقیق دیگری بر روی ذرت مشخص شد که تلقیح باکتری به تنهایی و همچنین به‌صورت توأم با کود نیتروژنه باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل برگ ذرت گردید (Mirshekari *et al*., 2009).

جدول ۳. مقایسه میانگین کلروفیل برگ و تعداد شاخه فرعی گلرنگ تحت تأثیر کود و سال

عامل	سطح	شاخص کلروفیل برگ	تعداد شاخه فرعی
سال	۱۳۹٤	٤٤/۲۷b	۷/۲۳b
	۱۳۹۵	٤۸/٤۲a	۸/۹۹a
کود	شاهد	٤۱/۰۲d	٦/۵۵b
	۱۰۰٪ شیمیایی	٤۸/۵۱b	۸/۸۷a
	۳۰٪ شیمیایی+ زیستی	٤۳/۸۹c	٦/۹۰b
	٦۰٪ شیمیایی+ زیستی	۵۱/۰۸a	۱۰/۰۹a

†: میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و برای هر جز در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

جدول ٤. مقایسه میانگین کلروفیل برگ، ارتفاع بوته و عملکرد دانه گلرنگ در کشت مخلوط با باقلا تحت تأثیر سطوح کودی

الگوی کشت	کود	شاخص کلروفیل برگ	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
خالص	شاهد	٤۰/۳٤h	۵۷/۸۵i	۲۵۰۵/۷۳d
	۱۰۰٪ شیمیایی	٤۳/۸۰f	٦٦/۷٤f	۲٦۸۹/۷۰b
	۳۰٪ شیمیایی+ زیستی	٤۱/۸٤g	٦۳/۲۵g	۲۵۸۰/۵۳c
	٦۰٪ شیمیایی+ زیستی	٤۵/۱۱e	٦۸/۷۷de	۲۷۹۲/۹۲a
مخلوط ۱:۱	شاهد	٤۵/۳٦e	٦۰/۲۰h	۱۸۱٦/۰۸g
	۱۰۰٪ شیمیایی	۵۱/۲۲b	۷۲/۸٦b	۲۲۳۰/۱۰e
	۳۰٪ شیمیایی+ زیستی	٤۸/۷۱d	٦۸/۱۱e	۲۰۲۲/۳۵f
	٦۰٪ شیمیایی+ زیستی	۵۲/۱٦a	۷۵/۲۵a	۲۳٤۲/۷۵e
مخلوط ۲:۱	شاهد	٤۳/٤۱f	۵۹/۲۱h	۱٤۷۵/٦۱i
	۱۰۰٪ شیمیایی	٤۷/۷۷d	٦۹/۵۹d	۱٦٦۵/۸۵h
	۳۰٪ شیمیایی+ زیستی	٤٦/۰٦e	٦۵/۹۹f	۱۵٦٦/۹۰hi
	٦۰٪ شیمیایی+ زیستی	۵۰/۳۵c	۷۱/٦۵c	۱۷۳۳/۷۰gh

†: میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و برای هر جز در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

ارتفاع بوته

تأثیر سال، الگوی کشت و کود و همچنین اثر متقابل الگوی کشت× کود و سال× کود بر ارتفاع بوته گلرنگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین مقدار ارتفاع بوته متعلق به الگوی کشت مخلوط ۱:۱ به‌همراه مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی بود (جدول ٤). افزایش ارتفاع بوته ذرت در کشت مخلوط ذرت- باقلا (Rezaei chianeh *et al*., 2011) و در کشت مخلوط آفتابگردان- لوبیا چیتی (Nasrollahzadeh Asl *et al*., 2012a) گزارش شد. این افزایش ارتفاع بوته در کشت‌های مخلوط را می‌توان به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داد. همچنین بیشترین ارتفاع بوته گلرنگ در سال دوم در تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦۰ درصد کود شیمیایی به‌دست آمد (جدول ۵). میانگین دمای ماهانه در طول فصل رشد در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم بود، بدین سبب رشد رویشی در سال دوم، تحت تأثیر شرایط اقلیمی مطلوب‌تر، بیشتر از سال اول زراعی بود. نتایج بررسی تیمارهای تغذیه تلفیقی حاکی از بیشتر بودن ارتفاع آفتابگردان (با میانگین ١٦٦/۵ سانتی‌متر) در سیستم تغذیه تلفیقی (۵۰ درصد کود زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی) می‌باشد (Akbari *et al*., 2009). احتمالاً تلقیح بذور با کودهای زیستی سبب افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی گردیده و همین مسئله سبب بهبود رشد رویشی گیاه و افزایش ارتفاع بوته‌ها می‌شود (Skiner *et al*., 1987).

تعداد شاخه فرعی

اثر سال، الگوی کشت و کود بر تعداد شاخه فرعی گلرنگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). طبق جدول ۳، در سال دوم آزمایش تعداد شاخه فرعی نسبت به سال اول بیشتر بود. به‌نظر می‌رسد دلیل این امر، دمای مناسب برای رشد گلرنگ در سال دوم آزمایش باشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که الگوی کشت مخلوط ۱:۱ دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی بود (جدول٦). همچنین طی مطالعه‌ای نشان داده شد که در کشت مخلوط گلرنگ و شنبلیله، بیشترین تعداد شاخه فرعی گلرنگ متعلق به الگوی کشت مخلوط جایگزینی بود (Abdelkader & Hamad, 2015). در کشت مخلوط ۱:۱ در مقایسه با ۲:۱ به‌دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و اختصاص فضای بیشتر برای رشد گیاه، تعداد شاخه فرعی افزایش می‌یابد (Nasrollahzadeh Asl *et al*., 2012b).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و کود بر ارتفاع بوته و عملکرد دانه گلرنگ

سال	کود	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
١٣٩٤	شاهد	۵۸/۰۲g	١٩٩٧/٩٢f
	١٠٠٪ شیمیایی	٦٧/١٤d	٢٣٢٦/٩١d
	٣٠٪ شیمیایی+ زیستی	٦٢/٩٩e	٢١٦۵/٠٢e
	٦٠٪ شیمیایی+ زیستی	٦٩/۵٠c	٢٤٢٣/۵٢c
١٣٩۵	شاهد	٦٠/١۵f	٢٣۵٨/٩٠d
	١٠٠٪ شیمیایی	٧٢/٣٢b	٢٦١٨/٨٠b
	٣٠٪ شیمیایی+ زیستی	٦٨/۵٩c	٢٤٧٠/٤٧c
	٦٠٪ شیمیایی+ زیستی	٧٤/٢٨a	٢٧٣٣/٩٦a

†: میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و برای هر جز در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

جدول ٦. تعداد شاخه فرعی گلرنگ در سیستم‌های مختلف کشت مخلوط با باقلا

عامل	سطح	تعداد شاخه فرعی
الگوی کشت	خالص	٥/٧١b
	مخلوط ١:١	١٠/٩٩a
	مخلوط ٢:١	٧/٦١c

†: میانگین‌های دارای حروف یکسان در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین، مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی باعث ایجاد بیشترین تعداد شاخه فرعی شد که تفاوت معنی‌اری با مصرف ١٠٠ درصد کود شیمیایی نداشت (جدول ٣). همچنین در گیاه گلرنگ تلقیح با کود زیستی ازتوباکتر و فسفات بارور باعث افزایش تعداد شاخه فرعی گردید. به‌نظر می‌رسد که در شرایط همزیستی گیاه با میکروارگانیسم‌های داخل خاک از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد و مواد فعال بیولوژیکی، سبب افزایش در رشد رویشی گیاه و به تبع آن تعداد شاخه فرعی می‌گردد (Ojaghloo *et al.*, 2007).

عملکرد دانه

بین دو سال زراعی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تأثیر الگوی کشت و سطوح کودی و نیز اثر متقابل الگوی کشت × کود بر عملکرد دانه در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول ٢). نتایج جدول ٤ نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از کشت خالص گلرنگ به‌همراه مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. نتایج مشابهی مبنی بر بالا بودن عملکرد دانه در کشت خالص نسبت به مخلوط در کشت‌های مخلوط سویا- آفتابگردان و سویا- سورگوم توسط پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش شده است (Fuente *et al.*, 2014; Layek *et al.*, 2015). در کشت خالص گلرنگ چون فقط رقابت درون‌گونه‌ای حاکم است، عملکرد اقتصادی خیلی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد، ولی در کشت مخلوط به‌علت کاهش تعداد بوته در هکتار و وجود رقابت برون گونه‌ای باعث کاهش عملکرد نسبت به کشت خالص شده است.

کاربرد کودهای زیستی همراه با مقادیر کمتری از کودهای شیمیایی توصیه شده به‌دلیل افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، موجب رشد گیاه و در نهایت افزایش عملکرد دانه می‌گردد (Uhart & Andrade, 1995). در پژوهشی که بر روی گلرنگ انجام گرفت، مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه در تلقیح بذور با باکتری سودوموناس پوتیدا همراه با کاربرد ١٨٠ کیلوگرم اوره به‌دست آمد (Seyed Sharifi *et al.*, 2017). مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی در سال دوم آزمایش، بیشترین میزان عملکرد دانه را در مقایسه با سایر تیمارها به‌دست آورد (جدول ٥). به‌نظر می‌رسد بیشتر بودن میزان ارتفاع و تعداد شاخه فرعی گلرنگ در سال دوم باعث افزایش معنی‌دار عملکرد نسبت به سال اول گردید.

درصد روغن و اسیدهای چرب دانه گلرنگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها برای دو سال نشان داد که درصد روغن و اسیدهای چرب دانه گلرنگ به‌غیر از اسید استئاریک در سطح احتمال ١ درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سال و کود قرار گرفت، ولی هیچ‌کدام از اثرهای متقابل تیمارهای مورد بررسی بر این صفات معنی‌دار نگردید (جدول ٧).

در سال دوم آزمایش درصد روغن دانه گلرنگ بیشتر از سال اول بود که میزان اختلاف دو سال به ٢/٥ درصد رسید (جدول ٨). به‌نظر می‌رسد که در سال اول آزمایش، دمای بالا در مرحله ذخیره و تجمع روغن در دانه‌ها باعث تسریع در پر شدن دانه‌ها شده و منجر به تولید بذوری با

کیفیت پایین و میزان روغن کمتر شده است که این نتایج مطابق با یافته‌های سایر پژوهش‌گران می‌باشد که حاکی از کاهش میزان روغن دانه آفتابگردان در دماهای بالاتر می‌باشد (Fernandez-Moya *et al.*, 2005; Flagella *et al.*, 2002). همان‌طورکه در جدول ۸ مشاهده می‌گردد، بیشترین درصد روغن دانه به گیاهان تغذیه‌شده با مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی تعلق داشت، هرچند بین این تیمار و تیمار کود ۱۰۰ درصد شیمیایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. پژوهش‌گران دیگر گزارش کردند تلقیح بذر با کودهای زیستی، سبب افزایش میزان روغن گلرنگ گردید (Mirzakhani *et al.*, 2009; Raei *et al.*, 2015) که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

جدول ۷. نتایج تجزیه واریانس مرکب درصد روغن و اسیدهای چرب دانه گلرنگ تحت تأثیر کشت مخلوط با باقلا و سطوح کودی طی سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		اسید پالمتیک	اسید استئاریک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	درصد روغن
سال	۱	۰/۷۳۱**	۰/۰۰۸^{ns}	۱۳/٤٥**	۲۳۰/٦۲**	۰/۰۱۸**	۱۱۷/٦۸**
تکرار (سال)	٤	۰/۰۸۸	۰/۰۰٦	۱/۲۳۱	۱/۱۳۷	۰/۰۰۰۹	۷/۱۱
الگوی کشت	۲	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۰/۱۱۹^{ns}	۰/۸۰^{ns}	۰/۰۰۱۲^{ns}	۰/۰۲۹^{ns}
کود	۳	۹/٤۸**	۰/۰۰٤^{ns}	۸۷/۲۱**	۱٤۳/٤۰**	۰/۰۲۱٤**	۱٦٥/۷٥**
الگوی کشت × کود	٦	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰٤۰^{ns}	۰/۰۳۷^{ns}	۰/۸٥۸^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۸۳^{ns}
سال × الگوی کشت	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۳۰٥^{ns}	۰/٥٦٦^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۱۳۰^{ns}
سال × کود	۳	۰/۰۱۰^{ns}	۰/۰٤۳^{ns}	۰/٥۷٤^{ns}	۱/۰۳۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۳۲۰^{ns}
سال × الگوی کشت × کود	٦	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۰٥٥^{ns}	۰/٤۹۸^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۱۷^{ns}
اشتباه آزمایشی	٤٤	۰/۰۹۲	۰/۰۹۰	۰/۷۸۰	۲/۳۲٥	۰/۰۰۰٤	۰/۲۰۷
ضریب تغییرات (درصد)	–	٥/۰٥	۱۰/۳	۷/۹٥	۲/۱۰	۷/۰۱	۱/٤٦

†. ns و **: نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار و وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

جدول ۸ . مقایسه میانگین درصد روغن و اسیدهای چرب دانه گلرنگ تحت تأثیر کود و سال

عامل	سطح	اسید پالمتیک (درصد)	اسید استئاریک (درصد)	اسید اولئیک (درصد)	اسید لینولئیک (درصد)	اسید لینولنیک (درصد)	روغن دانه (درصد)
سال	۱۳۹٤	۸/۳٦a	۲/٤٥a	۱۱/٦۸b	۷٥/٤٥b	۰/۲٦۷b	۲۹/۹٤b
	۱۳۹٥	٦/٤۸b	۲/٤۳a	۱۲/۸٤a	۷٦/۳۳a	۰/۳۱۱a	۳۲/٤۹a
کود	شاهد	۸/۹۸a	۲/٤٦a	۱۱/۹٥c	۷٤/۸۱c	۰/۲٤۸c	۲۷/۷۹c
	۱۰۰٪ شیمیایی	٦/۹۲c	۲/٤٤a	۱۲/٦٥b	۷٦/٦۹a	۰/۳۰٦a	۳۳/۷۳a
	۳۰٪ شیمیایی+ زیستی	۸/۳۱b	۲/٤٥a	۱۱/۸۲c	۷٥/٦۹b	۰/۲٦۰b	۲۹/٥٤b
	٦۰٪ شیمیایی+ زیستی	٦/۰۱d	۲/٤۳a	۱۳/۱۳a	۷٦/۹۷a	۰/۳۱۸a	۳۳/۸۱a

†: میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون و برای هر جز در سطح پنج درصد، اختلاف معنی‌دار با هم ندارند.

به‌نظر 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 حل‌کننده فسفات نیز می‌توانند فسفر قابل دسترس در خاک را به‌وسیله هیدرولیز فسفر از ترکیب‌های غیرآلی به‌علت اسیدی کردن خاک و یا تراوش آنزیم‌های فسفاتاز افزایش دهند (Cakmakc *et al*., 2006). بنابراین به‌نظر می‌رسد افزایش غلظت فسفر از طریق افزایش اجزای عملکرد موجب افزایش عملکرد دانه و درصد روغن شده است.

مهم‌ترین ترکیب اسیدهای چرب در روغن دانه گلرنگ شامل اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک (C18:1)، لینولئیک (C18:2)، لینولنیک (C18:3) و اسیدهای چرب اشباع پالمتیک (C16:0) و استئاریک (C18:0) است (Soleymanifard & Siadat, 2011). بیشترین مقادیر اسیدهای چرب لینولئیک (۷۶/۹۷– ۷۶/۶۹ درصد) و لینولنیک (۰/۳۲–۰/۳۱ درصد) به‌ترتیب در تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود نداشت (جدول ۸). این مقادیر مشابه مقادیر به‌دست‌آمده توسط سایر پژوهش‌گران در روغن گلرنگ است (Arslan, 2007). بنابراین کاربرد کودهای زیستی به‌جای بخشی از کودهای شیمیایی نه تنها به‌طور معنی‌داری میزان اسید لینولئیک (اسید چرب مطلوب در تغذیه انسان) را افزایش داد، بلکه می‌تواند اثرات جانبی نامناسب بر روی محیط زیست را نیز کاهش دهد. احتمالاً افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی و جذب بیشتر آنها توسط گیاه و در نتیجه افزایش فتوسنتز و رشد گیاه از عوامل افزایش صفات کیفی و کمی در سیستم‌های تغذیه تلفیقی می‌باشد (Uhart & Andrade, 1995).

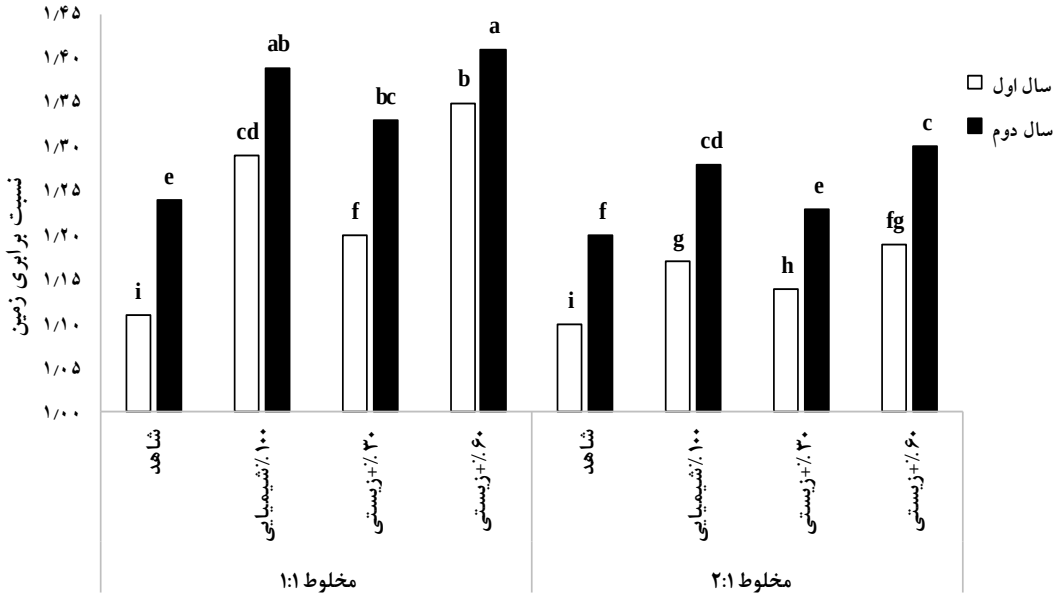
بالاترین میزان اسید اولئیک (۱۳/۱۳ درصد) نیز از مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی به‌دست آمد. از سوی دیگر، بالاترین و پایین‌ترین میزان اسید چرب اشباع پالمتیک به‌ترتیب در تیمار عدم مصرف کود و مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی مشاهده شد (جدول ۸). تلقیح بذور سویا و گلرنگ با کودهای زیستی کیفیت روغن دانه را از طریق افزایش اسیدهای چرب غیراشباع و کاهش اسیدهای چرب اشباع بهبود داد (Seyed Sharifi *et al*., 2017; Silva *et al*., 2013). براساس نتایج مقایسه میانگین، اسیدهای چرب اشباع در سال دوم نسبت به سال اول آزمایش کاهش یافتند، درحالی‌که اسیدهای چرب غیراشباع افزایش نشان دادند (جدول ۸). تغییرات دمایی در طول فصل رشد می‌تواند بر روی ترکیب اسیدهای چرب تأثیرگذار باشد (Lajara *et al*., 1990). به‌نظر می‌رسد مطلوب بودن شرایط آب‌وهوایی در سال دوم آزمایش باعث افزایش اسیدهای چرب غیراشباع شده است. همچنین، پژوهش‌گران دیگری نیز تأثیر دمای بالا در مرحله رسیدگی را بر کاهش میزان اسید لینولئیک (اسید چرب غیراشباع) گزارش کرده‌اند (Cosge *et al*., 2007; Omidi *et al*., 2008).

شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

در بین شاخص‌های مختلف ارزیابی اثر رقابتی در کارایی کشت مخلوط، نسبت برابری زمین به‌عنوان شاخص ارزیابی زراعی به‌کار می‌رود. بیشترین میزان نسبت برابری زمین از الگوی کشت مخلوط ۱:۱ گلرنگ– باقلا به‌همراه مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی در سال دوم (۱/۴۱) و کمترین مقدار آن از

الگوی کشت مخلوط ۲:۱ و عدم کاربرد کود در سال اول (۱/۱) حاصل شد که بیانگر کارایی بیشتر کشت‌های مخلوط (٤١-١ درصد) نسبت به کشت خالص می‌باشد (شکل ۳). این نتایج اثر مثبت کودهای زیستی در افزایش میزان نسبت برابری زمین را نشان می‌دهد. در آزمایشی نشان داده شد که کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم بلبلی باعث افزایش نسبت برابری زمین بین ١/٤٥ تا ١/٥٤ شد (Chimonyo *et al.*, 2016). افزایش نسبت برابری زمین به‌میزان ۱/۷۵ نیز در کشت مخلوط آفتابگردان و ماش گزارش شد (Imran *et al.*, 2011). در آزمایش دیگری نیز مشخص گردید که کشت مخلوط گلرنگ و شنبلیله از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده کرد (Abdelkader & Hamad, 2015).

شاخص افت عملکرد واقعی نشان‌دهنده کاهش یا افزایش عملکرد مخلوط نسبت به کشت خالص می‌باشد. از افت عملکرد واقعی جزئی نیز می‌توان میزان کاهش یا افزایش عملکرد هر جز را نسبت به کشت خالص آن جز به‌دست آورد، درصورتی‌که نسبت برابری زمین جزئی چنین قابلیتی را ندارد (Dwomon & Quainoo, 2012). در این آزمایش میزان افت عملکرد واقعی جز گلرنگ (AYLs) در الگوی کشت مخلوط ۱:۱ بزرگ‌تر از صفر به‌دست آمد که نشان‌دهنده تأثیر مثبت کشت مخلوط ۱:۱ بر عملکرد کل گلرنگ می‌باشد، یعنی الگوی کشت مخلوط ۲:۱، عملکرد گلرنگ را در اثر رقابت برون گونه‌ای نسبت به کشت خالص آن کاهش داده است. در سال زراعی اول در تمامی ترکیب‌های تیماری، میزان افت عملکرد واقعی گلرنگ نسبت به سال دوم زراعی کاهش یافته است، این بدین معنی است که گلرنگ در سال اول به اندازه سال دوم آزمایش از اثر مساعدتی باقلا در کشت‌های مخلوط برخوردار نبوده است. بیشترین افزایش عملکرد واقعی جز گلرنگ نسبت به کشت خالص در هر دو سال مربوط به الگوی کشت مخلوط ۱:۱ گلرنگ-باقلا به‌همراه مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ٦٠ درصد کود شیمیایی بود (جدول ۹).



شکل ۳. اثر سطوح کودی و الگوی کشت بر نسبت برابری زمین در کشت مخلوط گلرنگ و باقلا در دو سال زراعی

جدول ۹. افت عملکرد واقعی کل (AYL) و جزئی (AYL_s) گلرنگ در الگوهای کشت مخلوط تحت سطوح مختلف کودی در دو سال زراعی

		مخلوط ۱:۱			مخلوط ۲:۱		
		شاهد	۱۰۰٪ شیمیایی	۳۰٪ شیمیایی+ زیستی	۶۰٪ شیمیایی+ زیستی	شاهد	۱۰۰٪ شیمیایی	۳۰٪ شیمیایی+ زیستی	۶۰٪ شیمیایی+ زیستی
۱۳۹۴	AYL_s	۰/۴۱	۰/۶۴	۰/۵۲	۰/۶۷	-۰/۱۴	-۰/۰۹	-۰/۱۱	-۰/۰۸
	AYL	۰/۲۰	۰/۵۹	۰/۴۰	۰/۶۹	۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۵۳	۰/۶۶
۱۳۹۵	AYL_s	۰/۴۹	۰/۶۷	۰/۶۱	۰/۶۸	-۰/۱۰	-۰/۰۶	-۰/۰۸	-۰/۰۷
	AYL	۰/۵۰	۰/۷۸	۰/۶۶	۰/۸۳	۰/۷۰	۰/۹۰	۰/۷۸	۰/۹۸

در هر دو سال زراعی افت عملکرد واقعی کل در همه کشت‌های مخلوط بزرگ‌تر از صفر به‌دست آمد که نشان می‌دهد الگوهای کشت مخلوط نتیجه مثبتی بر عملکرد دانه نسبت به کشت‌های خالص داشتند (جدول ۹). همچنین بیانگر سودمندی کشت مخلوط در استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت بین‌گونه‌ای و درون‌گونه‌ای است (Maffei & Mucciarelli, 2003). محاسبه افت واقعی عملکرد در کشت‌های مخلوط ذرت- آفتابگردان و سویا- ارزن نشان داد که هیچ‌یک از ترکیب‌های کشت مخلوط مورد بررسی افت واقعی عملکرد نداشتند (Ahmadvand & Hajinia, 2015; Dabbagh Mohammadi Nassab *et al.*, 2011). اصل تولید مساعدتی ضمن همراهی با اصل تولید رقابتی وقتی مطرح است که گیاهان زراعی محیط‌های یکدیگر را در جهت مثبت تغییر دهند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط گلرنگ- باقلا دارای اصل تولید مساعدتی است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل از این پژوهش مشخص شد که الگوی کشت مخلوط ۱:۱ و تیمار مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی سبب افزایش خصوصیات رشدی گیاه گلرنگ گردیدند. مقادیر اسید چرب لینولئیک (غیراشباع) با کاربرد تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی به‌میزان ۲/۱۶ درصد افزایش یافت درحالی‌که اسید چرب پالمتیک (اشباع) با کاربرد این تیمار کودی به‌میزان ۲/۹۷ درصد کاهش یافت. با وجود این‌که بیشترین عملکرد (۲۷۹۲/۹۲ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص گلرنگ دیده شد اما الگوی کشت مخلوط ۱:۱ به‌همراه مصرف تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی بیشترین شاخص نسبت برابری زمین (۱/۴۱) را داشت که معادل ۴۱ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود. همچنین هیچ‌یک از الگوهای کشت مخلوط در هر دو سال زراعی افت عملکرد نداشت، به‌طوری‌که در همه تیمارها مقادیر افت عملکرد واقعی کل مثبت بود. بنابراین، ارزیابی شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط به‌خوبی مزیت کشت مخلوط گلرنگ با باقلا در شرایط کاهش مصرف نهاده شیمیایی و در نتیجه تحقق اهداف کشاورزی پایدار را تشریح می‌نماید، به‌طوری‌که بیشترین سودمندی زراعی با کاربرد تلفیقی کود زیستی به‌علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی در الگوی کشت مخلوط ۱:۱ گلرنگ- باقلا حاصل گردید که جز سیستم‌های مناسب برای کشت دو گونه می‌باشد.

منابع

1. Abdelkader, M. A. I. & Hamad, E. H. A. (2015). Evaluation of productivity and competition indices of safflower and fenugreek as affected by intercropping pattern and foliar fertilization rate. *Middle East Journal of Agriculture Research*, *4*(4): 956-966.
2. Ahmadvand, G. & Hajinia, S. (2015). Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of Soybean (*Glycine max* L.) and Millet (*Panicum miliaceum* L.). *Agroecology*, *7*(4): 485-498. (In Persian).
3. Akbari, P., Ghalavand, A. & Modarres Sanavy, S. A. M. (2009). Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Crop Production*, *2*(3): 119-134. (In Persian).
4. AOCS. (1993) Official methods and recommended practices. The American Oil Chemists Society Champaign.
5. Arslan, B. (2007). The determination of oil content and fatty acid composition of domestic and exotic safflower genotypes and their relationship. *Journal of Agronomy*, *6*: 415-420.
6. Aseretal, G. K. (2008). Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, and metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.). *Bioresource Technology*, *97*(6): 98-109.
7. Balogh, A., Pepo, P. & Hornok, M. (2006). Interactions of crop year, fertilization and variety in winter Wheat management. *Cereal Research Communications*, *34*(1): 389-392.
8. Banik, P. (1996). Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) and legume. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *176*: 289- 294.
9. Cakmakc, C. I. R., Donmez, F., Aydin, A. & Sahin, F. S. (2006). Growth promotion of plants by plant growth promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, *38*:1482-1487.
10. Chimonyo, V. G. P., Modi, A. T. & Mabhaudhi, T. (2016). Water use and productivity of a sorghum-cowpea-bottle gourd intercrop system. *Agricultural Water Management*, *165*: 82-96.
11. Cosge, B., Gurbuz, B. & Kiralan, M. (2007). Oil content and fatty acid composition of some Safflower varieties sown in spring and winter. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, *1*: 11-15.
12. Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Amon, T. & Kaul, H. P. (2011). Competition and yield in intercrops of maize and sunflower for biogas. *Industrial Crops and Products*, *34*(1): 1203-1211.
13. Dwomon, I. B. & Quainoo, A. K. (2012). Effect of spatial arrangement on the yield of maize and groundnut intercrop in the northern guinea savanna agro-ecological zone of Ghana. *International Journal of Life Science and Pharma Research*, *1*(2): 78-85.
14. Fernandez-Moya, V., Martinez-Force, E. & Garces, R. (2005). Oils from improved high stearic acid sunflower seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *53*:5326-5330.
15. Flagella, Z., Rotunnon, T., Tarantino, E., DiCaterina, R. & Decaro, A. (2002). Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annus* L.) hybrids in relation to sowing date and water regime. *European Journal of Agronomy*, *17*: 221-230.
16. Fuente, E. B., Suarez, S. A., Lenardis, A. E. & Poggio, S. L. (2014). Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. *NJAS - Wageningen journal of Life science*, *70*: 47-52.
17. Ghosh, P.K. (2004). Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*, *88*: 227-237.
18. Imran, M., Ali, A., Waseem, M., Tahir, M., Ullah, A., Mohsin, Sh., Ghaffari, A. & 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.
19. Knowles, P. F. (1989). Safflower. In: Oil crops of the world (ed. Robbelen, G., R. K. Dowoney and A. Ashri), pp. 363-374. MCGraw – Hill, NewYork.
20. Lajara, J. R., Diaz, U. & Diaz, Q. (1990). Definite influence of localization and climatic conditions on fatty acid composition of sunflower seed oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *67*: 618-623.
21. Layek, J., Shivakumar, B. G., Rana, D. S., Munda, S. & Lakshman, K. (2015). Effect of nitrogen fertilization on yield, intercropping indices and produce quality of different soybean (*Glycine max*) + cereal intercropping systems. *Indian Journal of Agronomy*, *60*(2): 230-235.
22. Lin, C. W., Chen, Y. C., Huang, J. & Tu, T.

(2007). Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. *Chinese Journal of Ecology*, *26*: 989- 994.
23. Maffei, M. & Mucciarelli, A. (2003). Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research*, *84*: 229-240.
24. Mirshekari, B., Baser, S. & Javanshir, A. (2009). Effect of seed inoculation with nitragin and different levels of urea on physiological traits and biologic yield of maize, cv. 704 grown in cold and semi-arid regions. *New Finding in Agriculture*, *3*(4): 403-411. (In Persian).
25. Mirzakhani, M., Ardakani, M. R., Aeene Band, A., Rejali, F. & Shirani Rad, A. H. (2009). Response of spring safflower to co-inoculation with Azotobacter chroococcum and Glomus intraradices under different levels of nitrogen and phosphourus. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *4*: 255-261.
26. Naghizade, M., Ramroodi, M., Galavi, M., Siahsar, B., Heydari, M. & Maghsoodi, A. A. (2012). The Effects of Various Phosphorus Fertilizers on Yield and Yield Components of Maize and Grass Pea Intercropping. *Iranian Journal of Filed crop Science*, *43*(2): 203-215. (In Persian).
27. Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R. & Nasrollahzadeh Asl,V. (2012a). Evaluation of Sunflower (*Helianthus annus* L.) and Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *22*(2): 79-90. (In Persian).
28. Nasrollahzadeh Asl, A., Dabbag Mohammadi Nassab, A., Zehtab Salmasi, S., Mogaddam, M. & Javanshir, A. (2012b). Evaluation of Potato and Pinto bean Intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology*, *6*(2):111-126. (In Persian)
29. Nielsen, H. H., Ambus, P. & Jensen, E. S. (2001). Interspecific competition N use and interference with weeds in pea barley intercropping. *Field Crops Research*, *70*: 101-109.
30. Ojaghloo, F., Farahvash, F., Hassan-Zadeh, A. & 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).
31. Omidi, H., Tahmasebi, Z., Torabi, H. & Miransari, M. (2008). Soil enzymatic activities and available P and Zn as affected by tillage practices, canola cultivars and planting date. *European Journal of Soil Biology*, *44*: 443–450.
32. Purdy, R. H. (1985). Oxidative stability of high oleic sunflower and safflower oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *62*: 523-525.
33. Raei, Y., Shariati, J. & 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).
34. Rezaei Chianeh, E., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., Shakiba, M. R., Ghassemi-Golezani, K. & Aharizad, S. (2011). Intercropping of maize and faba bean at different plant population densities. *African Journal of Agricultural Research*, *7*: 1786-1793.
35. Sabzalian, M. R., Saeidi, G. & Mirlohi, A. (2008). Oil content and fatty acid composition in seeds of three safflower species. *Euphytica*, *85*: 717-721.
36. Seyed Sharifi, R., Namvar, A. & 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.
37. Silva, L. R., Pereira, M. J., Azevedo, J., Mulas, R., Velasquez, E., González-Andrés, F., Valentão, P. & Andrade, P. B. (2013). Inoculation with Brady rhizobium japonicum enhances the organic and fatty acids content of soybean seeds. *Food Chemistry*, *141*: 3636-3648.
38. Skiner, F. A., Boddey, R. M. & Ferninik, F. (1987). Nitrogen fixation with non-legumes. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. Pp 230.
39. Soleymanifard, A. & Siadat, S. A. (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.
40. Strydhorst, S. M., King, J. R., Lopetinsky, K. J. & Neil Harker, K. (2008). Forage potential of intercropping barley with faba bean or field pea. *Agronomy Journal*, *100*:182-190.
41. Uhart, S. A. & Andrade, F. H. (1995). Nitrogen deficiency in maize: II. Carbon nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science*, *35*:1384-1389.
42. Velasco, L. & Fernandez- Martinez, J. M. (2001). Breeding for oil quality in safflower. Proceedings of the 5th International Safflower Conference. Williston, North Dakota and Sidney, USA 133-137.

43. Vandermeer, J. H. (1989). The ecology of intercropping. Cambridge University Press, UK.
44. Yang, C., Iqbal, N., Hu, B., Zhang, Q., Wu, H., Liu, X., Zhang, J., Liu, W., Yang, W. & 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.
45. Zafaranieh, M. (2015). Effect of various combinations of safflower and chickpea intercropping on yield and yield components of safflower. *Agriculture Science Developments, 4*: 31-34.

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 4 ■ Winter 2019

Effect of Nitrogenous and Phosphorous Biological and Chemical Fertilizers on Growth, Yield, and Fatty Acid Compositions of Safflower, Intercropped with Faba Bean

Mahmoodreza Saeidi[1*], Yaghoub Raei[2], Rouhollah Amini[3], Bahman Pasban Eslam[4], Asal Rohi Saralan[1]

1. Ph.D. Student, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Professor, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. Associate Professor, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
4. Associate Professor, Department of Crop and Horticulture Science Research, East Azarbaijan, Agricultural and Natural Resources Research and Education Centers, AREEO, Tabriz, Iran.

Received: June 28, 2018 Accepted: December 9, 2018

Abstract

This research tries to study the application of chemical and biofertilizers on growth, yield, and fatty acid composition of safflower, intercropped with faba bean. As such, it carries out an experiment, based on a randomized complete block design with three replications at the Research Farm of University of Tabriz during two growing seasons of 2015 and 2016. Sole cropping of safflower, sole cropping of faba bean, and intercropping of safflower and faba bean with ratios of 1:1 and 2:1 make up the first factor, while the second factor entails four levels of fertilizers, viz. no fertilizer, 100%, 30% chemical fertilizer, and 60% chemical fertilizer plus biofertilizer (Azoto barvar-1 and phosphate barvar-2). Results show that the highest Chlorophyll content, plant height, and number of branch per plant belong to safflower/faba bean intercropping (1:1) by means of 60% chemical plus biological fertilizers. Also, integrated use of chemical and biological fertilizers have increased seed yield, oil content (33.81%), linoleic (76.97%), and linolenic (0.32%) fatty acids. The highest land equivalent ratio (1.41) has been achieved in intercropped plants (1:1) with integrated use of 60% chemical and biological fertilizers. For both periods, total actual yield loss for all intercrops has been above zero, indicating the positive advantage of intercropping over the pure one. Overall, intercropping (safflower/faba bean) with integrated use of chemical and biological fertilizers could be recommended as an appropriate method for production of safflower with better quality and quantity.

Keywords: Actual yield loss, azoto barbar-1, land equivalent ratio, linoleic fatty acid, oil percent, phosphate barvar-2.

Corresponding author: mr_saeidi@tabrizu.ac.ir