

The effect of Chemical and Biological Nitrogen Fertilizers on Yield and Yield Components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and mung bean (*Vigna radiata* L.) in intercropping

Milad Nojoki¹, Alireza Yadavi^{2*} , Mohsen Mohvahhedi Dhanavi², Mehrdad Mahlooji³,
Bahram Majd-Nassiri³, Fatemeh Ebrahimi⁴

Received: September 10, 2023

Accepted: June 13, 2024

1- MSc Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran.

2- Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran.

3- 3- Assoc. Prof. Crop and Horticultural Science Research Dept, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Isfahan, Iran.

4- Ph.D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran.

*Corresponding Author: Yadavi@yu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Intercropping of leguminous plants with oil plants is a relatively new approach to achieve sustainable agriculture. Improving plant nutrition through integrated management increases the efficiency of intercropping systems. The purpose of this research is to investigate the response of safflower and mung bean to the integrated application of nitrogen fertilizers in intercropping.

Material and Methods: The experiment was conducted as a split plot base on the randomized complete block design with 3 replications in 2019. The experimental factors include the application of nitrogen fertilizer (0, 50 kg. ha⁻¹ of nitrogen + Nitroxin and 100 kg.ha⁻¹ nitrogen) in the main plots and the intercropping patterns (pure cropping of safflower and mung bean and their intercropping with ratios of 1:1, 2:1 and 1:2) were in sub-plots. Morphological traits, yield and yield components of two plants and land equivalent ratio were evaluated.

Results: The results showed that in the conditions of no application of nitrogen fertilizer, the grain yield of safflower and mung bean in intercropping patterns was reduced compared to pure cropping. The application of 50 kg. ha⁻¹ of chemical nitrogen + Nitroxin biological nitrogen fertilizer compensated the decrease in yield in intercropping proportions. The land equivalent ratio in all intercropping patterns was higher than one, which indicated the usefulness of intercropping of these crops compared to pure cultivation.

Conclusion: In general, based on the results, the ratio 2:1 of mung beans and safflower intercropping with 50 kg.ha⁻¹ + Nitroxin can be introduced for more efficient use of land.

Keywords: Land Equivalent Ratio, Leguminous, Nitroxin, Oil Crop, Replacement Intercropping



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright@ 2025 Alireza Yadavi Email:Yadavi@yu.ac.ir

[https://doi.org/ 10.22034/saps.2024.58361.3111](https://doi.org/10.22034/saps.2024.58361.3111)



اثر کود های شیمیایی و زیستی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) در کشت مخلوط

میلاد نوجوکی^۱، علیرضا یدوی^{۲*}، محسن موحدی دهنوی^۲، مهرداد محلوجی^۳، بهرام مجد نصیری^۳، فاطمه ابراهیمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۹	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴
--------------------------	-------------------------

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج.

۳- دانشیار بخش تحقیقات علوم زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اصفهان، ایران

۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

*. مسئول مکاتبه: E-mail: Yadavi@yu.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: الگوی کشت مخلوط گیاهان خانواده بقولات با گیاهان روغنی رویکردی نسبتاً جدید برای دستیابی به کشاورزی پایدار می باشد. بهبود تغذیه گیاهان از طریق مدیریت تلفیقی سبب افزایش کارایی الگوهای کشت مخلوط می شود. هدف از این پژوهش بررسی پاسخ گلرنگ و ماش به کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه در کشت مخلوط است.

مواد و روش ها: آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۹ اجرا شد. عامل های آزمایشی شامل کاربرد کود نیتروژنه (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در کرت های اصلی و الگوی کشت مخلوط در ۵ سطح (کشت خالص گلرنگ و ماش و کشت مخلوط آنها با نسبت های ۱:۱، ۱:۲ و ۲:۱) در کرت های فرعی بود. صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد، عملکرد هر دو گیاه و نسبت برابری زمین ارزیابی شد.

یافته ها: نتایج نشان داد در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژنه از عملکرد دانه در گلرنگ و ماش در الگوهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص کاسته شد. کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن شیمیایی + زیستی نیتروکسین، کاهش عملکرد را در نسبت های کشت مخلوط جبران نمود. نسبت برابری زمین (LER) در تمامی الگوهای مخلوط بالاتر از یک بود که نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط گلرنگ همراه با ماش نسبت به کشت خالص بود.

نتیجه گیری: در مجموع بر اساس نتایج حاصله می توان مخلوط دو ردیف ماش + یک ردیف گلرنگ را به همراه ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + نیتروکسین برای استفاده کارآمد تر از زمین معرفی نمود.

واژه های کلیدی: گیاه روغنی، لگوم، نسبت برابری زمین، نیتروکسین، مخلوط جایگزینی

مقدمه

محیطی از طرف دیگر، لزوم توسعه الگوهای زراعی سازگار دارای راندمان بالای استفاده از منابع محیطی و تولید پایدار را دوجندان نموده است (احمدی و همکاران

رشد فزاینده جمعیت و نیاز بشر به تأمین منابع غذایی از یک طرف و پیامدهای تغییر اقلیم و محدودیت منابع

۲۰۱۸). کشت مخلوط که یک شیوه از سیستم چندانکشتی است به عنوان کشت همزمان دو یا چند گیاه در یک قطعه زمین شناخته شده و از مهم ترین رویکردهای کشاورزی پایدار محسوب می شود که می تواند نقش مهمی در غلبه بر چالش ها و بحران های کنونی در مورد تأمین نیازهای رو به رشد بشر داشته باشد (بیسواز و همکاران ۲۰۱۷). 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 کوتاه تر زمین را پوشانده و بدین ترتیب جذب یا کارایی استفاده از تشعشع و عناصر غذایی را افزایش و جمعیت علف هرز را کاهش می دهد (رینحارد و همکاران ۲۰۱۶). از موفق ترین سیستم های کشت مخلوط، سیستم های دارای بقولات در مخلوط با غیربقولات می باشد که در اغلب حالات سبب برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می شود (حبیب پور کاشفی و همکاران ۲۰۱۷).

گیاهان خانواده بقولات از جمله ماش (*Vigna radiata* L.) به دلیل تثبیت نیتروژن موجود در هوا، نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند و به همین علت در تناوب با گیاهان روغنی کشت می شوند. علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، ماش به عنوان منبع غنی از پروتئین در تغذیه انسان و دام و نیز گیاه اصلاح کننده ساختمان خاک به کار می رود (آچاکزای و حبیب اله ۲۰۱۲). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به عنوان یک گیاه دانه روغنی در مناطق مختلف جهان مورد کشت و کار قرار می گیرد. این گیاه بومی ایران بوده و به دلیل ویژگی های مطلوب و خاص نظیر مقاومت نسبتاً زیاد آن به تنش های محیطی و سرمای زمستانه، داشتن تیپ های بهاره و پاییزه، استفاده های دارویی و غذایی از گل های آن، تولید روغن نباتی با کیفیت بالا (به دلیل بیش از ۹۰ درصد اسیدهای چرب غیراشباع خصوصاً لینولئیک و اولئیک) و تولید کنجاله به عنوان مکمل غذایی برای دام از اهمیت خاصی برای تأمین دانه های روغنی مورد نیاز کشور برخوردار است (اسماعیل زاده و همکاران ۲۰۲۱). بنا به گزارش حمزهئی و داودیان (۲۰۱۹) در کشت مخلوط کلزا با نخود، کمترین شاخص کلروفیل برگ کلزا (۳۸/۵۰) از تیمار کشت خالص

بدست آمد. صلاحی و همکاران (۲۰۱۹) بیان نمودند که بیشترین درصد روغن (۴۱/۲۷ درصد)، مربوط به نسبت مخلوط یک ردیف شنبليله: یک ردیف کتان روغنی و کمترین مقدار (۲۹/۷۶ درصد) مربوط به کشت خالص کتان روغنی بوده است. در پژوهش سالاری و همکاران (۲۰۲۰) کشت مخلوط گلرنگ و نخود مورد مطالعه قرار گرفت، بیشترین تعداد طبق در بوته (۲۴/۱۱) درالگوی کشت ۴۰I درصد و کمترین تعداد آن (۱۱/۴۴) درالگوی کشت ۲۰I درصد مشاهده شد. سعیدی و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در مخلوط با باقلا مشاهده کردند که تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق گلرنگ به طور معنی داری تحت تاثیر الگوهای مختلف کاشت قرار گرفت و در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مقادیر آن ها افزایش یافت. ده مرده (۲۰۱۳) در ارزیابی سودمندی کشت مخلوط و عملکرد در کشت مخلوط جو و عدس اظهار نمود که سیستم کشت مخلوط اثر معنی داری بر صفاتی نظیر ارتفاع بوته، عملکرد زیستی و عملکرد اقتصادی دو گیاه داشت. بالاترین LER مربوط به تیمار ۳ ردیف جو + ۲ ردیف عدس (۲/۶۱) و کمترین LER مربوط به تیمار ۲ ردیف جو + ۴ ردیف عدس بود.

در گیاهان زراعی برای دستیابی به عملکرد قابل قبول در ارقامی با پتانسیل عملکرد زیاد باید کود شیمیایی کافی مصرف شود. بیش از ۵۰ درصد تولیدات گیاهی و غذایی در جهان به واسطه استفاده از کودهای شیمیایی است. در این میان سهم کودهای نیتروژنه نسبت به سایر کودهای شیمیایی بیشتر است، ولی متأسفانه کارایی استفاده از آن پایین است (نصیری محلاتی و کوچکی ۲۰۱۷). نیتروژن نقش اساسی در دستیابی به عملکرد بالای کمی و کیفی در محصولات زراعی ایفا می کند. اعمال کود نیتروژن زیاد منجر به افزایش رشد رویشی، کاهش عملکرد، افزایش خطر ورس و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه می شود (توکل کاخکی ۲۰۱۶). با توجه به هزینه زیاد کودهای شیمیایی نیتروژن دار، آبشویی و اثرات منفی آن ها بر محیط زیست، کشاورزی پایدار به دنبال جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی است تا

منابع کود شیمیایی و زیستی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ و ماش جهت رفع نیاز غذایی انسان و دام در الگوهای کشت مخلوط و مقایسه با تک کشتی گیاهان تشکیل دهنده مخلوط بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی استان اصفهان (کبوترآباد) با مشخصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۴۵ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۹ اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل کاربرد کود نیتروژنه در ۳ سطح (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در کرت‌های اصلی و الگوی کشت مخلوط در ۵ سطح (کشت خالص گلرنگ، کشت خالص ماش و کشت مخلوط آنها به نسبت ۱:۱، ۲:۱ و ۱:۲) در کرت‌های فرعی می‌باشد (نسبت‌های ۱:۱، ۲:۱ و ۱:۲ به صورت ردیف‌های کاشت یک در میان گلرنگ و ماش، دو ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش و یک ردیف ماش و دو ردیف گلرنگ کشت شد). کود نیتروژن شیمیایی مصرفی از منبع اوره تامین گردید. قبل از شروع این طرح جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام شده و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه منتقل شده است. نتایج حاصل در جدول (۱) آمده است. پس از عملیات اولیه تهیه زمین، قبل از ایجاد پشته‌ها، با توجه به آزمون خاک کود فسفر (به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت به زمین اضافه شد و سپس توسط فاروئر پشته‌هایی ایجاد گردید و زمین به صورت جوی و پشته آماده شد کود نیتروژن بر اساس نوع تیمار کودی (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در کرت‌های مربوطه در سه مرحله (یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در مرحله ۶ تا ۸ برگی و یک سوم در مرحله ساقه‌دهی گلرنگ) به صورت نواری در کنار پشته‌ها اضافه گردید. در این آزمایش کرت‌هایی با ابعاد ۴×۵/۳ متر، و هرکرت

مشکلات زیست محیطی را کاهش دهد (حق جو و بهرامی ۲۰۱۴). در حال حاضر کودهای زیستی به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده است. باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاهی از مهم‌ترین کودهای زیستی هستند. باکتری‌های محرک رشد موجود در کود زیستی نیتروکسین علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن از طریق افزایش تحرک و متعادل کردن جذب عناصر غذایی پر مصرف و کم مصرف و تولید هورمون‌های رشد گیاهی موجب بهبود شرایط تغذیه و رشد گیاه می‌شود (ناگاندا و همکاران ۲۰۱۰).

نتایج پژوهش مهدوی خرمی و همکاران (۲۰۱۸) بر گیاه کنجد نشان داد بیشترین تعداد شاخه جانبی در بوته در تیمار ۵۵ درصد اوره با میانگین ۲۲/۳۳ عدد بود که در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش حدود ۳۲ درصدی در میانگین این صفت گردید. این در حالی است که نتایج پژوهش بصرا و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که از لحاظ وزن هزار دانه بین سطوح مختلف نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در پژوهشی دیگر به تأثیر مصرف کود نیتروژن بر کاهش وزن هزار دانه در کینوا گزارش شده است (گرن ۲۰۱۵).

طباطبایی و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیق خود بر گیاه لوبیا بیان نمودند بیشترین تعداد دانه در غلاف مربوط به گیاهان تلقیح شده با نیتروکسین و کمترین آن مربوط به گیاهان شاهد به ترتیب با میانگین ۳۵/۷ و ۲۴/۲ بود. تعداد دانه در غلاف در نتیجه تلقیح با نیتروکسین، به ترتیب ۱۵ و ۱۹ درصد بیشتر از تعداد دانه در غلاف در نتیجه کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه و شاهد به دست آمد. در پژوهش قنبری و همکاران (۲۰۲۲) بر گیاه ارزن مرواریدی با کاربرد کود زیستی، بیشترین عملکرد دانه در کاربرد توأم نیتروکسین و فسفات بارور-۲ (۲۸۰۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد (۲۲۶۱/۸ کیلوگرم در هکتار) وجود داشت که با کاربرد منفرد کودهای نیتروکسین و فسفات بارور-۲ تفاوت معنی‌داری نداشت و ۱۹/۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. هدف از اجرای این طرح، بررسی تأثیر

شامل ۶ پشته به فاصله ۵۰ سانتی متر و فاصله بین کرت های فرعی در هر تکرار نیم متر و فاصله بین کرت های اصلی یک متر و نیم در نظر گرفته شد. فاصله بوته روی ردیف برای هر دو گیاه ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. تراکم کاشت هر دو گیاه در کشت خالص ۴۰ بوته در متر مربع بود. در کشتهای مخلوط ۱:۱، ۲:۱ و ۱:۲ تراکم بوته های ماش به ترتیب ۲۰، ۱۳/۳۳ و ۲۶/۶۶ بوته در متر مربع و گلرنگ به ترتیب ۲۰، ۲۶/۶۶ و ۱۳/۳۳ بوته در متر مربع بود.

در تیمار دارای کود زیستی نیتروکسین، بذور ماش و گلرنگ با کودزیستی نیتروکسین حاوی باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم با تراکم سلولی CFU/ml

۱۰×۵ تهیه شده از شرکت مهرآسیا، آغشته و سپس بذور دو گیاه به طور هم زمان و در تاریخ یکم خرداد ماه روی پشته ها کاشته شدند. بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت. پس از استقرار کامل گیاهچه ها در مرحله ۳ تا ۴ برگ، جهت دست یافتن به تراکم مورد نظر، بوته های اضافی تنک شد. آبیاری در دوره داشت منطبق بر نیازهای گیاه و عرف منطقه و بطور یکسان در تمام تیمارها به صورت نشتی انجام گرفت. کنترل علفهای هرز نیز به صورت وجین دستی انجام گرفت بذورهای مورد استفاده گلرنگ رقم صفه و ماش توده محلی اصفهان از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در این آزمایش

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	ماده آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
لومی سیلتی	۶/۸	۴/۹۷	۰/۸۹	۰/۹۰	۶	۲۸۸	۱/۰۲	۰/۹۴
mg kg ⁻¹								

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۰ بوته در هر کرت به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته و قطر ساقه آن ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این مرحله صفات تعداد طبق بارور در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه برای گلرنگ و صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه برای ماش اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری عملکرد دانه و عملکرد زیستی پس از حذف دو خط از طرفین هر کرت و در نظر گرفتن نیم متر از بالا و پایین کرت به عنوان حاشیه، مابقی خطوط کاشت برداشت شدند. جهت اندازه گیری شاخص کلروفیل برگ (SPAD)، در زمان گلدهی از هر کرت ۵ بوته و از هر بوته ۵ برگ انتخاب و میزان سبزیگی با دستگاه SPAD-502 ساخت کشور ژاپن قرائت شد و میانگین آن ها به عنوان شاخص کلروفیل یادداشت شد. روغن دانه گلرنگ با استفاده از دستگاه سوکسله اندازه گیری شد (جانسون و اولریچ ۱۹۵۹). شاخص نسبت برابری زمین با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (میدیا و همکاران ۲۰۰۵)

$$\text{LER} = Y_{vi} / Y_v + Y_{ci} / Y_c \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این معادله، Y_{vi} : عملکرد دانه ماش در کشت مخلوط، Y_v : عملکرد دانه ماش در تک کشتی، Y_{ci} : عملکرد دانه گلرنگ در کشت مخلوط، Y_c : عملکرد دانه گلرنگ در تک کشتی می باشد. تجزیه آماری طرح با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین ها برای اثرهای اصلی که معنی دار شدند، با استفاده از آزمون LSD مقایسه گردید. برای صفاتی که برهم کنش دو عامل معنی دار گردید. برش دهی بر اساس کود نیتروژنه و مقایسه میانگین با رویه L.S.Means انجام شد. نمودارها نیز با کمک نرم افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد گلرنگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کود نیتروژن بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، شاخص کلروفیل، تعداد طبق بارور در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و درصد روغن در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار شد. اثر

الگوی کشت نیز بر تمامی صفات ذکر شده به غیر از تعداد طبق بارور در بوته، تعداد دانه در طبق و شاخص برداشت معنی دار شد. برهمکنش کود نیتروژن و الگوی کشت نیز بر ارتفاع بوته، قطر ساقه، شاخص کلروفیل، وزن هزاردانه و عملکرد دانه معنی دار شد. (جدول ۲).

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از مقایسه میانگین حاکی از آن است که از بین سطوح کود نیتروژنه مورد استفاده کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ باکتری نیتروکسین نسبت به سطوح عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از ارتفاع بیشتری برخوردار بود و در هر سه سطح کودی کاربرد الگوی کشت به صورت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش نسبت به سایر الگوهای کشت دارای ارتفاع بیشتری بود. هر چند در سطوح صفر و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن اختلاف معنی داری بین الگوهای کشت مشاهده نگردید (جدول ۳). کاهش یا افزایش ارتفاع بوته گیاهان به میزان رقابت بین دو گیاه بستگی دارد. بطوری که ارتفاع بوته در صورت رقابت شدید، به خصوص در تراکم های بالاتر در کشت مخلوط افزایش می یابد که دلیل آن را می توان به سایه اندازی و رقابت نوری بین بوته ها نسبت داد. عدم افزایش ارتفاع در تراکم های بالاتر از حد مطلوب، احتمالاً به دلیل محدودیت تولید مواد فتوسنتزی بر اثر محدودیت آب و عناصر غذایی است. نتایج پژوهشی در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله نشان داد که در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گیاه شنبلیله دارای ارتفاع بیشتری بود. از آنجایی که شنبلیله نسبت به زیره سبز دارای ارتفاع بیشتری بود به نظر می رسد شنبلیله در کشت مخلوط فشار رقابتی کمتری نسبت به کشت خالص تحمل کرده و در نتیجه باعث افزایش رشد رویشی و ارتفاع آن شده است (رضوانی مقدم و مرادی ۲۰۱۲). در پژوهش حاضر نیز احتمالاً گلرنگ در الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش به علت کمتر بودن فشار رقابتی به ارتفاع بیشتری دست یافته است و همچنین در کشت های مخلوط نسبت به کشت خالص گلرنگ یک روند افزایش ارتفاع دیده می شود که می تواند به بهبود وضعیت نیتروژن خاک به دلیل تثبیت زیستی توسط ماش مربوط باشد.

نیتروژن می تواند با تأثیر بر تقسیم سلولی و همچنین کمک به جذب سایر عناصر توسط گیاه، باعث افزایش رشد رویشی شود، از این رو افزایش نیتروژن می تواند ارتفاع گلرنگ را افزایش دهد. نتایج این تحقیق بیانگر این هستند که زمانی که مواد غذایی به ویژه نیتروژن محدودکننده نباشد، ارتفاع گیاه افزایش می یابد. باکتری های موجود در کود زیستی با فراهم کردن شرایط رشد از جمله تثبیت نیتروژن و قرار دادن این عنصر در اختیار الگوی ریشه گیاه، باعث متعادل شدن جذب مواد اساسی مورد نیاز گیاه شده و موجب توسعه اندام های هوایی از جمله ارتفاع بوته می گردد. تأثیر مثبت نیتروکسین در افزایش ارتفاع را می توان به نقش آزوسپریلیوم در کمک به ترشح هورمون های رشد مانند جیبرلین و سایتوکینین و بهبود دسترسی به نیتروژن نسبت داد (فرجی مهمانی و همکاران ۲۰۱۴). شفقی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر کود زیستی نیتروکسین بر کشت مخلوط ذرت و شنبلیله بیشترین ارتفاع بوته ذرت (۲۰۲/۲ سانتی متر) با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و بعد از آن (۱۹۵/۲ سانتی متر) با کاربرد کود زیستی+ ۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد.

قطر ساقه: نتایج مقایسه میانگین برهمکنش کاربرد کود نیتروژنه و الگوهای کشت بر قطر ساقه گلرنگ (جدول ۳) نشان داد که در سطوح صفر، کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ باکتری نیتروکسین و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب بیشترین قطر ساقه با میانگین های ۹/۴۰، ۱۲/۴۳ و ۱۲/۵۰ میلی متر از الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش و کمترین آن نیز به ترتیب با میانگین های ۷/۹۰، ۱۲/۶۳ و ۱۱/۴۰ میلی متر از الگوی کشت خالص گلرنگ حاصل شد. اما به طور کلی در سطح کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ باکتری نیتروکسین هر چهار الگوی کاشت از قطر ساقه بیشتری نسبت به سایر سطوح کودی برخوردار بودند (جدول ۳). دلیل بیشتر بودن قطر ساقه در کشت مخلوط ناشی از تفاوت ارتفاع گیاه گلرنگ و ماش و جذب بیشتر نور خورشید توسط آن است که باعث تولید مواد فتوسنتزی بیشتر و به دنبال آن وجود عناصر آوندی بیشتر جهت انتقال سریع مواد

پرورده به سایر اندام‌های گیاه می‌شود (هودیانی و همکاران ۲۰۱۶). در تحقیقی اثر ترکیب‌های مختلف کشت آفتابگردان، لوبیا قرمز و کنجد بر قطر ساقه مورد مطالعه قرار گرفت که بیشترین و کمترین قطر ساقه به ترتیب برای کشت ردیفی (۲/۷۹ سانتی‌متر) و کشت خالص (۱/۴۹ سانتی‌متر) حاصل شد که نتایج پژوهش حاضر مطابق آن بود (کوچکی و همکاران ۲۰۱۵). نیتروژن از طریق فراهم کردن شرایط مناسب برای رشد، شاخص و دوام سطح برگ بیشتر باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی و فراهم نمودن شرایط تغذیه‌ای مناسب‌تر برای گیاه در طول دوره رشد شده؛ و تولید بوته‌های با قطر ساقه بیشتر را امکان‌پذیر می‌کند (جانسون و هانسون ۲۰۰۳). در پژوهش کیهانیان و همکاران (۲۰۱۳) روی کلزا روند افزایشی با مصرف نیتروژن برای قطر

ساقه مشاهده شد. پژوهشگران افزایش رشد ناشی از مصرف کودهای زیستی را به اثرات مستقیم این ریزموجودات در تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر، افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک (مانند تثبیت نیتروژن)، تولید مواد تنظیم‌کننده رشد از قبیل اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و یا از طریق ساخت آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه، تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته خاک می‌دانند (توکلی کاخکی ۲۰۱۶). در این پژوهش نیز باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین احتمالاً از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین و جیبرلین از طریق افزایش تقسیم و رشد طولی سلول، منجر به افزایش قطر ساقه در گلرنگ شدند (قنبری و همکاران ۲۰۲۰)

جدول ۲- تجزیه واریانس برای صفات مورفولوژیکی گلرنگ در سطوح مختلف کود نیتروژن و الگوهای کشت

میانگین مربعات										
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	شاخص کلروفیل	درصد روغن دانه	تعداد طبق بارور در بوته	تعداد دانه در طبق	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد زیستی
تکرار	۲	۲/۶۱	۰/۰۰۲	۶/۷۶	۰/۵۴	۱۰/۰۲	۱۵/۴۴	۰/۸۲	۴/۵۳	۳۰۲۲/۸۱
کود نیتروژن	۲	۱۳۱/۸**	۷۰/۲۱**	۸۲۸/۷**	۲۸۰/۲۵**	۱۵۹/۵۳**	۱۴۷/۱۹**	۴۱/۸۸**	۲۰۰۵۳**	۱۴۱۹۵۰**
خطای اصلی	۴	۴/۴۵	۰/۱۸	۲۲/۹۳	۱/۵۴	۶/۱۱	۸/۹۴	۰/۴۲	۱۵۸/۱۵	۲۰۴۶/۵۰
الگوی کشت	۳	۲۲/۳۸**	۰/۸۸**	۳۰۱/۲**	۳۷/۹۴**	۲/۰۷ ^{ns}	۵/۶۶ ^{ns}	۱۳۹/۰۳**	۲۹۰۹۹**	۲۲۶۴۲۲**
کود نیتروژن × الگوی کشت	۶	۴۰/۲۴**	۱/۲۲**	۱۹۰/۶**	۱/۳۸ ^{ns}	۸/۸۳ ^{ns}	۶/۰۸ ^{ns}	۵/۰۳*	۳۷۴/۰۳*	۱۴۰۷ ^{ns}
خطای آزمایش	۱۸	۵/۷۷	۰/۱۱	۲۲/۲۳	۱/۶۸	۵/۳۷	۴/۸۸	۱/۵۱	۱۱۹/۱۱	۶۷۵/۷۳
ضریب تغییرات (%)		۲/۹۷	۲/۹۶	۵/۶۸	۶/۳۲	۶/۶۰	۷/۲۲	۴/۸۳	۵/۲۸	۴/۳۰

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح خطای احتمال ۱ درصد و ۵ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای برخی صفات مورد بررسی در گلرنگ

نیتروژن (kg ha ⁻¹)	الگوی کشت مخلوط	ارتفاع (cm)	قطر ساقه (mm)	شاخص کلروفیل	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g m ⁻²)
صفر	کشت خالص گلرنگ	۷۶/۸۳ ^a	۷/۹۰ ^c	۵۳/۰۶ ^c	۲۱/۰۴ ^c	۲۲۹/۰۷ ^a
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۷۶/۳۶ ^a	۷/۹۳ ^c	۵۳/۵۶ ^c	۲۱/۰۴ ^c	۱۶۶/۵۰ ^b
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۷۷/۶۶ ^a	۸/۶۳ ^b	۵۵/۷۰ ^b	۲۳/۵۶ ^b	۱۳۴/۱۵ ^c
۵۰ + کود زیستی نیتروکسین	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۷۸/۳۰ ^a	۹/۴۰ ^a	۵۶/۲۶ ^a	۲۷/۷۷ ^a	۱۲۲/۳۸ ^c
	کشت خالص گلرنگ	۸۳/۹۰ ^b	۱۲/۶۳ ^b	۶۶/۹۰ ^b	۲۲/۷۰ ^c	۳۲۹/۵۸ ^a
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۸۰/۳۳ ^c	۱۳/۳۶ ^a	۶۹/۳۳ ^c	۲۲/۷۰ ^c	۲۵۳/۷۰ ^b
۱۰۰	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۸۰ ^c	۱۲/۷۳ ^b	۷۱/۵۰ ^b	۲۸/۱۱ ^b	۲۱۹/۰۳ ^c
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۹۱/۲۶ ^a	۱۳/۴۳ ^a	۷۶/۲۳ ^a	۳۳/۴۶ ^a	۱۷۴/۵۳ ^d
	کشت خالص گلرنگ	۷۹/۸۳ ^a	۱۱/۴۰ ^b	۵۹/۸۳ ^b	۲۴/۲۶ ^b	۲۹۳/۱۴ ^a
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۸۰/۳۳ ^a	۱۲/۵۳ ^a	۶۰/۳۳ ^b	۲۴/۲۶ ^b	۲۰۷/۷۸ ^b
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۸۰ ^a	۱۱/۷۳ ^b	۶۷/۵۰ ^a	۲۵/۳۳ ^b	۱۹۰/۲۹ ^c
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۸۳/۹۰ ^a	۱۲/۸۰ ^a	۶۹/۹۶ ^a	۳۱/۷۸ ^a	۱۵۶/۸۱ ^d

در هر سطح نیتروژن میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

کود زیستی و شیمیایی نیتروژنه می‌توان اظهار نمود که تأمین مناسب، کافی و تدریجی نیتروژن موجب تأمین نیتروژن کافی جهت تولید کلروفیل می‌گردد، سایر عناصر مورد نیاز فتوسنتز و سنتز کلروفیل نیز تا حدودی به‌واسطه استفاده از این کود تأمین می‌گردد (کیهانیان و همکاران ۲۰۱۳). یزدی و همکاران، (۲۰۱۸) نیز بیان نمودند که استفاده از کود زیستی نیتروکسین با ترشح هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکینین سبب افزایش مقدار کلروفیل می‌شود. سیتوکینین تولید شده توسط کودهای زیستی منبع بزرگی جهت جذب عناصری نظیر آهن، منیزیم و پتاسیم است که نقش حیاتی در بیوسنتز کلروفیل در گیاهان دارد.

درصد روغن دانه: بیشترین درصد روغن دانه (۲۴/۷۹ درصد) از تیمار صفر (عدم کاربرد کود نیتروژن) و کمترین آن (۱۵/۲۸ درصد) مربوط به تیمار مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که با هم اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر الگوی کشت بر درصد روغن دانه نشان داد که بیشترین درصد روغن دانه (۲۲/۷۸ درصد) از الگوی کشت خالص گلرنگ و کمترین (۱۸/۷۱ درصد) آن مربوط به الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش بود (جدول ۴).

از آنجایی که افزایش پروتئین دانه رابطه مستقیم با افزایش مصرف نیتروژن دارد، در کشت مخلوط لگوم با گیاه روغنی درصد پروتئین در دانه روغنی افزایش می‌یابد که به‌نظر می‌رسد با افزایش مقدار نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم‌ها، تشکیل پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیشتر شده و تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی بیشتر می‌شود سپس مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به تشکیل پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل تولید روغن کاهش خواهد یافت (نجفی و همکاران ۲۰۱۳). احمدوند و حاجی‌نیا (۲۰۱۷) دریافتند که تیمارهای مختلف کشت خالص سویا نسبت به کشت مخلوط با ارزن از درصد روغن بیشتری برخوردار بود

شاخص کلروفیل برگ: در هر چهار الگوی کشت با کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه به همراه کود زیستی نیتروکسین نسبت به دیگر سطوح کودی شاخص کلروفیل برگ بالاتری حاصل شد. همچنین الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن به‌ترتیب با میانگین‌های ۵۶/۲۶، ۷۶/۲۳ و ۶۹/۹۶ بیشترین شاخص کلروفیل و الگوی کشت خالص گلرنگ به‌ترتیب با میانگین‌های ۵۳/۰۶، ۶۶/۹۰ و ۵۹/۸۳ کم‌ترین شاخص کلروفیل برگ حاصل گردید (جدول ۳).

کلروفیل از ترکیباتی مانند منیزیم، کربن و نیتروژن تشکیل شده است. از آنجایی که کلروفیل تحت تأثیر تیمارهای مختلف الگوی کشت قرار گرفته است لذا می‌توان گفت که گلرنگ استفاده بهینه‌ای از نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله ماش در کشت مخلوط داشته است. بنا به گزارش حمزه‌ای و داوودی (۲۰۱۹) در کشت مخلوط کلزا با نخود اظهار داشتند که میزان شاخص کلروفیل برگ‌های کلزا در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص آن بود، بطوریکه در الگوی کشت مخلوط، کلروفیل برگ‌های کلزا دیرتر تجزیه شد و پیری برگ‌ها نیز به تأخیر افتاد و این امر دوام بیشتر سطح برگ و در نتیجه عملکرد بیشتر کلزا را در مقایسه با تک کشتی منجر شد. به‌نظر می‌رسد دلیل برتری کشت‌های مخلوط در برگ‌گیرنده لگوم، بالا بودن شاخص کلروفیل و در نتیجه آن افزایش راندمان فتوسنتزی گیاه و همچنین بهبود کارایی مصرف نیتروژن باشد.

۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست انباشته می‌شود و با توجه به آنکه از عناصر اصلی رنگدانه‌های کلروفیلی در کلروپلاست برگ نیتروژن می‌باشد، لذا، میزان کلروفیل و میزان نیتروژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند. بنابراین افزایش در جذب این عنصر با کاربرد کود شیمیایی حاوی نیتروژن و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (نیتروکسین)، در افزایش میزان کلروفیل نقش مهمی دارد. در بیان علت برتری تیمار تلفیق

که نتایج پژوهش حاضر با نتایج آن‌ها همسو بود. با توجه به اینکه درصد روغن دانه و نیتروژن رابطه عکس دارند، بنابراین افزایش پیش‌ماده‌های پروتئینی مانند کود نیتروژن، می‌تواند موجب افزایش پروتئین دانه و کاهش درصد روغن دانه شود. در پژوهش سعیدی و همکاران (۲۰۱۹) نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود اوره درصد روغن دانه آفتابگردان کاهش یافت. باکتری نیتروکسین نیز احتمالاً با در اختیار قرار دادن نیتروژن بیشتر برای گیاه موجب افزایش درصد نیتروژن در دانه می‌گردد، که همین عامل موجب افزایش درصد پروتئین در دانه و کاهش درصد روغن دانه می‌گردد.

تعداد طبق بارور در بوته: در بررسی اثر اصلی نیتروژن بیشترین تعداد طبق بارور در بوته گلرنگ (۳۹/۰۸ عدد) از کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و کمترین آن نیز (۳۱/۹۱ عدد) از تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن (سطح صفر) به‌دست آمد که با یکدیگر اختلاف ۲۲/۴۶ درصدی نشان دادند (جدول ۵). نیتروژن از عناصر مورد نیاز برای باروری طبق‌ها است که سبب افزایش تعداد طبق در بوته می‌شود. تعداد طبق در بوته از اجزای مهم عملکرد دانه در گیاه گلرنگ محسوب می‌شود. افزایش کاربرد نیتروژن به دلیل

افزایش سطح سبز فتوسنتزکننده موجب افزایش جذب و انتقال مواد فتوسنتزی و نیز هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به سمت مریستم انتهایی و مریستم جانبی می‌شود؛ در نتیجه مجموعه این عوامل سبب افزایش تحریک مریستم انتهایی و مریستم جانبی و افزایش تولید تعداد تعداد طبق در ساقه اصلی و ساقه فرعی در سطوح بالاتر می‌گردد. در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد با افزایش مقدار نیتروژن بنیه گیاه در مقایسه با حالتی که نیتروژن کمتری مصرف می‌شود، افزایش یافته و تعداد طبق در بوته بیشتر می‌شود (یزدی و همکاران ۲۰۱۸). همچنین کود زیستی نیتروکسین از طریق بهبود واکنش‌های حیاتی مفید در خاک و نیز جذب آب و عناصر غذایی باعث افزایش رشد و نمو و گلدهی گیاه می‌شود. احتمالاً ترشح هورمون‌های رشد گیاهی به دلیل وجود باکتری‌های تثبیت‌کننده موجود در نیتروکسین و آزادسازی تدریجی مواد سبب تحریک رشد و افزایش تعداد طبق در بوته شده است (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۲). در این مطالعه احتمال می‌رود که با افزایش سطح برگ، افزایش طول ریشه و شرایط تغذیه‌ای مناسب و در دسترس بودن نیتروژن به سبب تثبیت ازت توسط باکتری‌های موجود در نیتروکسین، تعداد طبق در بوته در گیاه افزایش یافت (شعبانی و همکاران ۲۰۱۶).

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات کود نیتروژن و الگوی کشت بر درصد روغن دانه و عملکرد زیستی در گلرنگ

عامل‌های آزمایش	روغن دانه (%)	عملکرد زیستی (g m^{-2})	شاخص برداشت
نیتروژن (Kg ha^{-1})			
صفر	۲۴/۷۹ ^a	۴۹۹/۳۶ ^c	۳۲/۶۸ ^c
۵۰ + کود زیستی نیتروکسین	۲۱/۵۳ ^b	۷۱۶/۴۰ ^a	۳۳/۸۸ ^b
۱۰۰	۱۵/۲۸ ^c	۵۹۵/۳۷ ^b	۳۵/۷۱ ^a
الگوی کشت			
کشت خالص گلرنگ	۲۲/۷۸ ^a	۸۱۹/۷۱ ^a	۳۴/۶۰ ^a
دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۲۰/۹۷ ^b	۶۱۳/۰۳ ^b	۳۴/۰۳ ^a
یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۱۹/۶۸ ^{bc}	۵۳۲/۰۰ ^c	۳۳/۹۷ ^a
یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۱۸/۷۱ ^c	۴۵۰/۱۲ ^d	۳۳/۷۵ ^a

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد می‌باشد.

تعداد دانه در طبق: با توجه به جدول ۵ بیشترین تعداد دانه در طبق از سطح کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین با میانگین ۳۳/۷۵ عدد حاصل

شد که با تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن اختلاف معنی داری نداشته و این دو تیمار نسبت به تیمار صفر نیتروژن به ترتیب اختلاف معنی دار ۲۵/۸ و ۱۶/۵

درصدی نشان دادند (جدول ۵). مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ و افزایش فراهمی مواد پرورده برای طبق‌ها از طریق دوام فتوسنتز می‌گردد و به دلیل کاهش رقابت دانه‌ها برای عناصر غذایی، تعداد دانه در طبق افزایش می‌یابد (شعبانی و همکاران ۲۰۱۶). می‌توان چنین اظهار داشت که تفاوت در تعداد دانه در طبق در بین تیمارها، مربوط به وضعیت متفاوت تغذیه‌ای و مقادیر متفاوت عناصر قابل دسترس بوته در بین تیمارهای اعمال شده باشد. اگر در طول مراحل رشد و نمو گیاه آب و عناصر غذایی به مقادیر کافی و در زمان مورد نیاز در اختیار گیاه قرار گیرد، گیاه

با جذب آن‌ها و افزایش رشد رویشی خود زمینه را برای رشد زایشی مناسب فراهم خواهد کرد و اجزای عملکرد مطلوبی را به وجود می‌آورد. احتمالاً استفاده از کود زیستی نیتروکسین با تغذیه مناسب و افزایش توان فتوسنتزی گیاه موجبات افزایش گلدهی و بهبود تعداد دانه در غلاف را فراهم می‌کنند. مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه با فراهمی مداوم عناصر غذایی که در فرایندهای رویشی و زایشی تأثیر مهمی دارند، توانستند تعداد دانه در بوته را تا حد زیادی افزایش دهند (کوچکی و همکاران ۲۰۱۲).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نیتروژن برای تعداد طبق بارور و تعداد دانه در طبق در گلرنگ

نیتروژن (Kg ha^{-1})	تعداد طبق بارور در بوته	تعداد دانه در طبق
صفر	۳۱/۹۱ ^b	۲۶/۸۳ ^b
۵۰ + کود زیستی نیتروکسین	۳۹/۰۸ ^a	۳۳/۷۵ ^a
۱۰۰	۳۴/۳۳ ^b	۳۱/۲۵ ^a

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد می‌باشد.

وزن هزار دانه: نتایج مقایسه میانگین نشان داد در هر سه سطح از مصرف نیتروژن (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) الگوی کشت به صورت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش (۶۶:۳۳) بالاترین وزن هزار دانه گلرنگ را ایجاد نمود. اما کشت خالص گلرنگ از کمترین وزن هزار دانه برخوردار بود (جدول ۳). در شرایط مساعد محیطی، گیاه قادر است تا تعداد مخزن خود را افزایش دهد. بنابراین در انتهای فصل رشد در جهت پر شدن دانه‌ها رقابت شدیدی به وجود می‌آید. لذا به نظر می‌رسد با افزایش تعداد دانه در بوته از وزن هزار دانه کاسته شود. از طرفی چنانچه تعداد دانه در غلاف کمتر باشد مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار دانه‌ها قرار گرفته و باعث بیشتر شدن وزن هزار دانه می‌شود. همچنین، کاهش وزن دانه با افزایش تراکم گیاه را می‌توان به اندازه دانه‌ها نسبت داد (هودیانی و همکاران ۲۰۱۶).

رینحارد و همکاران (۲۰۱۶) بیان نمودند که با تغییر الگوی کاشت از مخلوط ردیفی به سمت کشت خالص از

وزن هزار دانه کاسته می‌شود. کشت مخلوط ردیفی بهترین آرایش کانوپی برای جذب نور را دارد، در حالی که در کشت خالص گیاهان با سایه‌اندازی بر روی یکدیگر و رقابت درون‌گونه‌ای بالاتر مانع جذب نور می‌شوند، در نتیجه وزن هزار دانه که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های عملکرد می‌باشد در کشت مخلوط ردیفی بالاترین مقدار را دارا می‌باشد. دهمرده (۲۰۱۳) در کشت مخلوط جو و عدس بیان نمود که بیشترین وزن هزار دانه عدس (۱۵/۱ گرم) از تیمار ۲ ردیف جو + ۴ ردیف عدس و بیشترین وزن هزار دانه جو (۲۸/۹ گرم) از تیمار ۴ ردیف جو + ۲ ردیف و کمترین وزن هزار دانه عدس (۹/۹ گرم) و جو (۳۷/۴ گرم) به ترتیب از کشت خالص عدس و تیمار ۳ ردیف جو و ۳ ردیف عدس حاصل شد.

وزن هزار دانه از پایدارترین اجزای عملکرد دانه است که تحت تأثیر شرایط محیطی قرار نداشته و یک صفت ژنتیکی است. با این حال، به نظر می‌رسد که در صورت فراهم بودن عامل محیطی مساعد شرایط تغذیه‌ای مناسب، به دلیل ایجاد پوشش گیاهی مناسب و توسعه

انتخاب تراکم مناسب گیاه زراعی در کشت مخلوط بدلیل ایجاد حالت مکملی باعث استفاده بهتر از منابع شده که این امر منجر به بهبود عملکرد و در نتیجه افزایش نسبت برابری زمین شده و در نهایت باعث بهبود تداوم بوم نظام‌های زراعی می‌شود (هودیانی و همکاران ۲۰۱۶). از طرفی چنانچه گیاهی در کشت مخلوط همراه با گیاهی قرار گیرد که از پتانسیل بیشتری در اشغال فضای کانوبی برخوردار باشد باید در تعداد ردیف‌های بیشتری در کشت مخلوط قرار گیرد تا بتواند عملکرد قابل قبولی را داشته باشد. و چنانچه در مخلوط با گیاهی قرار گیرد که فرم بوته‌ای برابر و یا محدودتری داشته باشد، قادر خواهد بود حتی در ردیف‌های متناوب نیز عملکرد مطلوبی تولید نماید (رضوانی‌مقدم و همکاران ۲۰۰۹). حمزه‌ئی (۲۰۱۲) بیان کرد که مقایسه میانگین‌های تیمارهای مختلف کشت مخلوط جو و گاودانه نشان داد که بیشترین میزان عملکرد دانه جو به کشت خالص جو تعلق داشت. در کشت خالص چون فقط رقابت درون‌گونه‌ای حاکم است بنابراین عملکرد دانه خیلی تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد. ولی در کشت مخلوط وجود رقابت برون گونه‌ای باعث کاهش عملکرد دانه در مقایسه با کشت خالص می‌شود.

مصرف صحیح و متناسب کود نیتروژن، عملکرد دانه را از طریق افزایش اجزای عملکرد بالا می‌برد. احتمالاً دلیل افزایش عملکرد دانه با افزایش سطوح نیتروژن ناشی از اثر مستقیم نیتروژن بر شاخص سطح برگ، سایه‌انداز گیاهی و در نتیجه افزایش میزان تابش دریافت شده می‌باشد. همچنین معنی‌دار شدن تفاوت عملکرد دانه بین تیمارهای نیتروژن می‌تواند به علت رشد رویشی بهتر با افزایش سطح نیتروژن و ایجاد ظرفیت بالاتر در تولید دانه باشد. به دلیل افزایش اجزای عملکرد، عملکرد نهایی نیز افزایش پیدا کرد. نیتروژن با افزایش تولید زیست توده و افزایش امکان انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، باعث باروری تعداد بیشتری دانه در طبق و بهتر پر شدن آن‌ها بعد از گلدهی می‌شود که این امر سبب افزایش عملکرد دانه خواهد شد (باسرا و همکاران ۲۰۱۴).

افزایش عملکرد در زمان استفاده از کود زیستی می‌تواند ناشی از وجود جمعیت میکروبی در خاک، در اثر

سطح سبز گیاه، قابلیت انجام فتوسنتز و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش می‌یابد و دانه سنگین‌تری تولید می‌شود (احمد و همکاران ۲۰۰۵). در پژوهش طباطبایی و همکاران (۲۰۲۰) مشخص گردید در سطوح بالای نیتروژن به دلیل افزایش مواد غذایی قابل حصول و بهبود توانایی گیاه در استفاده از شرایط محیطی جهت انجام فتوسنتز، سبب افزایش وزن هزار دانه گردیده است. نیتروکسین می‌تواند با تشدید فعالیت فتوسنتزی و افزایش عناصر غذایی درون گیاه، تأثیر مثبتی بر وزن هزار دانه داشته باشد. در ارتباط با افزایش وزن هزار دانه به دنبال کاربرد کودهای زیستی، می‌توان اظهار نمود که این افزایش می‌تواند به تأثیر باکتری‌ها بر تثبیت نیتروژن و توسعه بهتر الگوی ریشه‌ای و به تبع آن جذب بهتر عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن نسبت داده شود (امیریوسفی و همکاران ۲۰۱۶). چنین استنباط می‌گردد که تلفیق نیتروکسین به همراه کود شیمیایی نیتروژن سبب ایجاد شرایط رشدی مناسب‌تری شده است و وزن هزار دانه را نسبت به سایر تیمارها بالاتر برده است.

عملکرد دانه : بررسی روند تغییرات عملکرد دانه نشان می‌دهد که با کاربرد تلفیقی کود نیتروژن شیمیایی با کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر سطوح کودی عملکرد دانه گلرنگ افزایش یافت. نتایج مقایسه میانگین الگوی کشت در هر سطح نیتروژن نشان داد که در هر سه سطح از مصرف نیتروژن (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) کاربرد الگوی کشت به‌صورت کشت خالص گلرنگ بالاترین میزان عملکرد دانه را داشت. بیشترین عملکرد دانه در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۲۹/۰۷، ۳۲۹/۵۸ و ۲۹۳/۱۴ گرم بر متر مربع از کشت خالص گلرنگ حاصل شد که با عملکرد دانه در سایر الگوی کشت تفاوت معنی‌داری را نشان داد. این در حالی است که کمترین عملکرد دانه در این سطوح کودی به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۲۲/۳۸، ۱۷۴/۵۳ و ۱۵۶/۸۱ گرم بر متر مربع از کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش حاصل شد (جدول ۳).

تلقیح بذور با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد باشد که به وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های گیاهی ریشه و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد گیاه می‌شوند (یزدی و همکاران، ۲۰۱۸). در واقع وجود کود زیستی در محیط ریشه گیاه، توانایی تثبیت نیتروژن، انحلال فسفات و ساخت و ترشح برخی مواد زیستی فعال مانند اکسین‌ها و جیبرلین را افزایش می‌دهد که در رشد و عملکرد نقش مؤثری ایفا می‌کنند (اسیتکن و همکاران ۲۰۰۶).

عملکرد زیستی: نتایج مقایسه میانگین اثر نیتروژن نشان داد بیشترین عملکرد زیستی گلرنگ با میانگین $716/40$ گرم بر متر مربع از تیمار کاربرد 50 کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و کم‌ترین آن با میانگین $499/36$ گرم بر متر مربع از تیمار عدم کاربرد نیتروژن حاصل شد که با یکدیگر اختلاف $43/46$ درصدی داشتند (جدول ۴). در ارتباط با اثر الگوی کشت بر عملکرد زیستی، بیشترین عملکرد زیستی ($819/71$ گرم بر متر مربع) از کشت خالص گلرنگ و کم‌ترین آن نیز ($450/12$ گرم بر متر مربع) از الگوی کشت یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش به‌دست آمد (جدول ۴).

با توجه به این‌که در کشت مخلوط جایگزینی در نسبت‌های مخلوط از یک گیاه کاسته و گیاه دیگر جایگزین می‌شود تراکم گیاه اصلی (در اینجا گلرنگ) در واحد سطح کم شده و عملکرد زیستی آن نسبت به کشت خالص کاهش پیدا می‌کند و بیشتر بودن عملکرد زیستی در کشت خالص در این نوع کشت مخلوط دور از انتظار نیست. بیگناه و همکاران (۲۰۱۴) اعلام کردند که عملکرد زیستی شنبلیله نسبت به کشت خالص بیشتر از مخلوط بود. همسو با نتایج پژوهش حاضر، فتوحی‌چپانه و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند که بیشترین عملکرد زیستی ذرت از کشت خالص و کم‌ترین آن از کشت مخلوط به‌دست آمد. آن‌ها نتیجه گرفتند که دلیل این امر افزایش رقابت درون گونه‌ای ذرت باشد. زیرا ذرت در مخلوط با گیاهانی که نسبت به آن ارتفاع کمتری دارند، گونه غالب بوده و عملکرد آن کمتر تحت تاثیر گیاه همراه قرار می‌گیرد و افزایش تراکم ذرت به کاهش عملکرد زیستی لوبیا در کشت مخلوط منجر شد.

با افزایش مصرف نیتروژن، به دلیل تأثیر آن بر گسترش سطح برگ و در نتیجه پوشش‌دهی بهتر سطح مزرعه، کارایی استفاده از نور افزایش می‌یابد، که خود منجر به افزایش عملکرد زیستی گیاهان می‌گردد. کاکابوکی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که تجمع زیست توده به صورت خطی و مثبت تحت تأثیر عرضه نیتروژن قرار می‌گیرد و حداکثر تجمع زیست توده در بالاترین سطح از نیتروژن (200 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن با مصرف توأم کود زیستی نیتروکسین به همراه کود شیمیایی نیتروژن از عوامل افزایش عملکرد زیستی می‌باشد. کود زیستی نیتروکسین با تولید اکسین، سیتوکینین و جیبرلین می‌تواند بر رشد رویشی گیاه اثر گذاشته و وزن اندام‌های هوایی را افزایش دهد.

شاخص برداشت: بین سطوح کودی کمترین شاخص برداشت گلرنگ مربوط به تیمار بدون مصرف کود بود و با افزایش مصرف کود شیمیایی شاخص برداشت نیز به طور معنی داری افزایش یافت به طوری که کاربرد 50 و 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب افزایش $3/6$ و $9/3$ درصدی در شاخص برداشت گلرنگ ایجاد کردند (جدول ۴). شاخص برداشت در گیاهان نتیجه نهایی تسهیم مواد پرورده است. شاخص برداشت به نسبت جزء مطلوب برداشت شده (عملکرد اقتصادی) به زیست توده اندام‌های هوایی گیاه زراعی (عملکرد زیستی) در زمان برداشت اطلاق می‌شود (کوچکی و همکاران ۲۰۱۲). شاخص برداشت یک وسیله است و هدف نیست و صرفاً شاخص برداشت بالا ملاک نمی‌باشد. زیرا ممکن است شاخص برداشت بالا در نتیجه کاهش صورت و مخرج کسر حاصل شود. شاخص برداشت بالا زمانی قابل قبول می‌باشد که حاصل از افزایش کل ماده خشک تولید شده در مزرعه یا افزایش سهم عملکرد اقتصادی و یا هر دو آن‌ها باشد (احمدوند و حاجی‌نیا ۲۰۱۷). لذا باید شاخص برداشت را همراه با عملکرد زیستی و عملکرد دانه مورد بررسی قرار داد.

استفاده مناسب از کود تعداد مقصدهای فرآورده‌های فتوسنتزی حاصل از رشد رویشی را افزایش داده که باعث می‌شود فرآورده‌های فتوسنتزی به موقع به دانه‌ها

۷۵ درصد باقلا گزارش دادند.

می‌توان اظهار نمود که با توجه به نقش بسیار مهمی که عناصر غذایی از جمله نیتروژن در رشد رویشی گیاه دارند، کاربرد کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه با ایجاد افزایش رشد ریشه، حجم زیادی از خاک را در دسترس گیاه قرار می‌دهند و باعث افزایش رشد و ارتفاع گیاه می‌شوند. افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه کاربرد کودهای زیستی را ناشی از افزایش گسترش ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید مواد تنظیم کننده رشد از جمله جیبرلین و اکسین‌ها گزارش شده است (توکی کاخکی ۲۰۱۶). شفقی و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی اثر کود زیستی نیتروکسین بر کشت مخلوط ذرت و شنبلله مشاهده نمودند بیشترین ارتفاع بوته ذرت (۲۰۲/۲ سانتی‌متر) با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و بعد از آن (۱۹۵/۲ سانتی‌متر) با کاربرد کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی حاصل شد. ستوده و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که ارتفاع بوته در گیاه کنجد تحت تاثیر باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت.

قطر ساقه: نتایج مقایسه میانگین اثر کود نیتروژن نشان داد که بیشترین قطر ساقه ماش (۱۲/۰۶ میلی‌متر) از سطح کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و کمترین آن نیز (۶/۷۶ میلی‌متر) از تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن (سطح صفر) به‌دست آمد که با یکدیگر اختلاف ۷۸/۴۰ درصدی نشان دادند (جدول ۸). با افزایش مواد غذایی، بهره‌گیری بوته‌ها از عناصر غذایی افزایش و رشد بوته بهبود می‌یابد و موجب افزایش قطر ساقه می‌گردد. همچنین با افزایش مواد غذایی به‌خصوص نیتروژن شاخص سطح برگ افزایش و میزان نور دریافتی نیز توسط گیاه بیشتر می‌شود و با افزایش فتوسنتز توسط گیاه قطر ساقه افزایش می‌یابد (فرجی مهمانی و همکاران، ۲۰۱۴). پس می‌توان اظهار نمود که در پژوهش حاضر با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه مواد غذایی و نیتروژن تثبیت شده بیشتر در دسترس بوده و قطر ساقه نیز افزایش یافته است. ستوده و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که قطر ساقه در گیاه کنجد تحت تاثیر باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت.

منتقل و در نتیجه شاخص برداشت افزایش یابد. نیتروژن باعث تحریک بیشتر رشد رویشی و از بین رفتن تعادل بین رشد زایشی و رویشی می‌شود و از این طریق باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود (طباطبایی و همکاران ۲۰۲۰). بالا بودن شاخص برداشت در اثر افزایش نیتروژن می‌تواند به دلیل افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی در این تیمارها باشد. با توجه به اینکه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی بدست می‌آید، هر عاملی که عملکرد دانه را افزایش دهد شاخص برداشت را نیز افزایش خواهد داد.

صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد ماش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر کود نیتروژن، الگوهای کشت و برهم‌کنش آن‌ها بر صفات ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن هزار دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال خطای پنج درصد و بر صفات شاخص کلروفیل برگ، عملکرد دانه و عملکرد زیستی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد. در صفت قطر ساقه نیز فقط اثر اصلی نیتروژن معنی‌دار شد (جدول ۶).

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از مقایسه میانگین حاکی از آن است که از بین سطوح کود نیتروژنه مورد استفاده کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + باکتری نیتروکسین نسبت به سطوح عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از ارتفاع ماش بیشتری برخوردار بود و در هر سه سطح کودی کاربرد الگوی کشت به‌صورت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ (۵۰:۵۰) نسبت به سایر الگوهای کشت دارای ارتفاع بیشتری بود. هر چند در سطوح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + باکتری نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن اختلاف معنی‌داری بین سایر الگوهای کشت مشاهده نگردید (جدول ۷). از آنجا که در کشت مخلوط گیاه فشار رقابتی درون‌گونه‌ای کم‌تری نسبت به کشت خالص تحمل می‌کند، افزایش رشد رویشی و ارتفاع مشاهده می‌شود. در پژوهشی اسلامی‌خلیلی و همکاران (۲۰۱۱) حداکثر ارتفاع گیاه باقلا را در کشت مخلوط جایگزینی باقلا و جو در نسبت کشتی ۲۵ درصد جو و

شاخص کلروفیل: در سطوح تیماری صفر و کاربرد

۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه به همراه کود زیستی نیتروکسین بیشترین شاخص کلروفیل به ترتیب مربوط به الگوهای کشت مخلوط ۱:۱ و ۲:۱ ماش و گلرنگ بود و کمترین مقدار این صفت در این دو تیمار کودی مربوط به الگوی کشت ۲:۱ ماش و گلرنگ بود. در سطح کودی مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوتی بین الگوهای کشت از لحاظ شاخص کلروفیل ماش وجود نداشت. (جدول ۷).

به نظر می‌رسد که علت افزایش شاخص کلروفیل در کشت مخلوط یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ نسبت به کشت خالص قدرت رقابتی برابر ماش و گلرنگ در جذب عناصری مانند منیزیم بوده که در پی آن مقدار کلروفیل گیاه ماش در کشت مخلوط ۵۰:۵۰ نسبت به کشت خالص افزایش یافته است. همسو با پژوهش حاضر، چنین نتیجه‌ای را نیز از نقش مثبت نیتروژن بر افزایش شاخص سبزی‌نگی به علت نقش نیتروژن به عنوان یک عنصر ساختاری در کلروفیل و پروتئین‌هایی که در تشکیل و تجمع کلروپلاست نقش ایفا می‌کنند، قابل انتظار است (غیائی اسکویی و همکاران ۲۰۱۸). در پژوهش نصراله‌زاده و همکاران (۲۰۱۷) نیز بیشترین محتوای کلروفیل برگ در مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژنه با ۶۴/۴ به دست آمد و کمترین کلروفیل مربوط به مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه با ۲۷/۹ واحد اسپد حاصل گردید. همچنین به نظر می‌رسد که کاربرد کود زیستی در خاک با تولید مواد محرک رشد، افزایش جمعیت میکروبی خاک و همچنین دسترسی و جذب کاراتر عناصر غذایی منجر به افزایش سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ شده‌اند.

تعداد نیام در بوته: نتایج مقایسه میانگین نشان داد به‌طور کلی سطح کودی کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و همچنین از بین الگوهای مختلف کشت، الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ از تعداد نیام در بوته بیشتری برخوردار بود. در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژنه (سطح صفر) بیشترین تعداد نیام در بوته ماش (۱۳/۲۰ عدد) از الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ و کمترین آن نیز (۱۰/۴۳)

عدد) از الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ به‌دست آمد که با الگوی کشت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ در یک گروه آماری قرار گرفت و با کشت خالص ماش اختلاف ۲۰/۴۲ درصدی نشان داد (جدول ۷).

در سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ با میانگین ۱۷/۱۰ عدد، تعداد نیام در بوته بیشتری نشان داد که نسبت به کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ که از کمترین تعداد نیام در بوته برخوردار بود موجب افزایش ۱۷/۳۶ درصدی در تعداد نیام در بوته گردید (جدول ۷). در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن نیز الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ از بیشترین تعداد نیام در بوته (۱۶/۰۳ عدد) برخوردار بود که با سایر الگوهای کشت اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۷). همچنین نتایج نشان داد در تیمارهایی که تعداد ردیف ماش دو برابر ردیف گلرنگ است، تعداد نیام در بوته ماش کاهش یافته است که این بیش‌تر می‌تواند به قدرت رقابت بین ماش مرتبط باشد. رضائی چیاپه (۲۰۱۶) اظهار داشت که بیشترین تعداد غلاف در بوته لوبیا از نسبت کشتی یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بذرک به‌دست آمد که دلیل این امر را تثبیت بهتر نیتروژن توسط گیاه لگوم گزارش دادند که در نهایت موجب افزایش تعداد غلاف در بوته گردیده است.

توکل کاخکی (۲۰۱۶) بیان نمودند که نیتروژن استفاده شده در آزمایش چه در کود شیمیایی و چه در کود زیستی با افزایش شاخص سطح برگ و تولید ماده‌ی خشک در گیاه و حفظ سطح فتوسنتزی طی گل‌دهی منجر به افزایش شاخص سطح برگ و افزایش دریافت نور می‌گردد که این امر موجب افزایش مدت و میزان فتوسنتز و نهایتاً منجر به افزایش غلاف‌دهی و افزایش کمی و کیفی عملکرد می‌گردد. همچنین بهبود وضعیت تغذیه‌ای در اثر افزودن کود نیتروژن، رشد و توسعه سایه‌انداز گیاهی سریع‌تر شروع می‌شود و پوشش گیاهی سریع‌تر سطح خاک را می‌پوشاند که باعث کاهش از دست رفتن آب از سطح خاک می‌گردد و همین عامل موجب افزایش رشد و تعداد غلاف در بوته می‌گردد (اسلامی خلیلی و همکاران، ۲۰۱۸).

جدول ۶- تجزیه واریانس برای برخی از صفات ماش در سطوح مختلف کود نیتروژن و الگوهای کشت

میانگین مربعات										
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	شاخص کلروفیل	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد زیستی	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۴/۲۰	۰/۴۵	۷/۹۴	۸۹/۸۳	۹/۵۲	۱/۰۸	۱۴/۲۸	۲۷۲۷/۸۴	۴/۶۶
کود نیتروژن	۲	۵۰۷/۴*	۹۳/۵**	۲۲۲/۳**	۴۷/۹۸**	۱۱۶/۹**	۲۱۱**	۵۱۱۹/۴**	۱۲۳۵۱۹**	۴۳/۷۲**
خطای عامل اصلی	۴	۹/۸۲	۰/۲۷	۶/۲۹	۱۲/۹۰	۰/۴۸	۱/۶۹	۵۵/۹۷	۳۹۳۲/۲۵	۱۳/۲۶
الگوی کشت	۳	۱/۵۸ ^{ns}	۰/۳۲ ^{ns}	۸۶/۱۸**	۱۳/۶۸**	۱۴/۳۳**	۶/۷۲*	۱۰۷۲۰**	۱۵۶۳۵۰**	۳۷/۱۱**
کود نیتروژن × الگوی کشت	۶	۲۹/۲۲*	۰/۲۵ ^{ns}	۹۶/۴۸**	۳/۶۴*	۳/۰۸*	۴/۹۸*	۵۵۲/۶۳**	۱۲۳۰۹**	۱۱/۴۹*
خطای آزمایش	۱۸	۱۰/۳۰	۰/۲۱	۶/۲۴	۱/۲۹	۰/۹۴	۱/۵۱	۴۰/۹۶	۱۸۴۱	۴/۵۳
ضریب تغییرات (%)		۲/۹۷	۴/۷۷	۵/۶۸	۸/۱۶	۷/۹۱	۳/۶۵	۴/۲۰	۸/۳۲	۷/۰۶

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، معنی داری در سطوح خطای احتمال ۱ درصد و ۵ درصد را نشان می دهد.

تعداد دانه بیش تر در نیام باعث ایجاد یک مخزن قوی جهت ذخیره ی مواد فتوسنتزی می گردد، بنابراین فتوسنتز جاری و انتقال مجدد بیش تر به سمت دانه حرکت می کنند و باعث افزایش وزن دانه ها می شوند (رضائی چپانه ۲۰۱۶). شواهد زیادی وجود دارد که تعداد دانه در نیام نسبت به تعداد غلاف در بوته از تغییرات کمتری برخوردار بوده و کمتر تحت تاثیر شرایط محیطی و مدیریت های زراعی قرار می گیرد (اسلامی خلیلی و همکاران ۲۰۱۱).

تعداد دانه در نیام: طبق جدول ۷ مشاهده گردید در سطح صفر، الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ دارای بیشترین تعداد دانه در نیام (۱۰/۳۳ عدد) بود و پس از آن الگوهای کشت خالص ماش و یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ (۹/۳۳ عدد) قرار گرفت که اختلاف بین آن ها ۹/۶۸ درصد بود. همچنین کمترین تعداد دانه در نیام نیز (۶/۶۶ عدد) از الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ حاصل شد. در سطح کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ باکتری نیتروکسین از کشت خالص ماش بیشترین تعداد دانه در نیام (۱۷ عدد) و از کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ کمترین تعداد دانه در نیام (۱۲/۶۶ عدد) حاصل شد (جدول ۷). همچنین در سطح کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن تمامی الگوهای کشت در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای برخی صفات مورد بررسی در ماش

نیتروژن (Kg ha ⁻¹)	الگوی کشت مخلوط	ارتفاع (cm)	شاخص کلروفیل	تعداد نیام در بوته	تعداد دانه در نیام	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (g m ⁻²)	عملکرد زیستی (g m ⁻²)	شاخص برداشت (%)
صفر	کشت خالص ماش	۶۲/۳۶ ^a	۳۲/۱۳ ^c	۱۲/۵۶ ^b	۹/۳۳ ^b	۲۹/۳۳ ^a	۱۵۸/۹۰ ^a	۴۹۳/۹۷ ^a	۳۲/۳۱ ^a
	دو ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۵۷/۹۳ ^b	۳۱/۶۶ ^c	۱۰/۴۳ ^c	۶/۶۶ ^c	۲۷/۶۰ ^a	۱۲۷/۸۹ ^b	۴۱۹/۸۳ ^b	۳۰/۴۸ ^a
	یک ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۶۴/۱۰ ^a	۴۳/۶۰ ^a	۱۳/۲۰ ^a	۱۰/۳۳ ^a	۲۹/۹۰ ^a	۱۱۶/۳۳ ^c	۳۸۳/۱۱ ^c	۳۰/۳۸ ^a
	یک ردیف ماش : دو ردیف گلرنگ	۵۷/۱۶ ^b	۳۹/۴۳ ^b	۱۱/۸۰ ^c	۹/۳۳ ^b	۲۸/۷۰ ^a	۱۱۳/۶۳ ^c	۳۴۸/۴۹ ^d	۳۲/۶۷ ^a
۵۰ + کود زیستی نیتروکسین	کشت خالص ماش	۷۲/۴۶ ^a	۴۱/۸۶ ^b	۱۶/۵۶ ^b	۱۷/۰۰ ^a	۳۷/۰۳ ^a	۲۳۷/۳۷ ^a	۸۶۰/۳۷ ^a	۲۷/۸۹ ^b
	دو ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۷۳/۰۳ ^a	۳۶/۱۳ ^c	۱۴/۱۳ ^c	۱۲/۶۶ ^d	۳۳/۶۶ ^b	۱۴۸/۱۳ ^b	۶۲۳/۵۵ ^b	۲۳/۷۹ ^c
	یک ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۷۴/۵۳ ^a	۵۴/۴۳ ^b	۱۷/۱۰ ^a	۱۶/۳۳ ^b	۳۷/۴۰ ^a	۱۵۲/۹۰ ^b	۵۰۲/۲۰ ^c	۳۰/۴۷ ^a
	یک ردیف ماش : دو ردیف گلرنگ	۷۳/۰۳ ^a	۴۴/۲۶ ^a	۱۶/۱۶ ^b	۱۴/۳۳ ^c	۳۷/۰۶ ^a	۱۳۸/۶۵ ^c	۴۸۰/۰۶ ^d	۲۹/۶۲ ^a
۱۰۰	کشت خالص ماش	۶۷/۶۶ ^a	۴۴/۹۰ ^a	۱۴/۶۳ ^b	۱۳/۶۶ ^a	۳۶/۷۶ ^a	۲۱۳/۹۹ ^a	۷۴۶/۴۱ ^a	۲۸/۹۰ ^c
	دو ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۶۷/۳۰ ^a	۴۳/۰۰ ^a	۱۱/۵۰ ^d	۱۲/۶۶ ^a	۳۴/۱۶ ^b	۱۴۱/۸۶ ^b	۴۹۵/۴۸ ^c	۲۸/۷۹ ^c
	یک ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۷۱/۷۰ ^a	۴۴/۹۳ ^a	۱۶/۰۳ ^a	۱۳/۰۰ ^a	۳۶/۶۳ ^a	۱۴۲/۱۴ ^b	۴۶۳/۳۸ ^d	۳۰/۸۰ ^b
	یک ردیف ماش : دو ردیف گلرنگ	۶۴/۹۳ ^a	۴۳/۷۶ ^a	۱۲/۹۶ ^c	۱۲/۰۰ ^a	۳۶/۴۰ ^a	۱۳۳/۵۷ ^c	۳۷۷/۷۰ ^b	۳۵/۴۶ ^a

در هر سطح نیتروژن میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر نیتروژن برای قطر ساقه در ماش

نیتروژن (Kg ha ⁻¹)	قطر ساقه (mm)
صفر	۶/۷۶ ^c
۵۰ + کود زیستی نیتروکسین	۱۲/۰۶ ^a
۱۰۰	۷/۹۰ ^b

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد می‌باشد.



غذایی بهتری به دانه رسیده و وزن هزار دانه افزایش یافته است. رضائی چپانه (۲۰۱۶) اظهار داشت که بیشترین وزن صد دانه لوبیا از نسبت کشتی یک ردیف لوبیا+ یک ردیف بذک به دست آمد که دلیل این امر را تثبیت بهتر نیتروژن توسط گیاه لگوم گزارش دادند که در نهایت موجب افزایش وزن دانه گردیده است.

وزن هزار دانه مستقیماً تحت تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا غلاف‌ها تأمین شوند و وزن هزار دانه یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه ماش بوده و کاهش یا افزایش آن می‌تواند نقش زیادی در کاهش یا افزایش عملکرد دانه داشته باشد (توکلی کاخکی ۲۰۱۶). در آزمایش قنبری و همکاران (۲۰۲۰) اثر نیتروژن روی گیاه شنبلیله در شرایط کشت مخلوط با جو مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص گردید در سطوح بالای نیتروژن به دلیل افزایش مواد غذایی قابل حصول و بهبود توانایی گیاه شنبلیله در استفاده از شرایط محیطی جهت انجام فتوسنتز، سبب افزایش وزن هزار دانه گردیده است. همزیستی گیاهان با باکتری‌های محرک رشد سبب بهبود رشد، افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز می‌شود که در نتیجه آن در مرحله پر شدن دانه شیره پرورده کافی به دانه‌ها انتقال یافته و دانه‌های درشت با وزن زیاد به دست می‌آید. در تحقیق حاضر نیز احتمالاً باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین از طریق تثبیت نیتروژن برای گیاه موجب پر شدن و افزایش وزن دانه می‌شوند.

عملکرد دانه: بررسی روند تغییرات عملکرد دانه نشان می‌دهد که با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر سطوح کودی افزایش یافته است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که

باید بیان نمود که پس از تشکیل نیام ها مرحله افزایش طول نیام آغاز می‌شود و نیام ها در این مرحله هتروتروف هستند یعنی برای رشد نیاز به مواد فتوسنتزی دارند. در این دوره حداکثر طول نیام حاصل می‌شود و تعداد دانه نیز تا حدودی تعیین می‌شود. بنابراین غنی بودن خاک از نیتروژن در این دوره بر دوام سطح برگ، میزان کلروفیل و بهبود تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به نیام ها و دانه‌های در حال رشد اثر می‌گذارد که موجب افزایش تعداد دانه در نیام می‌شود (آچاکزای و حبیب‌اله ۲۰۱۲). در تحقیق حاضر نیز به نظر می‌رسد کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن با افزایش نیتروژن در دسترس گیاه موجب افزایش دوام سطح برگ و در نهایت تعداد دانه در نیام گردیده است.

وزن هزار دانه: نتایج مقایسه میانگین نشان داد در سطح عدم کاربرد کود نیتروژن (سطح صفر) اختلاف معنی‌داری بین الگوهای کشت وجود ندارد. در سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین، الگوی کشت به صورت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ بالاترین وزن هزار دانه را داشت. اما کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ از کمترین وزن هزار دانه برخوردار بود (جدول ۷). در سطح کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن، الگوی کشت خالص ماش از بیشترین وزن هزار دانه (۳۶/۷۶ گرم) برخوردار بود که با الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ که از کمترین وزن هزار دانه (۳۴/۱۶ گرم) برخوردار بود اختلاف ۷/۰۷ درصدی نشان داد (جدول ۷).

به نظر می‌رسد در نسبت کشت یک ردیف ماش+ یک ردیف گلرنگ (۵۰:۵۰) با توجه به تشکیل کانوی بهتر گیاه ماش و دریافت بهتر نور جهت فتوسنتز، این گیاه توانسته میزان فتوسنتز خود را افزایش داده که در پی آن مواد



بیشترین عملکرد دانه در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب با میانگین‌های ۱۵۸/۹۰، ۲۳۷/۳۷ و ۲۱۳/۹۹ گرم بر متر مربع از کشت خالص ماش حاصل شد که با عملکرد دانه در سایر الگوی کشت تفاوت معنی-داری را نشان داد. این در حالی است که کمترین عملکرد دانه در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب با میانگین‌های ۱۱۳/۶۳، ۱۳۸/۶۵ و ۱۳۳/۵۷ گرم بر متر مربع از کشت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ حاصل شد (جدول ۷).

در کشت مخلوط از نوع جایگزینی با توجه به اینکه در نسبت‌های مخلوط از تراکم گیاه نسبت به خالص کاهش می‌یابد، کاهش عملکرد در نسبت‌های مخلوط دور از انتظار نیست. نتایج تحقیقات نظری و همکاران (۲۰۱۲) در تاثیر کشت مخلوط ذرت و ماش بر عملکرد و اجزای عملکرد و زیست‌توده علف‌هرز نتیجه گرفتند که بالاترین میزان عملکرد دانه ذرت مربوط به تیمار (۱۰۰ درصد ذرت + ۲۵ درصد ماش) بود. کود نیتروژن باعث افزایش رشد رویشی و زایشی شده و در نتیجه باعث بقای تعداد گل‌های بارور شده از طریق افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه گردیده است که این امر باعث عملکرد دانه بیشتر در مقادیر بالاتر نیتروژن می‌باشد؛ در واقع می‌توان علت افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن را به افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و وزن هزار دانه آن نسبت داد. افزایش عملکرد دانه در اثر افزایش مقدار کود نیتروژن ممکن است به علت تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی باشد (ال-بارزینجی و همکاران ۲۰۰۳). افزایش عملکرد در زمان استفاده از کود زیستی می‌تواند ناشی از وجود جمعیت میکروبی در خاک، در اثر تلقیح بذور با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد باشد که به وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های گیاهی ریشه و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد گیاه می‌شوند (یزدی و همکاران ۲۰۱۸).

عملکرد زیستی: در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن (سطح صفر) بیشترین عملکرد زیستی (۴۹۳/۹۷ گرم بر

متر مربع) در الگوی کشت خالص به دست آمد که با سایر الگوهای کشت اختلاف معنی‌داری نشان داد و کمترین آن نیز از الگوی کشت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ (۲۴۸/۴۹ گرم متر مربع) حاصل شد (جدول ۷). در شرایط کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین بیشترین عملکرد زیستی (۸۶۰/۳۷ گرم بر متر مربع) در الگوی کشت خالص و کمترین آن نیز از الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ (۴۸۰/۰۶ گرم بر متر مربع) به دست آمد که بین آن‌ها اختلاف ۴۴/۲۰ درصدی مشاهده شد (جدول ۷). در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نیز بیشترین عملکرد زیستی (۷۴۶/۴۱ گرم بر متر مربع) در الگوی کشت خالص حاصل شد که با الگوهای کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ، یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ و یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ به ترتیب اختلاف ۳۳/۸۸، ۳۷/۹۱ و ۴۹/۳۹ نشان داد (جدول ۷).

نتیجه تحقیق حاضر دور از انتظار نیست چرا که به دلیل وجود رقابت بین گونه‌ای تمامی منابع موجود در اختیار ماش قرار نگرفته است. بنابراین تحت این شرایط هر بوته، بر سر منابع در دسترس (آب، نور، مواد غذایی و فضا) رقابت کرده که این موضوع می‌تواند یکی از علل کاهش عملکرد زیستی ماش در کشت مخلوط باشد. می‌توان نتیجه گرفت که رشد و عملکرد زیستی یک گونه با افزایش تراکم گونه دیگر در کشت مخلوط کاهش پیدا می‌کند. مشابه چنین نتیجه‌ای را رضائی چیا نه (۲۰۱۶) در بررسی کشت مخلوط لوبیا و بذرک بدست آوردند و آنان علت کاهش عملکرد زیستی لوبیا را به دلیل افزایش رقابت برون گونه‌ای با بذرک عنوان کردند. بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که در تراکم‌های بالاتر گلرنگ، ماش توان رقابتی ضعیفی را دارا می‌باشد و عملکرد آن بیشتر تحت تأثیر تراکم قرار می‌گیرد. واضح است که افزایش عملکرد هر دو گیاه در کشت خالص به خاطر تراکم بیشتر آن می‌باشد (رضوانی مقدم و مرادی ۲۰۱۲). افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، با مصرف توأم کودهای شیمیایی نیتروژن و زیستی نیتروکسین از عوامل افزایش عملکرد زیستی می‌باشد. حصول چنین نتیجه‌ای گویای این مطلب است که احتمالاً

نیتروژن تمامی مشخصه‌های مؤثر بر عملکرد زیستی همچون، ارتفاع و تعداد شاخه فرعی، اندازه برگ، تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه، را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نهایت موجب افزایش عملکرد زیستی می‌گردد.

شاخص برداشت: نتایج حاصل از مقایسه میانگین حاکی از آن است که در سطح عدم کاربرد نیتروژن (سطح صفر) تمامی الگوهای کشت در یک گروه آماری قرار گرفتند. در شرایط کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ باکتری نیتروکسین، الگوی کشت به صورت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ (۵۰:۵۰) نسبت به سایر الگوهای کشت دارای شاخص برداشت بیشتری بود و با الگوی کشت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین این سطح الگوی کشت موجب افزایش ۲۱/۹۲ درصدی نسبت به الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ در شاخص برداشت شد (جدول ۷). در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن الگوی کشت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ شاخص برداشت بیشتری را نسبت به سایر الگوهای کشت ایجاد نمود و موجب افزایش ۱۸/۸۰ درصدی شاخص برداشت نسبت به الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ گردید (جدول ۷).

یکی از معیارهای مورد ارزیابی در سرمایه‌گذاری گیاهان زراعی در اندام‌های اقتصادی، شاخص برداشت می‌باشد. شاخص برداشت نسبتی از عملکرد زیستی است که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و با افزایش تسهیم ماده خشک برای عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت افزایش می‌یابد. از مهم‌ترین دلایل افزایش شاخص برداشت در تیمارهای کشت مخلوط را می‌توان به نقش مثبت گیاه ماش در افزایش جذب نیتروژن مرتبط دانست، به طوریکه این عوامل سبب افزایش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با علوفه ماش در این تیمارها شد. در حقیقت بالا بودن شاخص برداشت نمایانگر انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از گیاه به دانه می‌باشد، در این پژوهش افزایش مصرف نیتروژن باعث تخصیص بیشتر مواد پرورده به دانه و افزایش شاخص برداشت شده است که نتایج قنبری و همکاران (۲۰۲۰) نیز گویای همین مطلب

است. بالا بودن شاخص برداشت در اثر افزایش نیتروژن می‌تواند به دلیل افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد زیستی در این تیمارها باشد. با توجه به اینکه شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد زیستی بدست می‌آید، هر عاملی که عملکرد دانه را افزایش دهد شاخص برداشت را نیز افزایش خواهد داد. افزایش در وزن کل گیاه به وسیله باکتری‌های محرک رشد به واسطه افزایش در جذب عناصر غذایی و در نتیجه، رشد بهتر گیاه می‌باشد که می‌تواند موجب شاخص برداشت بالاتری گردد (نصراله زاده و همکاران ۲۰۱۷). در پژوهش حاضر میزان شاخص برداشت در شرایط کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه نسبت به کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن از شاخص برداشت کم‌تری برخوردار بود که احتمالاً دلیل آن بالاتر بودن میزان عملکرد زیستی در شرایط کاربرد کودهای زیستی می‌باشد که موجب کاهش شاخص برداشت گردیده است.

نسبت برابری زمین (LER): همانگونه که جدول مقایسه میانگین (جدول ۱۰) نسبت کل برابری زمین نشان می‌دهد، میزان این شاخص در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک و بین ۱/۱۵ تا ۱/۴۴ بود. در مجموع نسبت برابری زمین بالاتر از یک در این آزمایش نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در این الگوهای کشت می‌باشد. در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن+ کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بیشترین LER به ترتیب با میانگین‌های ۱/۳۴، ۱/۳۶ و ۱/۴۴ از الگوی کشت دو ردیف ماش و یک ردیف گلرنگ حاصل شد که نشان می‌دهد در کشت خالص باید به ترتیب در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن+ کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن ۳۴، ۳۶ و ۴۴ درصد سطح زمین را افزایش دهیم تا عملکردهای حاصل از کشت مخلوط بدست آید.

نسبت برابری زمین معیاری از جذب نور در جامعه گیاهان مخلوط است. اگر میزان برابری زمین بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده بهبود جذب نور است. همچنین LER بیشتر از یک می‌تواند ناشی از کارایی مصرف نور بالاتر در مخلوط در مقایسه با کشت خالص باشد. دهمرده

(۲۰۱۳) در ارزیابی سودمندی کشت مخلوط و عملکرد در کشت مخلوط جو و عدس اظهار نمود که سیستم کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر صفاتی نظیر ارتفاع بوته، عملکرد زیستی و عملکرد اقتصادی دو گیاه داشت. بالاترین LER مربوط به تیمار ۳ ردیف جو + ۳ ردیف عدس (۲/۶۱) و کمترین LER مربوط به تیمار ۲ ردیف جو + ۴ ردیف عدس بود.

بطور کلی کاربرد نیتروژن از منبع شیمیایی و زیستی از طریق بهبود عملکرد در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باعث شد که میزان نسبت برابری زمین در مخلوط در تیمارهای کاربرد کود نیتروژن بیشتر از نسبت برابری زمین در مخلوط‌های با عدم کاربرد کود نیتروژن باشد. می‌توان علت برتری الگوی کشت دو ردیف ماش و یک ردیف گلرنگ را چنین استنباط نمود، هنگامی که حبوبات همراه با گیاهان دیگر به صورت مخلوط کشت می‌شوند، نیتروژن تثبیت شده توسط این دسته از گیاهان در خاک می‌تواند به گیاه همراه در کشت مخلوط منتقل و در نتیجه منجر به افزایش محصول آن گردد.

جدول ۱۰- مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای نسبت برابری زمین در ماش

نسبت برابری زمین	الگوی کشت مخلوط	نیتروژن (Kg ha^{-1})
۱/۳۴ ^a	دو ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	صفر
۱/۳۲ ^b	یک ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	
۱/۲۰ ^c	یک ردیف ماش : دو ردیف گلرنگ	
۱/۳۶ ^a	دو ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۵۰ + کود زیستی نیتروکسین
۱/۳۱ ^b	یک ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	
۱/۱۵ ^c	یک ردیف ماش : دو ردیف گلرنگ	
۱/۴۴ ^a	دو ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	۱۰۰
۱/۳۲ ^b	یک ردیف ماش : یک ردیف گلرنگ	
۱/۳۴ ^b	یک ردیف ماش : دو ردیف گلرنگ	

در هر سطح نیتروژن میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این آزمایش بیانگر آن است که کشت مخلوط گلرنگ و ماش نسبت به کشت خالص آن‌ها موجب بهبود درصد روغن دانه در گلرنگ شد. در هر دو گونه کشت خالص گلرنگ و ماش و کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن افزایش عملکرد دانه و عملکرد زیستی به‌دنبال داشته است اما این سطح کودی موجب کاهش درصد روغن در گلرنگ شد. همچنین با توجه به اینکه شاخص نسبت برابری زمین در نسبت‌های کشت مخلوط گلرنگ و ماش از یک بیشتر بود می‌توان

بیان نمود با اجرای سیستم‌های کشت مخلوط جایگزینی به‌همراه تلفیق کود شیمیایی و زیستی نیتروژن گامی مؤثر در تولید پایدار این دو محصول برداشت.

سپاسگزاری

بدینوسیله نویسندگان از دانشگاه یاسوج و مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به جهت فراهم نمودن شرایط انجام این تحقیق سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

- Achakzai AK and Habibullah K. 2012. Effect of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of mungbean (*Vigna radiata*) grown in Quetta. Pakistan Journal of Botany, 44(3): 981-987.
- Ahmad A, Khan I, Anjum NA, Abrol YP and Iqbal M. 2005. Role of sulphate transporter systems in sulphur efficiency of mustard genotypes. Plant Science, 169: 842-846. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.05.036>.
- Ahmadi MF, Mondani M, Khoramivafa G, Mohammadi R and Shirkhani A. 2018. Evaluation of nitrogen uptake and productivity of maize cultivars (*Zea mays* L.) under Kermanshah climate conditions. Journal of Agroecology, 10(1): 234-247. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JAG.V10I1.56935>
- Ahmadvand G and Hajinia S. 2017. Effect of intercropping on water use efficiency, yield quantity and quality of millet and soybean in irrigation regimes. Iranian Journal of Field Crop Science, 49(4): 97-113. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.230808.654302>
- Al-barzinjy M, Stolen O and Christiansen JL. 2003. Comparison of growth, pod distribution and canopy structure of old and new cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Scandinavia, Plant and Soil Science, 53:138-146.). <https://doi.org/10.1080/09064710310007714>
- Amirusoefti M and Sharifi P. 2016. The effect of nitrogen fertilizer and *Azospirillum brasilense* bacterium on some properties of wheat at Jozan, Isfahan. Journal of Crop production and processing, 7(26): 29-43. (In Persian with English Abstract). <http://jcnp.iut.ac.ir/article-1-2590-en.html>
- Basra SMA, Iqbal S and Afzal I. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. International Journal of Agriculture and Biology, 16(5): 886-892.
- Bigonah R, Rezvani Moghaddam P and Jahan M. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of coriander and fenugreek. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(3): 369-377. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/GSC.V12I3.42213>
- Biswas UA, Kundu A, Labar M and Datta MK. 2017. Bio-efficacy and phytotoxicity of 2, 4-D Dimethyl Amine 50% SL for weed control in potato and its effect on succeeding crop greengram. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(11): 1261-1267. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.611.150>
- Dahmardeh M. 2013. Intercropping Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Lentil (*Lens culinaris* L.): Yield and intercropping advantages. Journal of Agricultural Science, 5: 209-213. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n4p209>
- Esitken A, Pirlak L, Turan M and Sahin F, 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. Scientia Horticulturae, 110: 324-327. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.07.023>
- Eslami Khalili F, Pirdashti H and Motaghian A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. Journal of Agroecology, 3(1): 94-105. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JAG.V3I1.9974>
- Esmailzadeh M, Babazadeh H, Naghavi H, Saremi A and Shiresmaeili, GH. 2021. Evaluation of yield, yield components and photosynthesis of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in response to combined salinity and drought stresses at vegetative growth stage. Journal of Crop Ecophysiology, 57(57): 91-108. (In Persian with English Abstract). . <https://sid.ir/paper/998222/en>

- Faraji Mehmany A, Esmaelpour B, Sefidkon F, Abbaszadeh B, Khavazi K and Ghanbari A. 2014. Effects of biofertilizers on growth criteria, quantitative and qualitative yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology, 6(4): 870-879. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2017.139258.654006>
- Fotohi Chianeh S, Javanshir A, Dabbagh Mohammadi Nassab A, Zand E, Razavi F and, Rezaei Chianeh E. 2012. Effect of various corn (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping densities on crop yield and weed biomass. Journal of Agroecology, 4(2):131-143. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JAG.V4I2.14966>
- Génard T, Etienne P, Diquélou S, Yvin J C, Revellin C and andLainé P. 2017. Rapeseed-legume intercrops: plant growth and nitrogen balance in early stages of growth and development. Heliyon, 3: 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00261>
- Geren H. 2015. Effect of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. Turkish Journal of Field Crops, 20(1): <https://doi.org/59-64>. 10.17557/39586
- Ghanbari M, Mokhtassi-Bidgoli A, Mansour Ghanaei-Pashaki K and Talebi-Siah Saran P. 2020. The study of physiological and biochemical characteristics of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in response to bio-fertilizers and different irrigation regimes. Journal of Agricultural Science and sustainable production, 31(1): 23-37. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.12774>
- Ghiasi-Oskoei M, Aghaalikhani M, Sefidkon F and okhtassi-Bidgoli A. 2018. Effects of nitrogen rate and plant density on grain yield and nitrogen use efficiency of blessed thistle. Journal of Crops Improvement, 20(3): 643-654. <https://doi.org/10.22059/jci.2018.253796.1960>
- Habib Porkashefi E, Gharineh MH, Shafeinia AR and Roozrokh M. 2017. Effect of different levels of zeolite on yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress in Kermanshah climate condition. Plant Production Technology, 9(1): 141-151. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22084/PPT.2017.2209>
- Haghjoo M and Bahrani A. 2014. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on grain yield, yield components and dry matter remobilization of maize CV. SC260 Iranian Journal of Crop Sciences, 16(4): 278-292. (In Persian with English Abstract). <http://agrobreedjournal.ir/article-1-22-en.html>
- Hamzaei J. 2012. Evaluation of yield, spad index, land use efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). Journal of Crop Production and processing, 4(2):92-97. (In Persian with English Abstract). <http://jcnp.iut.ac.ir/article-1-1543-en.html>
- Hamzei J and Davoudian R. 2019. Evaluarion of agrophysiological indices and yield performance in canola/chickpea intercropping. Journal of Agroecology, 11(1): 245-259. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JAG.V11I1.65192>
- Hodiyani A, Dahmardeh M, Khammari L and Asgharipoor MR. 2016. Evaluation of tillage systems on agronomical aspects in roselle-green gram intercropping using Replacement method. Iranian Journal of Filed Crop Science, 47(2): 265-276. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2016.58860>
- Islami-Khalili F, Pirdashti HA and Mottaghian A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. Journal of Agroecology, 3(1):105-94. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JAG.V3I1.9974>
- Johnson BL, and Hanson BK. 2003. Row-spacing interactions on spring canola performance in the northern great plains. Agronomy Journal, 95: 703-708.. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.7030>
- Johnson CM and Ulrich A. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. California Agricultur Exprimental Stady Bulling, 766: 52-78.

- Keyhanian AM, Mobasser HR, Samdaliri M, Bakhshipour S, Mohammadi P and Damsi B. 2013. The effect of nitrogen fertilizer amounts and planting density on some agronomic and phenological characteristics of rapeseed (*Hyola* No. 401). *Journal of Plant Environmental Physiology*, 8(1): 56-64. (In Persian with English Abstract).
- Koochehi AR, Broumand Rezazadeh Z, Nasiri Mahalati M and Khorramdel S. 2012. Evaluation of nitrogen absorption and use efficiency in relay intercropping of winter wheat and maize. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 10(2): 344-327. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/GSC.V10I2.16215>
- Kookheki, AR, Zarkani H and Norouzian A. 2015. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus*) under different intercropping arrangements. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 14(2): 226-243. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/GSC.V14I2.51158>
- Mahdavi Khorami A, Masoud Sinaki J, Amini Dehaghi M, Rezvan SH and Damavandi A. 2018. Investigation of relationship between some quantitative and qualitative characteristics affecting sesame yield under nitrogen, potassium and drought stress. *Journal of Agricultural Science and sustainable production*, 28(2): 15-34. (In Persian with English Abstract).
- Midya A, Bhattacharjee K, Ghose SS and Banik P. 2005. Deferred seeding of blackgram (*Phaseolus mungo* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) field on yield advantages and smothering of weeds. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 191: 195-201. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2005.00157.x>
- Nagananda GS, Das A, Bhattacharya S and Kalpana T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. *International Journal of Botany*, 6: 394-403. <https://doi.org/10.3923/ijb.2010.394.403>
- Najafi NA, Mustafaei M, Dabagh Mohammadi Nesab A and Ostan, S. 2013. Effect of intercropping and farmyard manure on the growth, yield and protein concentration of corn, bean and Bitter vetch. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23 (1): 99-115. (In Persian with English Abstract).
- Nasrolahzadeh S, Shirkhani A, Zehtab Salmasi S and Choukan, R. 2017. Effects of biofertilizer and chemical fertilizer on maize yield and leaf characters in different irrigation conditions. *Applied Field Crops Research*, 29(4): 72-87. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22092/AJ.2017.109048.1111>
- Nassiri Mahallati M and Koochehi A. 2017. Trend analysis of nitrogen use and productivity in wheat (*Triticum aestivum* L.) production systems of Iran. *Journal of Agroecology*, 9(2): 360- 378. (In Persian with English Abstract) <https://doi.org/10.22067/jag.v9i2.29287>.
- Nazari S, Zand A, Asadi P and Golzardi F. 2013. Effect of additive and replacement intercropping series of corn (*Zea mays* L.) and mungbean (*Vigna radiate* L.) on yield, yield components and weed biomass. *Weed Research Journal*, 4 (2): 97-109. (In Persian with English Abstract).
- Reinhard W, Neugschwandtner R and Kaul PH. 2016. Concentrations and uptake of macronutrients by oat and pea in intercrops in response to N fertilization and sowing ratio. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(9): 1236-1249. <https://doi.org/10.1080/03650340.2016.1147648>
- Rezaei Chianeh A. 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 Agricultural Sciences and Sustainable Production*, 26(1): 56-39. (In Persian with English Abstract).
- Rezvani Moghadam P, Raoofi MR, Rashed Mohassel MH and Moradi R. 2009. Evaluation of sowing patterns and weed control on mung bean (*Vigna radiate* L. Wilczek) - black cumin (*Nigella sativa* L.) intercropping system. *Journal of Agroecology*, 1(1): 65-79. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/JAG.V1I1.2655>

- Rezvani Moghadam P and Moradi RA. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crop Science, 43 (2): 217-230. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2012.28484>
- Saeidi M, Raei Y, Amini R, Taghizadeh A and Pasban Eslam B. 2019. Evaluation of yield and protein content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in intercropping with faba bean (*Vicia faba* L.) under biological and chemical fertilizers Journal of Agricultural Science and sustainable production, 28(4): 247-260. (In Persian with English Abstract).
- Salahi T, Yadavi A, Salehi A and Balouchi H. 2019. The effect of mycorrhiza biofertilizer on yield and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.) and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in intercropping. Journal of Agricultural Science and sustainable production, 29(4): 1-17. (In Persian with English Abstract).
- Salari F, Khalesro S, Heidari G and Ghobari H. 2020. Comparison of quantitative and qualitative traits of safflower and chickpea in replacement and additive intercropping systems. Iranian Journal of Field Crop Science, 51(3): 129-138. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.269888.654549>
- Shabani S, Mohadi Dehnavi M, Yadavi A and Dastfal M. 2016. Effect of different levels of nitrogen, bio-fertilizers and Nano-nitrogen on some qualitative and quantitative traits in soybean (*Glycine max* L.) in Darab (Fars) region. Journal of Plant Production Research, 22(3): 222-203. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22067/gsc.v15i3.53300>
- Shafaghi A, Abbas dokht H and Gholipoor M. 2020. Effect of nitroxin and urea fertilizers on some quantitative and qualitative traits of corn and fenugreek forage based on additive intercropping in south khorasan Journal of Agricultural Science and sustainable production, 30(1): 257-277. (In Persian with English Abstract).
- Sotoudeh P, Akhgar AA and Abbaszadeh Dehji P. 2016. Effects of vermicompost and nitrogen-fixing bacteria on growth and chemical compounds of sesame (*Sesamum indicum* L.). Journal of Soil Biology, 4(1): 18-24. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22092/sbj.2016.106760>
- Tabatabai SS, Jahan M and Haj Mohammadnia Ghalibaf K. 2020. The effect of biological and nitrogen chemical fertilizers on yield and yield component of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences, 13(1):145-154. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22077/escs.2019.1807.1434>
- Tavakkoli Kakhki HR. 2016. Zoning and evaluation of nitrogen use efficiency and nitrogen balance for wheat and corn cropping systems of Iran by using simulation model and GIS. Ph.D Dissertation. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract).
- Yazdi A, Alaei S and Rahmani H. 2018. The effect of nitrogen biological and chemical fertilizers on savory in north of Khuzestan. Journal of Plant Ecophysiology, 10(33): 23-33. (In Persian with English