J. Crop Prod. Process. 2026, 16(1), 75-99; DOI: 10.47176/jcpp.16.1.20337

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

Original Article

Improving Nutritional Indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) through Application of Chemical and Biological Nitrogen Fertilizers in Intercropping

Milad Nojoki[1], Alireza Yadavi[1]*, Mohsen Mohvahhedi Dhanavi[1], Mehrdad Mahlooji[2] and Fatemeh Ebrahimi[1]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Yasouj, Iran
2. Horticulture Crops Research Dept,. Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

Extended Abstract:

Background and Objectives: In recent decades, the expansion of intensive agricultural systems and the excessive application of chemical nitrogen fertilizers have resulted in serious environmental problems such as nitrate leaching, groundwater contamination, and reduced nitrogen use efficiency. Therefore, developing sustainable cropping systems that improve nutrient uptake while reducing chemical fertilizer dependency has become a major challenge in modern agriculture. Intercropping systems, particularly those involving legume and non-legume species, have been widely recognized as effective strategies for enhancing resource use efficiency through complementary interactions in root systems, nutrient acquisition, and growth dynamics. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an important oilseed crop adapted to arid and semi-arid regions, valued for its high content of unsaturated fatty acids and its tolerance to drought and salinity. Mung bean (*Vigna radiata* L.), as a leguminous crop, plays a crucial role in biological nitrogen fixation and improving soil fertility. The integration of these two species in intercropping systems may enhance nutritional quality, improve nitrogen efficiency, and contribute to sustainable crop production. In addition, the use of biological nitrogen fertilizers such as Nitroxin, containing Azotobacter and Azospirillum, has attracted considerable attention due to their ability to fix atmospheric nitrogen, stimulate root growth, and increase nutrient availability. However, limited information is available regarding the combined effects of intercropping patterns and integrated application of chemical and biological nitrogen fertilizers on nutritional indices and nitrogen efficiency in safflower–mung bean systems. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of different nitrogen fertilizer regimes and replacement intercropping patterns on nutrient concentration, yield components, oil yield, and nitrogen use efficiency of safflower and mung bean.

Materials and Methods: This experiment was conducted during the 2020 growing season at the Kabutarabad Research Farm, Isfahan, Iran, using a split-plot arrangement based on a randomized complete block design with three replications. The main plot treatments consisted of three nitrogen fertilizer levels: no nitrogen application (control), integrated application of 50 kg N ha^{-1} combined with Nitroxin biofertilizer, and 100 kg N ha^{-1} as chemical fertilizer. Subplots included five cropping patterns: safflower monoculture, mung bean monoculture, and replacement intercropping ratios of 1:1, 2:1, and 1:2 (Safflower: mung bean). Seeds of both crops were inoculated with Nitroxin biofertilizer prior to planting. Nitrogen fertilizer was applied in split doses according to crop growth stages, while phosphorus fertilizer was uniformly applied based on soil test results. Nutritional elements including nitrogen, phosphorus, potassium, iron, and zinc were measured in both shoot and seed samples. Grain yield, oil percentage, and oil yield of safflower were determined at maturity. Nitrogen use efficiency indices, including Nitrogen Use Efficiency (NUE), Nitrogen Uptake Efficiency (NUPtE), and Nitrogen Harvest Index (NHI), were calculated using standard formulas.

Received: Oct. 07, 2025; Revised: Jun. 01, 2025; Accepted: Jan. 31, 2026; Published Online: Apr. 08, 2026.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

Journal of Crop Production and Processing

Journal homepage: https://jcpp.iut.ac.ir/

*Corresponding Author :Yadavi@yu.ac.ir

Results: The results indicated that the highest percentage of nutritional elements (N, P, K, Fe, Zn) in the shoot and seed of both plants was obtained from the combined application of 50 kg N ha^{-1} + Nitroxin, which in most cases was not significantly different from the application of 100 kg N ha^{-1} alone. For safflower, the 1:2 intercropping pattern (one row of safflower: two rows of mung bean) and for mung bean, the 1:1 pattern (one row of mung bean: one row of safflower) were the superior patterns in terms of nutrient concentration. However, the highest grain and oil yield in safflower and the highest grain yield in mung bean were achieved under monoculture conditions with the application of the combined treatment (50 kg N ha^{-1} + Nitroxin). Interestingly, the highest oil percentage in safflower seeds (22.78%) was observed in monoculture and under conditions of no nitrogen application. With increasing nitrogen fertilizer application, the Nitrogen Harvest Index (NHI) increased in both plants, but Nitrogen Use Efficiency (NUE) and Nitrogen Uptake Efficiency (NUPtE) decreased. The highest NUE and NUPtE values were recorded in the monoculture of both plants and under the combined bio-chemical fertilizer treatment. The results demonstrated that the integrated application of chemical and biological nitrogen fertilizer (50 kg N ha^{-1} + Nitroxin) significantly improved the concentration of essential nutrients (N, P, K, Fe, and Zn) in both shoot and seed of safflower and mung bean. In most cases, these values were statistically comparable to those obtained under the application of 100 kg N ha^{-1}, indicating the potential for reducing chemical nitrogen input by half. For safflower, the intercropping pattern of one row of safflower with two rows of mung bean resulted in the highest nutrient concentrations, while for mung bean; the 1:1 intercropping pattern was superior. However, the highest grain yield and oil yield of safflower, as well as the highest grain yield of mung bean, were observed under monoculture conditions combined with the integrated fertilizer treatment. This suggests that although intercropping enhanced nutritional quality, yield performance was more favorable in monoculture due to reduced interspecific competition .Increasing nitrogen fertilizer levels led to an increase in Nitrogen Harvest Index, while Nitrogen Use Efficiency and Nitrogen Uptake Efficiency decreased in both crops. The highest NUE and NUPtE were obtained under the integrated fertilizer treatment, particularly in monoculture systems, indicating more efficient utilization of applied nitrogen when biofertilizers were included. Oil percentage in safflower seeds was highest in the control treatment and decreased with increasing nitrogen application, reflecting the inverse relationship between nitrogen availability and oil accumulation.

Conclusion: Overall, the findings of this study highlight the important role of integrated nutrient management and intercropping systems in sustainable agriculture. Although safflower: mung bean intercropping improved nutritional quality and nutrient concentration in plant tissues, monoculture systems produced higher grain and oil yields. The combined application of 50 kg N ha^{-1} with Nitroxin biofertilizer proved to be an effective strategy for maintaining yield and quality while significantly reducing chemical nitrogen fertilizer consumption. Therefore, the integrated use of biological and chemical nitrogen fertilizers, along with the appropriate selection of intercropping patterns, particularly one row of safflower with two rows of mung bean, can be recommended as a practical approach for improving nutrient efficiency and promoting environmentally friendly crop production in arid and semi-arid regions**.**

Keywords: Azospirillum, Azotobacter, Nitrogen use efficiency, Safflower, Replacement intercropping.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

How to Cite: Nojoki M., Yadavi Al., Mohvahhedi Dhanavi M., Mahlooji M., Ebrahimi F., Improving nutritional indices of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and Mung Bean (*Vigna radiata* L.) through application of chemical and biological nitrogen fertilizers in intercropping. *J. Crop Prod. Process*. 2026, 16(1), 75-99. (*In Persian*). DOI: 10.47176/jcpp.16.1.20337.

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

Copyright © 2025 Isfahan University of Technology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۴۰۵، دوره ۱۶، شماره ۱، صص. ۹۹-۷۵ DOI: 10.47176/jcpp.16.1.20337

نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
صفحه خانگی نشریه: https://jcpp.iut.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بهبود شاخص‌های تغذیه‌ای گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و ماش(*Vigna radiate* L.) با کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه در کشت مخلوط

میلاد نوجوکی[۱]، علیرضا یدوی[۱*]، محسن موحدی دهنوی[۱]، مهرداد محلوجی[۲] و فاطمه ابراهیمی[۱]

چکیده– به‌منظور بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه بر الگوهای مختلف کشت مخلوط گلرنگ و ماش آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی استان اصفهان (کبوترآباد) اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل کاربرد کود نیتروژنه (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار+ کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در کرت‌های اصلی و الگوی کشت مخلوط در ۵ سطح (کشت خالص گلرنگ و ماش و کشت مخلوط آن‌ها با نسبت‌های ۱:۱، ۲:۱ و ۱:۲) در کرت‌های فرعی بود. بیشترین درصد عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی و دانه برای هر دو گیاه گلرنگ و ماش از تیمار کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه حاصل شد. برای گیاه گلرنگ الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش و برای گیاه ماش الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ از بیشترین غلظت عناصر برخوردار بود. بیشترین عملکرد روغن کشت بیشترین عملکرد روغن گلرنگ (۷۹/۱ گرم در متر مربع) از کشت خالص با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + کود زیستی حاصل شد. در گیاه گلرنگ و ماش با افزایش کاربرد کود نیتروژنه شاخص برداشت نیتروژن افزایش یافت و کارایی مصرف و کارایی جذب نیتروژن کاهش یافتند ولی با کاربرد کود زیستی این کارایی ها افزایش داشتند. در کشت خالص گلرنگ و ماش بیشترین کارایی مصرف (۶۵/۹ و۴۷/۵ کیلوگرم در کیلوگرم) و کارایی جذب نیتروژن (۱/۱۹ و ۱/۶۳ کیلوگرم در کیلوگرم) از تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار+ کود زیستی حاصل شد. این نتایج نشان داد که با کشت مخلوط و کاربرد کود زیستی نیتروژنی می توان مصرف کود شیمیایی نیتروژنی را کاهش داد به‌طوری‌که در بیشتر صفات مورد بررسی تفاوت معنی‌داری بین تیمار کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن+ کود زیستی با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی نیتروژنی وجود نداشت.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلیوم، ازتوباکتر، کارایی، دانه روغنی، مصرف نیتروژن، مخلوط جایگزینی

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۱۵، بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸، پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۱۱، اولین انتشار: ۱۴۰۵/۰۱/۱۹

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران

۲. بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

*: نویسنده مسئول، رایانامه: Yadavi@yu.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است. ۱۴۰۳ ©.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

مقدمه

در سال‌های اخیر، کاهش دسترسی به اراضی کشاورزی به‌دلیل گسترش کاربری‌های غیرزراعی در کشورهای در حال توسعه، ضرورت بهره‌گیری از سامانه‌های زراعی با کارایی بالا را بیش از پیش نمایان ساخته است (۳۲). در چنین شرایطی، استفاده از روش‌های پایدار مانند کشت مخلوط می‌تواند راهکاری مؤثر برای افزایش بهره‌وری، حفظ منابع طبیعی و ارتقای امنیت غذایی باشد. کشت مخلوط، که شامل رشد هم‌زمان دو یا چند گونه گیاهی در یک واحد سطح است، با ایجاد روابط متقابل بین گیاهان، موجب افزایش عملکرد، بهبود استفاده از منابع، کاهش فشار آفات و بیماری‌ها و ارتقای پایداری اکوسیستم زراعی می‌شود (۱۱). گیاهان خانواده لگومینوز، نظیر ماش (*Vigna radiate* L.) ، به‌دلیل توانایی تثبیت زیستی نیتروژن، نقش مهمی در بهبود حاصلخیزی خاک و کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی دارند. ماش علاوه بر ارزش غذایی بالا، به‌عنوان منبع غنی پروتئین در تغذیه انسان و دام و نیز در اصلاح ساختار خاک کاربرد دارد (۳۵). در مقابل، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به‌عنوان یک گیاه روغنی از خانواده Asteraceae، دارای اهمیت زراعی، صنعتی و دارویی بوده و منبعی غنی از اسیدهای چرب غیراشباع محسوب می‌شود. هدف اصلی در زراعت گلرنگ، استخراج روغن دانه است که با بیش از ۹۰ درصد اسید چرب غیراشباع، از کیفیت بالایی برخوردار است (۱۶).

مطالعات متعدد نشان داده‌اند که کشت مخلوط می‌تواند جذب عناصر غذایی را بهبود بخشد (۲۱، ۳۹، ٤٦ و ٤٩). در پژوهشی، بیشترین درصد روغن (٤۱/۳ درصد) در نسبت مخلوط یک ردیف شنبلیله: یک ردیف کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) و کمترین مقدار (۲۹/۸ درصد) در کشت خالص کتان روغنی مشاهده شد (٤۹). همچنین در کشت مخلوط شنبلیله و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، بیشترین جذب نیتروژن، فسفر و آهن در الگوی ۲:۱ با کاربرد تلفیقی کود مرغی و شیمیایی حاصل شد (٤٦). در کشت مخلوط خلر(*Lathyrus sativus* L.) و ارزن (*Panucum miliaceum* L.) نیز، بیشترین جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در الگوی ۷۵ درصد ارزن + ۲۵ درصد خلر گزارش شد (۳۹). این نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت روابط ریشه‌ای و ریزوسفری در کشت‌های مخلوط است که موجب بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاهان می‌شود (۲۱). افزون بر این، پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که ترکیب کشت مخلوط با کاربرد کودهای زیستی می‌تواند کارایی مصرف نیتروژن را به‌طور چشمگیری افزایش دهد. به‌عنوان مثال، در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، استفاده از باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و جذب عناصر غذایی نسبت به تیمارهای شیمیایی تنها شد (۱۷). همچنین در کشت مخلوط سورگوم و ماش، کاربرد تلفیقی کود زیستی و شیمیایی باعث بهبود شاخص‌های کارایی نیتروژن و کاهش تلفات آن گردید (۱).

نیتروژن به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی در تغذیه گیاه، نقش مهمی در رشد و عملکرد محصول دارد (۹). با این حال، مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنه شیمیایی علاوه بر کاهش کارایی مصرف، موجب آبشویی و آلودگی منابع آب زیرزمینی می‌شود. یکی از راهکارهای مؤثر برای کاهش تلفات نیتروژن و بهبود شاخص‌های کارایی آن، استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه است (۱۰ و ۳۳). کودهای زیستی، متشکل از ریزجانداران مفید، با تثبیت نیتروژن، آزادسازی یون‌های فسفر و پتاسیم و ترشح ترکیباتی مانند اسیدهای آمینه، سیدروفورها و سیانید هیدروژن، موجب افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و ارتقای رشد آن می‌شوند (۱۸). باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس Azospirillumو Azotobacterمی‌توانند با توسعه ریشه و اندام هوایی گیاه، نقش مهمی در افزایش جذب عناصر غذایی ایفا کنند (٤۸). در مطالعه‌ای بر کلزا (*Brassica napus* L.)، بیشترین درصد عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه از تیمار تلفیقی کود شیمیایی و زیستی حاصل شد و کارایی استفاده از نیتروژن با افزایش سطح نیتروژن کاهش یافت (۵۳). همچنین در پژوهش طباطبایی و همکاران (۵۵) بر لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، بیشترین جذب عناصر غذایی مربوط

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

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

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	ماده آلی (درصد)	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
					میلی‌گرم در کیلوگرم			
لومی سیلتی	۶/۸	۴/۷۹	۰/۸۹	۰/۹۰	۶	۲۸۸	۱/۰۲	۰/۹۴

به گیاهان تلقیح‌شده با باکتری‌های ازتوباکتر+آزسپریلیوم و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. در تحقیق قنبری و همکاران (۱۹) بر ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.)، کاربرد توأم باکتری‌های ازتوباکتر+آزسپریلیوم و کود زیستی فسفات بارور موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد با توجه به شواهد موجود، به‌نظر می‌رسد که ترکیب کشت مخلوط با کاربرد کود زیستی نیتروکسین می‌تواند ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی، موجب بهبود جذب عناصر غذایی و ارتقای شاخص‌های کارایی نیتروژن شود. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه بر جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف، و شاخص‌های کارایی نیتروژن در کشت خالص و مخلوط گلرنگ و ماش، در راستای بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژنه و کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از آن، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی جهاد کشاورزی استان اصفهان (روستای کبوترآباد) با ارتفاع ۱۵۴۵ متر از سطح دریا و و مختصات جغرافیایی″۵۳ ′۳۰ °۳۲ شمالی و ″۵۰′۵۱ °۵۱ شرقی اجرا شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح کود نیتروژنه (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن همراه با کود زیستی نیتروکسین، و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در کرت‌های اصلی و پنج الگوی کشت (کشت خالص گلرنگ، کشت خالص ماش و کشت مخلوط جایگزینی به نسبت‌های یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش (۱:۱)، یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش (۲:۱) و دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش (۱:۲)) در کرت‌های فرعی بودند.

کود نیتروژن از منبع اوره و کود فسفر از سوپر فسفات تریپل (۵۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس آزمون خاک جدول (۱)) تأمین شد. کود نیتروژن در سه مرحله (۳۰ درصد پیش از کاشت، ۳۰ درصد مرحله ۶–۸ برگی، و ۴۰ درصد ساقه‌دهی گلرنگ) به‌صورت نواری اعمال شد. بذرهای گلرنگ رقم صفه (از ارقام دیررس مقاوم به خشکی و شوری با ارتفاع نسبتا بلند ۱۰۰–۸۰ سانتی‌متری) و ماش از توده محلی اصفهان (با تیپ رشدی ایستاده، میان رس، با ارتفاع متوسط ۶۰–۴۰ سانتی‌متری و نسبتا مقاوم به خشکی) با کود زیستی نیتروکسین حاوی باکتری‌های Azotobacter و Azospirillum(CFU/ml 5×10^7) آغشته و در تاریخ ۱ خرداد کاشته شدند.

کرت‌ها به ابعاد ۳/۵×۴ متر شامل ۶ پشته با فاصله ۵۰ سانتی‌متر طراحی شدند. تراکم کاشت در کشت خالص ۴۰ بوته در مترمربع و در کشت‌های مخلوط متناسب با نسبت‌های مورد نظر تنظیم شد. آبیاری به‌صورت نشتی و یکنواخت در تمام تیمارها انجام گرفت و کنترل علف‌های هرز به‌صورت وجین دستی صورت پذیرفت.

اندازه‌گیری عناصر غذایی (N، P، K، Fe، Zn) از اندام هوایی در مرحله گلدهی (حدود ۵۰ درصد گلدهی یعنی زمان خروج گل‌ها در ۵۰ درصد طبق‌های ساقه اصلی بوته‌های گلرنگ (کد BBCH ۶۰–۶۹) و همچنین ظهور گل‌ها در ۵۰ درصد بوته‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

ماش هر کرت (کد ٦٩-٦٠ BBCH) و از دانه در مرحله رسیدگی انجام شد. نیتروژن به روش نوزومسکی و همکاران (۳۸) در طول موج ٦٦٠ نانومتر، فسفر به روش امامی (۱۳) در طول موج ٤٢٠ نانومتر، و پتاسیم به روش پیترسون و همکاران (٤١) با فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. درصد روغن دانه گلرنگ با دستگاه سوکسله و پترولیوم اتر از روش جانسون و اولریش (٢٦) تعیین شد. عملکرد دانه گلرنگ و ماش با رعایت فاصله حاشیه از برداشت دو متر مربع وسط هر کرت محاسبه شد.

شاخص‌های کارایی نیتروژن شامل کارایی مصرف (NUE)، کارایی جذب (NUPtE) و کارایی برداشت (NHI) بر اساس روابط مول و همکاران (۱۲) محاسبه شدند:

$$NUE = Wg / Nf$$

$$NUPtE = Ng / Nf$$

$$NHI = (Wg / Nt) \times 100$$

در اینجا Nf: مقدار نیتروژن مصرفی به صورت کود بر حسب کیلوگرم بر هکتار و Wg: وزن دانه بر حسب کیلوگرم بر هکتار است. Ng: کل نیتروژن جذب شده توسط دانه و Nt: کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه است. درنهایت، تجزیه آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS ver. 9.2 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و در صورت معنی‌دار بودن اثرات متقابل، با رویه L.S.Means صورت گرفت.

نتایج و بحث

عناصر غذایی، درصد روغن، عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن در گلرنگ

برهم‌کنش کود نیتروژنه × الگوی کشت بر درصد نیتروژن اندام هوایی و دانه و درصد پتاسیم اندام هوایی و دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲) و بر درصد فسفر اندام هوایی و دانه (جدول ۲)، عملکرد دانه و عملکرد روغن (جدول ۳) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. اثر کود نیتروژن و الگوی کشت هر یک به‌تنهایی در سطح احتمال یک درصد بر درصد روغن دانه معنی‌دار شد (جدول ۳) و بر شاخص برداشت نیتروژن نیز اثر کود نیتروژن به‌تنهایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ٤). اثرات اصلی نیتروژن و الگوی کشت و همچنین برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن گلرنگ معنی‌دار شد (جدول ٤).

درصد نیتروژن اندام هوایی و دانه گلرنگ: نتایج مقایسه میانگین نشان داد به‌طور کلی در هر سه سطح کودی بیشترین درصد نیتروژن اندام هوایی و دانه در الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش حاصل شد. در سطوح کودی صفر و ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + کود زیستی نیتروکسین بیشترین و کم‌ترین درصد نیتروژن اندام هوایی به‌ترتیب در الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش و کشت خالص گلرنگ حاصل شد، اما در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن بیشترین و کم‌ترین این صفت به‌ترتیب در الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش و یک ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش حاصل شد (جدول ۵). همچنین در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن، الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش بیشترین درصد نیتروژن دانه و الگوی کشت خالص گلرنگ کمترین درصد نیتروژن دانه حاصل شد (جدول ۵).

بالاتر بودن جذب نیتروژن در کشت مخلوط را می‌توان چنین توجیه نمود که گلرنگ نیتروژن معدنی موجود در خاک را استفاده نموده و همچنین قرار گرفتن گیاهان خانواده لگوم در کنار بقیه گیاهان می‌توانند به‌طور زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن باشند و نیتروژن بیشتری برای گیاهان دیگر در دسترس قرار دهند. در مطالعه‌ای قنبری و همکاران (۲۰) گزارش دادند که در الگوی کشت مخلوط شنبلیله و جو، به‌دلیل تثبیت نیتروژن در ریشه‌های شنبلیله و مهیا کردن آن برای گیاه جو موجب افزایش درصد نیتروژن در اندام هوایی و دانه گیاه جو شد. همچنین این محققان گزارش دادند که در همه تیمارهای کشت مخلوط، جو و شنبلیله در مصرف عناصر غذایی از یک حالت مکملی نسبت به هم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

برخوردار بودند که این امر مزیت کشت مخلوط دو گونه را نسبت به کشت خالص نشان می‌دهد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

جدول ۲. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای غلظت عناصر در گلرنگ و ماش در سطوح مختلف کود نیتروژن و الگوهای کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	نیتروژن اندام هوایی		نیتروژن دانه		فسفر اندام هوایی		فسفر دانه		پتاسیم اندام هوایی		پتاسیم دانه	
		گلرنگ	ماش	گلرنگ	ماش	گلرنگ	ماش	گلرنگ	ماش	گلرنگ	ماش	گلرنگ	ماش
تکرار	۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰٤	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰٤	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱
کود نیتروژن (N)	۲	۱/۲۳**	۰/۹۵**	۰/۹**	۰/۸٦**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۸**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۹**	۰/۹۳**	۱/۰۱**	۰/۲۱**	۱/۰۱**
خطای اصلی	٤	۰/۰۰۵	۰/۰۰٤	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
الگوی کشت (CP)	۳	۱/۰۳**	۰/۷٦**	۰/٦٦**	۰/٤٤**	۰/۰۱**	۰/۰۰۲**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۹**	۱/۳۱**	۲/٤۷**	۱/۳۵**	۲/۵۴**
CP × N	٦	۰/۳۰**	۰/۲۲**	۰/۰٤**	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۷ns	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۰۳ns	۰/۰٦**	۰/۱۳**	۰/۰۳**	۰/۱۵**
خطای آزمایش	۱۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰٦	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰٤	۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰٤	۰/۰۰۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۲/٦٤	۱/۸٦	۲/٦٤	۱/۲۵	۱/٦۳	۲/۷٤	۳/۱۳	٤/۰٤	۱/۳٤	۳/۵۱	٤/۹۳	۳/۰۳

ns، *و** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح خطای احتمال پنج درصد و یک درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۳. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برای برخی صفات زراعی مورد بررسی گلرنگ وماش در سطوح مختلف کود نیتروژن و الگوهای کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد روغن دانه	عملکرد دانه		عملکرد روغن	شاخص برداشت نیتروژن	
		گلرنگ	گلرنگ	ماش	گلرنگ	گلرنگ	ماش
تکرار	۲	۰/۵٤	٤/۵۳	۱۴/۳	۲/۱٤	۷/٦۸	۵/۲۰
کود نیتروژن (N)	۲	۲۸۰**	۲۰۰۵۳**	۵۱۱۹**	۱۳۰۲**	۲۷/۲**	۸٤/۵**
خطای اصلی	٤	۱/۵٤	۱۵۸	۵۵/۹	۷/۹۵	۰/۳٤	۱۱/۲
الگوی کشت (CP)	۳	۲۷/۹**	۲۹۰۹۹**	۱۰۷۲۰**	۲۱۸۹**	۳/۰٤ns	۱۲۳**
CP × N	٦	۱/۳۸ns	۳۷٤*	۵۵۳**	۳/۵۸*	٦/۳٤ns	۲۳/۳**
خطای آزمایش	۱۸	۱/٦۸	۱۱۹	۴۰/۹	۱٦/۲	۳/۸۰	۷/۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		٦/۳۲	۵/۲۸	٤/۲۰	۹/٤۵	۵/٤۳	٤/۲۰

ns، *و** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌داری در سطوح خطای احتمال پنج درصد و یک درصد را نشان می‌دهد.

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

جدول ٤. تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های کارایی مصرف و جذب نیتروژن گلرنگ و ماش در سطوح مختلف کود نیتروژن و الگوهای کشت

منابع تغییر	درجه آزادی	کارایی مصرف نیتروژن		کارایی جذب نیتروژن
		گلرنگ	ماش	گلرنگ
تکرار	۲	۰/۳٤	۲/۳۰	۰/۰۰۰۱
کود نیتروژن (N)	۱	٤٥٨٥**	۱۹٥۸**	۲/۰۸**
خطای اصلی	۲	۳/۳٥	۰/۸۰	۰/۰۰۲
الگوی کشت (CP)	۳	٥۳۳**	۲٥۰**	۰/۰۷**
CP × N	۳	۸۲/۳**	٤۳/۷**	۰/۰۱**
خطای آزمایش	۱۲	۳/۳۰	۱/٤۹	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		٥/۱۸	٤/۹۲	٤/٦۰

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد.

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

جدول ۵. مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای غلظت عناصر مورد بررسی در گلرنگ و ماش

کود نیتروژن	الگوی کشت مخلوط	نیتروژن اندام هوایی(درصد)		نیتروژن دانه (درصد)		فسفر اندام هوایی (درصد)	فسفر دانه (درصد)	پتاسیم اندام هوایی(درصد)		پتاسیم دانه (درصد)	
		گلرنگ	ماش	گلرنگ	ماش	گلرنگ	گلرنگ	گلرنگ	ماش	گلرنگ	ماش
صفر	کشت خالص گلرنگ	۱/۵۶^{c}	-	۲/۴۶^{c}	-	۰/۱۷^{b}	۰/۴۲^{b}	۰/۵۷^{d}	-	۱/۱۸^{c}	-
	کشت خالص ماش	-	۲/۲۹^{c}	-	۳/۳۱^{c}		-		۱/۱۵^{d}	-	۱/۴۰^{d}
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۱/۸۷^{b}	۲/۵۵^{b}	۲/۵۳^{c}	۳/۴۷^{b}	۰/۲۴^{a}	۰/۴۷^{a}	۰/۹۲^{c}	۱/۳۹^{c}	۱/۸۹^{b}	۱/۶۹^{c}
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۱/۹۲^{b}	۲/۸۱^{a}	۲/۶۱^{b}	۳/۶۷^{a}	۰/۲۵^{a}	۰/۴۸^{a}	۱/۱۰^{b}	۲/۴۷^{a}	۱/۸۸^{b}	۲/۷۶^{a}
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۲/۱۸^{a}	۲/۵۹^{b}	۲/۷۸^{a}	۳/۶۷^{a}	۰/۲۶^{a}	۰/۴۹^{a}	۱/۶۸^{a}	۱/۷۴^{b}	۲/۱۶^{a}	۲/۰۴^{b}
۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + کود زیستی	کشت خالص گلرنگ	۲/۱۵^{b}	-	۲/۷۲^{d}	-	۰/۱۸^{b}	۰/۴۳^{b}	۱/۰۲^{d}	-	۱/۳۸^{d}	-
	کشت خالص ماش	-	۲/۳۳^{c}	-	۳/۷۲^{d}		-	-	۱/۷۷^{c}	-	۱/۶۹^{d}
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۲/۳۵^{b}	۳/۱۳^{b}	۲/۹۶^{c}	۴/۰۲^{c}	۰/۲۷^{a}	۰/۵۰^{a}	۱/۶۲^{c}	۲/۱۰^{b}	۲/۲۲^{b}	۲/۴۰^{c}
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۲/۲۷^{b}	۳/۴۳^{a}	۳/۳۱^{b}	۴/۳۳^{a}	۰/۲۹^{a}	۰/۵۱^{a}	۱/۷۷^{b}	۲/۵۹^{a}	۲/۱۱^{c}	۳/۰۶^{a}
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۳/۰۸^{a}	۳/۱۷^{b}	۳/۵۵^{a}	۴/۱۳^{b}	۰/۲۹^{a}	۰/۵۲^{a}	۱/۹۷^{a}	۲/۵۰^{a}	۲/۴۶^{a}	۲/۹۰^{b}
۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار	کشت خالص گلرنگ	۲/۵۴^{b}	-	۲/۵۸^{d}	-	۰/۲۰^{b}	۰/۴۴^{b}	۱/۱۰^{c}	-	۱/۵۷^{d}	-
	کشت خالص ماش		۲/۷۹^{c}	-	۳/۴۶^{c}	–	-	-	۱/۴۲^{c}	-	۱/۹۵^{c}
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۲/۶۰^{b}	۲/۹۶^{b}	۲/۷۹^{c}	۳/۸۰^{b}	۰/۲۶^{a}	۰/۴۹^{a}	۱/۳۷^{b}	۱/۶۷^{b}	۲/۰۴^{b}	۲/۰۹^{b}
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۱/۶۱^{b}	۳/۶۰^{a}	۳/۱۲^{b}	۴/۰۳^{a}	۰/۲۹^{a}	۰/۵۱^{a}	۱/۷۵^{a}	۲/۷۶^{a}	۱/۹۶^{c}	۲/۸۹^{a}
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۲/۸۹^{a}	۲/۹۰^{b}	۳/۲۸^{a}	۳/۸۸^{b}	۰/۲۸^{a}	۰/۵۲^{a}	۱/۷۶^{a}	۲/۶۰^{b}	۲/۲۴^{a}	۲/۸۰^{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.

افزایش کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش رشد ریشه و اندام-های هوایی می‌شود و درنتیجه، جذب نیتروژن توسط این اندام‌ها نیز بیشتر می‌شود. کاکابوکی و همکاران (۲۷) نشان دادند که محتوای نیتروژن زیست توده با افزایش مصرف کود افزایش پیدا کرد. همچنین با توجه به این که میزان نیتروژن اندام هوایی از حاصلضرب غلظت نیتروژن و ماده‌ی خشک تولیدی آن در واحد سطح به‌دست می‌آید، بنابراین، افزایش مصرف کود نیتروژن با افزایش ماده خشک تولیدی گلرنگ در واحد سطح منجر به افزایش نیتروژن اندام هوایی گلرنگ شد. افزایش نیتروژن دانه در سطوح بیشتر کود شیمیایی را می‌توان به افزودن کودهای شیمیایی به‌خصوص نیتروژن به خاک مزرعه و فراهم شدن این عنصر در خاک و بهبود جذب توسط گیاه نسبت داد. حقانیان و همکاران (۲۲) بیان کردند که کاربرد کود نیتروژن تا مقدار مشخصی، احتمالاً مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش داده و موجب افزایش غلظت نیتروژن دانه می‌شود.

باکتری‌های محرک رشد با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه، باعث حل شدن عناصر خاک می‌شوند و بنابراین از طریق انحلال این مواد معدنی، باعث افزایش مقدار این عناصر در گیاه می‌گرداند. بالا بودن مقدار نیتروژن گیاه گلرنگ در کشت مخلوط با ماش را می‌توان این‌طور تفسیر کرد که گیاه گلرنگ توانسته است از نیتروژن تثبیت شده توسط گیاه ماش به‌خوبی استفاده کند و میزان نیتروژن خود را افزایش دهد. مصرف کود زیستی در کنار کود شیمیایی نیتروژنه می‌تواند با اثرگذاری مثبت خود بر تثبیت زیستی نیتروژن تولید هورمون‌های رشد و افزایش میزان جذب و دسترسی به آب و مواد غذایی، موجب افزایش نیتروژن در اندام هوایی و دانه شود (۴۰).

درصد فسفر اندام هوایی و دانه گلرنگ: نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها 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 درصد فسفر اندام هوایی بیشتری برخوردار بود و در هر سه سطح کودی کاربرد الگوی کشت به‌صورت یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش نسبت به سایر الگوهای کشت دارای درصد فسفر اندام هوایی بیشتری بود و الگوی کشت خالص گلرنگ از درصد فسفر اندام هوایی کم‌تری برخوردار بود (جدول ۵). برای درصد فسفر دانه نیز مشاهده شد که در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن بیشترین درصد فسفر دانه در الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش به‌دست آمد که با الگوی کشت خالص گلرنگ که از کم‌ترین درصد فسفر دانه برخوردار بود اختلاف ۱۶/۶ درصدی نشان داد (جدول ۵). در شرایط کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین بیشترین درصد فسفر دانه در الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش و کم‌ترین آن نیز از الگوی کشت خالص گلرنگ به‌دست آمد که بین آن‌ها اختلاف ۲۰/۹ درصدی مشاهده شد. در شرایط کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن نیز بیشترین درصد فسفر دانه در الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش به‌دست آمد که با الگوی کشت خالص گلرنگ که از کم‌ترین فسفر دانه برخوردار بود اختلاف ۱۸/۲ درصدی نشان داد. در هر سه سطوح کودی اختلاف معنی‌داری بین الگوهای کشت مخلوط دو ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش، یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش و یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش مشاهده نشد (جدول ۵).

فسفر یک عنصر غذایی غیر متحرک در خاک است و تنها زمانی جذب می‌شود که با مواد آلی و غیر آلی که حاوی شکل قابل جذب این عنصر هستند، تماس برقرار کند. از مهم‌ترین عناصری که توسط کودهای زیستی به‌طور فعال و در سطح وسیع جذب می‌شود عنصر فسفر است. در پژوهشی مشاهده شد که کشت مخلوط با گیاه لگومی از طریق تثبیت زیستی نیتروژن و تراوش H^+ به محیط، باعث اسیدی شدن ریزوسفر شده و حلالیت فسفر را افزایش داده است که به موجب آن جذب فسفر توسط گیاه همراه در کشت مخلوط افزایش می‌یابد (۸). در پژوهشی قنبری و همکاران (۲۰) گزارش شد که بیشترین محتوای فسفر علوفه در ترکیب‌های مخلوط جایگزینی، در ترکیب ۷۵ درصد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

جو + ۲۵ درصد شنبلیله و در ترکیب مخلوط افزایشی، در ترکیب ۱۰۰ درصد جو + ۱۶/۶ درصد شنبلیله، حاصل شد. کاربرد نیتروژن با اثرگذاری بر رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ در شرایط کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژنه سبب تولید بیشتر آسیمیلات برای گیاه شده که درنهایت با افزایش فتوسنتز و گسترش الگوی ریشه گیاه، حجم بیشتری از خاک در دسترس ریشه جهت جذب فسفر که تمایل زیادی به تثبیت دارد، قرار گرفته و درنتیجه میزان جذب آن در سامانه‌های تغذیه تلفیقی نسبت به سامانه شیمیایی و بدون کود افزایش یافته است (۴۳). یزدی و همکاران (۵۶) مشاهده نمودند باکتری محرک رشد با ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد و توسعه الگوی ریشه‌ای، امکان دسترسی و جذب بهتر فسفر برای گیاه را فراهم می‌کنند.

درصد پتاسیم اندام هوایی و دانه گلرنگ: مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح کود نیتروژن نشان از افزایش درصد پتاسیم اندام هوایی و دانه با کاربرد ترکیبی کود شیمیایی و کود زیستی نیتروژنه نسبت به دو سطح دیگر دارد. در هر سه سطح نیتروژن (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) بیشترین درصد پتاسیم اندام هوایی به‌ترتیب با میانگین ۱/۶۸، ۱/۹۷و ۱/۷۶ درصد به الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش و کمترین آن نیز به‌ترتیب با میانگین ۰/۵۷، ۱/۰۲ و ۱/۱۰ درصد به الگوی کشت خالص گلرنگ تعلق داشت که به‌ترتیب با یکدیگر اختلاف ۱/۹ برابری و ۹۵ و ۷۹/۱ درصدی نشان دادند (جدول ۵). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد در هر سه سطح کود نیتروژنه (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) الگوی کشت به‌صورت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش بالاترین درصد پتاسیم دانه را داشت. اما کشت خالص گلرنگ از کمترین درصد پتاسیم دانه برخوردار بود که با سایر الگوهای کشت اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۵).

استفاده از عناصر غذایی توسط گیاهان زراعی باید تا حد امکان با کارایی بالا صورت گیرد. این امر در الگوهای کشت مخلوط در جست و جوی عناصر غذایی در طول پروفیل خاک به‌دلیل تفاوت در عمق توسعه ریشه، جذب عناصری که در کشت‌های خالص در دسترس نمی‌باشند و به‌دلیل تفاوت در طول دوره‌ی رشد اجزای کشت مخلوط، تحقق می‌یابد (۴۴). نتایج به‌دست آمده با نتایج پژوهش سلیمان‌پور و همکاران (۵۴) همسو است. به‌طوری‌که بیشترین درصد پتاسیم دانه در گیاهان نخود و باقلا از تیمارهای کشت مخلوط به‌دست آمد. کاربرد کود شیمیایی نیتروژن با اثرگذاری بر رشد ریشه روی جذب دیگر عناصر غذایی مانند پتاسیم اثر گذاشته و در مواردی موجب تشدید جذب عناصر غذایی می‌شود (۵۲). نتایج این تحقیق با پژوهش بختیاری و همکاران (۸) بر گلرنگ مطابقت دارد، به‌طوری‌که با کاربرد نیتروژن، درصد پتاسیم برگ افزایش یافت. باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم موجود در کود زیستی نیتروکسین می‌توانند با تولید پروتون، سیدروفورها و تشکیل کمپلکس با کاتیون‌های فلزی در رهاسازی پتاسیم از کانی‌ها مؤثر باشند. کودهای زیستی علاوه‌بر در دسترس قرار دادن نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه، از طریق افزایش رشد رویشی گیاه و به‌دنبال آن توسعه ریشه باعث بهبود جذب و افزایش فراهمی پتاسیم می‌شوند (۵ و ۶).

درصد روغن دانه گلرنگ: بیشترین درصد روغن دانه از تیمار صفر (عدم کاربرد کود نیتروژن) و کمترین آن مربوط به تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود که با یکدیگر اختلاف ۶۲/۲ درصدی داشتند (جدول ۶). نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر الگوی کشت بر درصد روغن دانه نشان داد که بیشترین درصد روغن دانه (۲۲/۸ درصد) از الگوی کشت خالص گلرنگ و کمترین (۱۸/۷ درصد) آن مربوط به الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش بود که با یکدیگر اختلاف ۲۱/۷ درصدی نشان دادند (جدول ۶).

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

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

جدول ٦. مقایسه میانگین اثرات کود نیتروژن و الگوی کشت برای درصد روغن دانه گلرنگ و فسفر اندام هوایی و دانه ماش

عامل‌های آزمایش	روغن دانه گلرنگ(درصد)	فسفر اندام هوایی ماش (درصد)	فسفر دانه ماش(درصد)
کود نیتروژن			
صفر	۲٤/۸^{a}	۰/۱۸^{c}	۰/٥٤^{c}
٥۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار+ کود زیستی	۲۱/٥^{b}	۰/۲٤^{a}	۰/٦۰^{a}
۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار	۱٥/۳^{c}	۰/۲۲^{b}	۰/٥۸^{b}
الگوی کشت			
کشت خالص گلرنگ	۲۲/۸^{a}	-	-
کشت خالص ماش	–	۰/۲۰^{d}	۰/٥٦^{c}
دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ	۲۰/۹^{b}	۰/۲۲^{b}	۰/٥۷^{c}
یک ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش	۱۹/۷^{bc}	۰/۲۳^{a}	۰/٥۹^{a}
یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ	۱۸/۷^{c}	۰/۲۱^{c}	۰/٥۸^{b}

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

پیش‌زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیشتر شده و تشکیل پروتئین در تهیه مواد فتوسنتزی بیشتر می‌شود سپس مواد در دسترس برای سنتز اسیدهای چرب کاهش می‌یابد، درنتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به تشکیل پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل تولید روغن کاهش خواهد یافت (۳٦). احمدوند و حاجی‌نیا (۲) دریافتند که تیمارهای مختلف کشت خالص سویا نسبت به کشت مخلوط با ارزن از درصد روغن بیشتری برخوردار بود 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 (٤٧) نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود اوره درصد روغن دانه آفتابگردان کاهش یافت. باکتری های آزسپریلیوم و ازتوباکتر نیز احتمالاً با در اختیار قرار دادن نیتروژن بیشتر برای گیاه موجب افزایش درصد نیتروژن در دانه می‌شود، که همین عامل موجب افزایش درصد پروتئین در دانه و کاهش درصد روغن دانه می‌شود. همسو با این نتایج، محمدی و مصلح قهفرخی (۳٤) نشان دادند که در کلزا، با افزایش مصرف کود نیتروژنه، مقدار روغن دانه کاهش یافته و درصد پروتئین آن افزایش پیدا می‌کند.

عملکرد دانه گلرنگ: بررسی تغییرات عملکرد دانه نشان می‌دهد که با کاربرد تلفیقی کود نیتروژن شیمیایی و 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، ۳۲۹ و ۲۹۳ گرم بر مترمربع از کشت خالص گلرنگ حاصل شد که با عملکرد دانه در سایر الگوی کشت تفاوت معنی‌داری را نشان داد. این درحالی است که کمترین عملکرد دانه در این سطوح کودی به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۲۲، ۱۷٤ و ۱۵٦ گرم بر مترمربع از کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش حاصل شد که به‌ترتیب با یکدیگر اختلاف ۸۷/۲، ۸۸/۸ و ۸۷/۲ درصدی نشان دادند (جدول ۷).

انتخاب تراکم مناسب گیاه زراعی در کشت مخلوط به‌دلیل ایجاد حالت مکملی باعث استفاده بهتر از منابع شده که این امر منجر به بهبود عملکرد و درنتیجه افزایش نسبت برابری زمین شده و درنهایت باعث بهبود تداوم بوم نظام‌های زراعی می‌شود (۲٤). از طرفی چنانچه گیاهی در کشت مخلوط همراه با گیاهی قرار گیرد که از پتانسیل بیشتری در اشغال فضای کانوپی 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 (٤۵). سیدی و حمزه‌ای (۵۰) بیان کردند 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 درنتیجه افزایش میزان تابش دریافت شده است. همچنین معنی‌دار شدن تفاوت عملکرد دانه بین تیمارهای نیتروژن می‌تواند به‌علت رشد رویشی بهتر با افزایش سطح نیتروژن و ایجاد ظرفیت بالاتر در تولید دانه باشد. به‌دلیل افزایش اجزای عملکرد، عملکرد نهایی نیز افزایش پیدا کرد. نیتروژن با افزایش تولید زیست توده و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

جدول ۷. مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای عملکرد دانه و روغن گلرنگ و عملکرد دانه ماش

کود نیتروژن	الگوی کشت مخلوط	عملکرد دانه (گرم برمتر مربع)		عملکرد روغن
		گلرنگ	ماش	گلرنگ (گرم در متر مربع)
صفر	کشت خالص گلرنگ	۲۲۹^{a}	–	۶۲/۱^{a}
	کشت خالص ماش	–	۱۵۹^{a}	–
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۱۶۶^{b}	۱۲۸^{b}	۴۱/۸^{b}
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۱۳۴^{c}	۱۱۶^{c}	۳۲/۱^{c}
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۱۲۲^{c}	۱۱۴^{c}	۲۸/۳^{c}
۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + کود زیستی	کشت خالص گلرنگ	۳۳۰^{a}	–	۷۹/۱^{a}
	کشت خالص ماش	–	۲۳۷^{a}	–
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۲۵۴^{b}	۱۴۸^{b}	۵۷/۶^{b}
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۲۱۹^{c}	۱۵۳^{b}	۴۵/۲^{c}
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۱۷۴^{d}	۱۳۹^{c}	۳۲/۸^{d}
۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار	کشت خالص گلرنگ	۲۹۳^{a}	–	۵۰/۴^{a}
	کشت خالص ماش	–	۲۱۴^{a}	–
	دو ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۲۰۸^{b}	۱۴۲^{b}	۳۱/۴^{b}
	یک ردیف گلرنگ : یک ردیف ماش	۱۹۰^{c}	۱۴۲^{b}	۲۷/۷^{c}
	یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش	۱۵۷^{d}	۱۳۴^{c}	۲۲/۴^{c}

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.

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 (۹). افزایش عملکرد در زمان استفاده از کود زیستی می‌تواند ناشی از وجود جمعیت میکروبی در خاک، در اثر تلقیح بذور با باکتری‌های افزاینده 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 (٥٦). 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 (١٤).

عملکرد روغن دانه گلرنگ: مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح کود نیتروژن نشان از افزایش عملکرد روغن دانه با کاربرد ترکیبی کود شیمیایی و کود زیستی نیتروژنه نسبت به دو سطح دیگر دارد. در هر سه سطح نیتروژن (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) بیشترین عملکرد روغن دانه به الگوی کشت خالص گلرنگ و کم‌ترین آن نیز به الگوی کشت یک ردیف گلرنگ : دو ردیف ماش تعلق داشت (جدول ۷).

از آن‌جایی که عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن می‌باشد لذا هر گونه تغییر در عملکرد دانه و درصد روغن، عملکرد روغن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق نیز اگرچه در تیمارهای مخلوط نسبت به کشت خالص تا حدودی درصد روغن بهبود پیدا کرده است ولی عملکرد دانه در کشت خالص بیشتر بوده است و همین عامل موجب افزایش عملکرد روغن در کشت خالص شده است. از طرفی افزودن کودهای زیستی به‌همراه کود شیمیایی نیتروژنه که در فرآیند رویشی و زایشی گیاه نقش کلیدی دارند، می‌توانند اجزای عملکرد گیاه و عملکرد روغن را به میزان قابل توجهی افزایش دهند (٤٥). پیرزاد و همکاران (٤٢) در بررسی خود نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد روغن (۱۲/٤ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار کشت خالص همراه با کاربرد کود زیستی بود. گزارش دیگر پژوهشگران نشان داد که کاربرد کود زیستی حاوی باکتری آزوسپریلیوم و ازتوباکتر بر روی گیاه آفتابگردان عملکرد روغن را ۱۱/٦ درصد افزایش داد (۵۱).

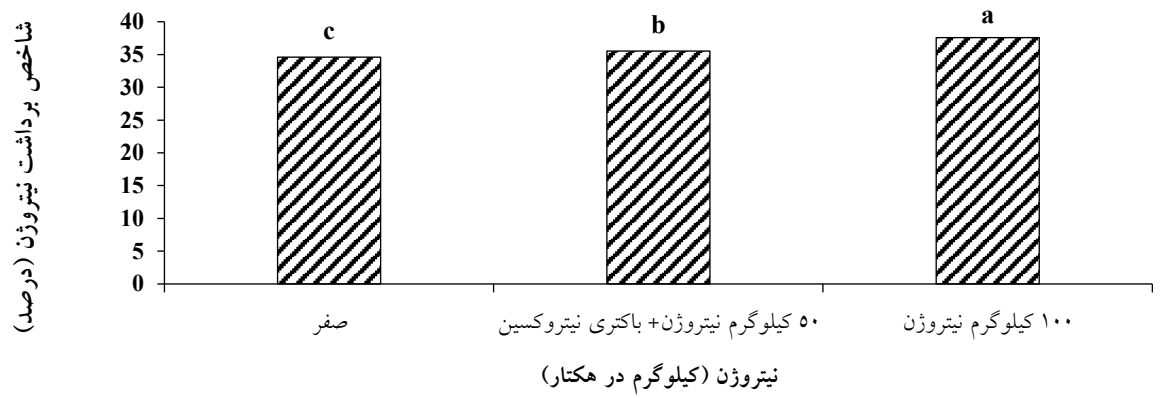
شاخص‌های کارآیی نیتروژن گلرنگ

شاخص برداشت نیتروژن گلرنگ: نتایج مقایسه میانگین اثر کود نیتروژن نشان داد که بیشترین شاخص برداشت نیتروژن در گلرنگ (۳۷/۵ درصد) از سطح کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و کمترین آن نیز (۳٤/٦ درصد) از تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن (سطح صفر) به‌دست آمد که با یکدیگر اختلاف ۸/۵۲ درصدی نشان دادند (شکل ۱). با توجه به اینکه شاخص برداشت نیتروژن از نسبت نیتروژن دانه به کل جذب نیتروژن گیاه (نیتروژن دانه و کاه) برآورد می‌شود لذا با افزایش در مقدار نیتروژن مصرفی، صفت کل جذب نیتروژن گلرنگ (نیتروژن دانه و کاه) نسبت به نیتروژن دانه بیشتر کاهش یافته و منجر به افزایش شاخص برداشت نیتروژن می‌شود. ژان و همکاران (۵۷) بیان نمودند که راهبردهای مدیریتی که باعث افزایش شاخص برداشت نیتروژن می‌شوند را می‌توان به فراهمی بیشتر نیتروژن از طریق تقویت چرخه معدنی شدن، متحرک شدن نیتروژن و بهبود کارآیی‌های جذب نیتروژن موجود توسط گیاه نام برد. طباطبایی و همکاران (۵۵) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی با فراهمی تدریجی و مطلوب عناصر غذایی در طی زمان، شرایط جذب بهتر این مواد را برای گندم فراهم نمود و احتمال آبشویی را نیز کاهش داد که در نهایت منجر به بهبود شاخص برداشت نیتروژن شد.

کارایی مصرف نیتروژن گلرنگ: نتایج مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن نشان داد با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن و زیستی نیتروکسین نسبت به تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به کارآیی مصرف نیتروژن افزوده شد. در هر دو سطح کودی، الگوی کشت خالص گلرنگ از کارایی مصرف

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر نیتروژن برای شاخص برداشت نیتروژن در گلرنگ. میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری براساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد می‌باشد.

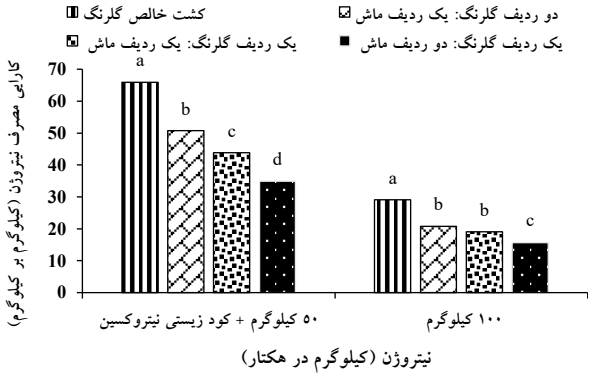
نیتروژن بیشتری برخوردار بود و اختلاف معنی‌داری با سایر الگوهای کشت نشان داد (شکل ۲). در پژوهش کوچکی و همکاران (۲۹) کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط پنبه با ذرت مورد مطالعه قرار گرفت و مشاهده شد کارایی مصرف نیتروژن در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص در هر دو گیاه پنبه و ذرت بود. این موضوع از تراکم کمتر پنبه و ذرت در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر دو گیاه ناشی می‌شود و موجب کاهش عملکرد و درنتیجه کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود.

کاهش در کارآیی مصرف نیتروژن با افزایش مصرف آن در گیاهان زراعی مختلف مشاهده شده است. این واکنش گیاه بر اساس قانون بازده نزولی قابل توضیح است، ضمن اینکه به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش کارآیی مصرف نیتروژن، فزونی سرعت از دست رفتن عنصر مذکور در مقادیر بالای مصرف باشد. این کاهش می‌تواند تأکیدی بر این مسأله باشد که رابطه مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد گیاه خطی نیست (۵۷). نتایج پژوهش لطیفی و همکاران (۳۰) نشان داد که افزایش مصرف کود نیتروژن، موجب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن در کنجد گردید و بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن از تیمار عدم مصرف کود به‌دست آمد. عامری و همکاران (٤) گزارش کردند که استفاده از کود نیتروژن، باعث کاهش کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود، به این دلیل که وجود نیتروژن زیاد در اندام هوایی باعث تحریک رشد رویشی شده و درنتیجه سهم نیتروژن اختصاص یافته به عملکرد اقتصادی کاهش یافته و درنتیجه کارآیی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد. به‌طور کلی زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آن‌ها واکنش مثبت نشان می‌دهد، و با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر بیشتر کود کاهش می‌یابد. بنابراین کارآیی مصرف عناصر غذایی با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود. به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی علاوه بر فراهم کردن نیتروژن مورد نیاز گیاه به‌دلیل افزایش رشد اندام هوایی موجب افزایش جذب نیتروژن و درنتیجه منجر به دستیابی به بیشترین کارایی مصرف این عنصر در گیاه می‌شود. در تحقیقی بر روی آفتابگردان (۲۸) کاربرد کود زیستی ازتوباکتر به همراه کود شیمیایی نیتروژنی باعث افزایش معنی دار کارایی مصرف نیتروژن شد در گندم نیز بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن در تیمار تلقیح بذر با کود زیستی نیتروژنی مشاهده شد (۲۵) .

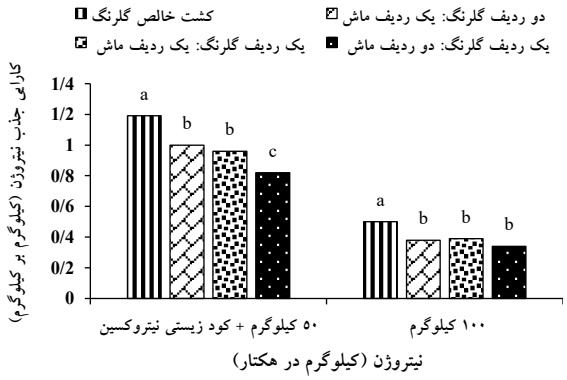
کارایی جذب نیتروژن گلرنگ: با کاربرد تلفیقی نیتروژن در هر چهار الگوی کشت نسبت به سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به کارآیی جذب نیتروژن افزوده شد. نتایج نشان داد در سطح ۵۰ کیلوگرم + کود زیستی نیتروکسین بیشترین کارآیی جذب نیتروژن از الگوی کشت خالص گلرنگ و کم‌ترین آن نیز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]



شکل ۲. مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای شاخص کارایی مصرف نیتروژن در گلرنگ.



شکل ۳. مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای شاخص کارایی جذب نیتروژن در گلرنگ.

مقایسه میانگین با استفاده از رویهL.S. Means انجام شده و در هر سطح نیتروژن، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

از الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش حاصل شد که با یکدیگر اختلاف ۱/۳٤ برابری داشتند (شکل ۲). همچنین مشخص شد در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بیشترین کارآیی جذب نیتروژن از الگوی کشت خالص گلرنگ و کم‌ترین آن نیز از الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش حاصل شد که با یکدیگر اختلاف ۱٦/۳ درصدی داشتند (شکل ۳). به‌طور کلی، کارآیی جذب نیتروژن نشان‌دهنده توان گیاه در استفاده از نیتروژن پراکنده در محیط است. به عبارت دیگر کارآیی جذب نیتروژن، مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه از واحد نیتروژن مصرفی است که از تقسیم کل نیتروژن جذب شده توسط دانه به مقدار نیتروژن مصرف شده به صورت کود به‌دست می‌آید. کوچکی و همکاران (۲۹) بیان کردند در کشت مخلوط به‌دلیل بیشتر بودن تراکم در کشت خالص هر دو گیاه نسبت به کشت مخلوط، کارایی جذب نیتروژن در کشت مخلوط کمتر از کشت خالص دو گونه بود.

نتایج نشان داد که با مصرف تلفیقی زیستی و شیمیایی کود نیتروژن، کارآیی جذب نیتروژن افزایش پیدا کرد اما با افزایش کود نیتروژن شیمیایی کارآیی جذی نیتروژن نیز کاهش یافت. به‌طور کلی، کارآیی جذب نشان دهنده توان گیاه در استفاده از نیتروژن پراکنده در محیط است (۳۱). لو و همکاران (۳۳) بیان کردند که علت کارآیی پایین در جذب نیتروژن در شرایط کاربرد کود زیاد نیتروژن، تا حد زیادی ناشی از تفاوت در عملکرد دانه تولیدی تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی بوده که مستقیماً در جذب نیتروژن از خاک تأثیرگذار است. درنتیجه اگرچه با افزایش کاربرد کود نیتروژن، عملکرد افزایش یافت، ولی توانایی گیاه در جذب نیتروژن هم راستا با افزایش در میزان مصرف کود نبود. بنابراین می‌توان گفت که واکنش گیاه در پاسخ به مصرف نیتروژن از قانون بازده نزولی تبعیت می‌کند و به احتمال زیاد تلفات میزان نیتروژن در سطوح بالای کود نیتروژن از طریق تصعید، آبشویی یا به علت عدم جذب نیتروژن به‌واسطه گیاه و بالاخره عدم استفاده مؤثر آن افزایش می‌یابد.

صفات عناصر غذایی، عملکرد و شاخص‌های کارایی مصرف نیتروژن ماش

نتایج حاصل از تجزیه واریانش نشان داد برهم‌کنش کود نیتروژنه و الگوی کشت در سطح احتمال یک درصد بر درصد نیتروژن اندام هوایی، درصد نیتروژن دانه، درصد پتاسیم اندام هوایی، درصد پتاسیم دانه (جدول ۲)، عملکرد دانه و شاخص برداشت نیتروژن (جدول ٤) معنی‌دار شد اما اثر کود نیتروژن و الگوی کشت هر یک به‌تنهایی در سطح احتمال یک درصد بر درصد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

فسفر اندام هوایی و درصد فسفر دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). همچنین مشاهده شد برهم‌کنش کود نیتروژن و الگوی کشت در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف نیتروژن و کارایی جذب نیتروژن ماش معنی‌دار شد (جدول ٤).

درصد نیتروژن اندام هوایی و دانه ماش: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن بیشترین درصد نیتروژن اندام هوایی به الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ و کمترین درصد نیتروژن اندام هوایی به الگوی کشت خالص ماش تعلق داشت (جدول ۵). برای درصد نیتروژن دانه نیز نتایج مقایسه میانگین نشان داد در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن بیشترین درصد نیتروژن دانه در الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ و کمترین درصد نیتروژن دانه در الگوی کشت خالص ماش حاصل شد که به‌ترتیب با یکدیگر اختلاف ۲۲/۷، ١٦/٤ و ١٦/٥ درصدی نشان دادند (جدول ۵). در سطح کودی صفر برای نیتروژن دانه، الگوی کشت مخلوط یک ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش با یک ردیف گلرنگ: دو ردیف ماش در یگ گروه آماری قرار گرفتند.

افزایش کاربرد کود نیتروژن باعث افزایش رشد ریشه و اندام‌های هوایی شده و درنتیجه، جذب نیتروژن توسط این اندام‌ها نیز بیشتر می‌شود. همچنین کود زیستی نیتروکسین در دسترس قرار دادن حجم بیشتری از خاک در اختیار ریشه گیاه باعث جذب بیشتر عنصر غذایی نیتروژن می‌شود، همچنین به‌نظر می‌رسد که در نسبت کشتی یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ، ماش توانسته است که به‌خوبی نیتروژن خاک را تثبیت کند که علاوه بر این که نیتروژن را در اختیار گلرنگ گذاشته خود نیز توانسته است به‌خوبی آن را جذب کرده و مقدار نیتروژن برگ و دانه را افزایش دهد. در مطالعه‌ای حمزه‌ئی و سیدی (۲۳) بیشترین مقدار نیتروژن هر دو گیاه نخود و جو را در کشت مخلوط گزارش دادند و علت این امر را به حضور گیاه لگوم در کنار گیاه غیر لگوم دانستند که گیاه لگوم با سامانه ریشه‌ای که دارد می‌تواند نیتروژن را تثبیت کرده و استفاده کند.

درصد فسفر اندام هوایی و دانه ماش: بیشترین درصد فسفر اندام هوایی (۰/۲٤ درصد) از مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ کود زیستی نیتروکسین به‌دست آمد و کمترین آن (۰/۱۸ درصد) مربوط به تیمار صفر (عدم کاربرد کود نیتروژن) بود که با یکدیگر اختلاف ۳۳/۳ درصدی نشان دادند (جدول ٦). نتایج حاصل از مقایسه میانگین (جدول ٦) اثر الگوی کشت بر درصد فسفر اندام هوایی نشان داد که بیشترین درصد فسفر اندام هوایی (۰/۲۳ درصد) از الگوی کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ و کمترین (۰/۲۰ درصد) آن مربوط به الگوی کشت خالص ماش بود. نتایج مقایسه میانگین اثر کود نیتروژن نشان داد بیشترین درصد فسفر دانه با میانگین ۰/٦۰ درصد از تیمار کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و کمترین آن با میانگین ۰/٥٤ درصد از تیمار عدم کاربرد نیتروژن (سطح صفر) حاصل شد که با یکدیگر اختلاف ۱۱/۱ درصدی داشتند. در ارتباط با اثر الگوی کشت بر درصد فسفر دانه، نتایج نشان داد که بیشترین فسفر دانه (۰/۵۹ درصد) از کشت یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ و کمترین آن نیز (۰/٥٦ درصد) از الگوی کشت خالص ماش به‌دست آمد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ٦).

به‌نظر می‌رسد افزایش سطح برگ گیاه به‌دلیل افزایش نیتروژن در سامانه‌های تلفیقی منجر به تولید بیشتر آسیمیلات برای گیاه شده که درنتیجه این امر مواد فتوسنتزی بیشتری جهت رشد ریشه فراهم شده است. با گسترش سامانه ریشه گیاه، حجم بیشتری از خاک در دسترس ریشه جهت جذب فسفر که تمایل زیادی به تثبیت دارد، قرار گرفته و درنتیجه میزان جذب آن در سامانه‌های تغذیه تلفیقی نسبت به سامانه‌های شیمیایی و بدون کود افزایش یافته است (۲۹). افزایش جذب فسفر در اثر تلقیح گیاه توسط باکتری، را می‌توان به ترشح تنظیم‌کننده‌های رشد و توسعه سامانه ریشه‌ای و امکان دسترسی و جذب بهتر این عناصر غذایی برای گیاه نسبت داد (۸).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

درصد پتاسیم اندام هوایی و دانه ماش: مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح کود نیتروژن نشان از افزایش درصد پتاسیم اندام هوایی با کاربرد ترکیبی کود شیمیایی و کود زیستی نیتروژنه نسبت به دو سطح دیگر داشت. در هر سه سطح نیتروژن (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) بیشترین درصد پتاسیم اندام هوایی به‌ترتیب با میانگین ۲/٤۷، ۲/۵۹ و ۲/۷٦ درصد به الگوی کشت به‌صورت یک ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش و کمترین آن نیز به‌ترتیب با میانگین ۱/۱۵، ۱/۷۷و ۱/٤۲ درصد به الگوی کشت خالص ماش تعلق داشت که به‌ترتیب با یکدیگر اختلاف ۱/۱٤ برابری، ٤٦/۳ درصدی و ۹٤/۳ درصدی داشتند (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در هر سه سطح از مصرف کود نیتروژن (صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن) الگوی کشت به‌صورت یک ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش (۵۰:۵۰) از بالاترین درصد پتاسیم دانه برخوردار بود. اما کشت خالص ماش از کم‌ترین درصد پتاسیم دانه برخوردار بود که با سایر الگوهای کشت اختلاف معنی‌داری نشان داد. در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن اختلاف معنی‌داری بین الگوی کشت یک ردیف گلرنگ: یک ردیف ماش و یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ مشاهده نشد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که یک ردیف ماش همراه با یک ردیف گلرنگ در کنار هم با کاربرد کود زیستی نیتروژنه+ کود شیمیایی نیتروژنه شرایط مناسبی را برای جذب عناصر غذایی در گیاه ماش فراهم نموده و موجب افزایش عنصر پتاسیم در برگ این گیاه شده است. همچنین کم بودن مقدار این صفت در برگ ماش (در نسبت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ) را می‌توان به قدرت رقابتی بهتر گلرنگ در جذب عناصر نسبت داد. به نظر می‌رسد که تغییرات غلظت پتاسیم دانه در گیاه ماش تحت تاثیر الگوی کشت مخلوط یک ردیف گلرنگ+ یک ردیف ماش ناشی از ایجاد فضای مناسب برای رشد و دریافت بهتر عناصر غذایی از خاک بوده است.

عملکرد دانه ماش: 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 بیشترین عملکرد دانه در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۵۸، ۲۳۷ و ۲۱۳ گرم بر مترمربع از کشت خالص ماش حاصل شد که با عملکرد دانه در سایر الگوی کشت تفاوت معنی‌داری را نشان داد. این درحالی است که کمترین عملکرد دانه در سطوح کودی صفر، ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + کود زیستی نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۱۳، ۱۳۸ و ۱۳۳ گرم بر مترمربع 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 (۳۷) 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 درنتیجه باعث بقای تعداد گل‌های بارور شده از طریق افزایش مواد فتوسنتزی در گیاه شده 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 به‌علت تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به قسمت‌های زایشی باشد (۳). افزایش عملکرد در زمان استفاده از کود زیستی می‌تواند ناشی از وجود جمعیت میکروبی در خاک، در اثر تلقیح بذور با باکتری‌های افزاینده رشد بوده که به‌وسیله ایجاد چرخه مواد غذایی و افزایش حفظ سلامتی ریشه در طول دوره رشد در رقابت با پاتوژن‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

شکل ٤. مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای شاخص برداشت نیتروژن در ماش. 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.

گیاهی ریشه و افزایش جذب مواد غذایی باعث رشد گیاه شوند (٥٦).

شاخص‌های کارآیی نیتروژن ماش

شاخص برداشت نیتروژن ماش: روند تغییرات شاخص برداشت نیتروژن گیاه ماش بسیار غیریکنواخت و متغییر بود. به‌طوری‌که شاخص برداشت نیتروژن در سطح کودی ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ باکتری نیتروکسین نسبت به سطح غیر کاربرد نیتروژن کاهش یافت و سپس در سطح کودی کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار این شخص افزایش یافت. مطابق شکل ٤ بین سطوح کودی، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن و در بین الگوهای کشت، الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ از بیشترین شاخص برداشت نیتروژن برخوردار بود. در سطح عدم کاربرد کود نیتروژن (صفر) تمامی الگوهای کشت در یک گروه آماری قرار گرفتند. در سطوح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن+ باکتری نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن نیز الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ بیشترین شاخص برداشت نیتروژن را ایجاد نمودند که اختلاف معنی‌داری با الگوی یک ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ نشان ندادند (شکل ٤).

با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که سطح بالای کاربرد کود نیتروژن (۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) نسبت به سطوح پایین‌تر منجر به افزایش معنی‌داری در این شاخص شده است. علت این روند را می‌توان چنین بیان داشت که با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه، در یک محدوده‌ی خاص انتقال نیتروژن به دانه‌ها مشابه با جذب بیشتر نیتروژن از خاک، متوقف خواهد شد (۵۷). همچنین احتمالاً علت کمتر بودن شاخص برداشت نیتروژن در الگوی کشت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ در هر سه سطح کودی به‌علت رقابت بین گیاهان نیتروژن کمتری در اختیار گیاه ماش قرار گرفته و همین عامل موجب کاهش شاخص برداشت نیتروژن در این الگوی کشت شده است.

کارایی مصرف نیتروژن ماش: نتایج مقایسه میانگین اثر نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن نشان داد با کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژن نسبت به تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به کارآیی مصرف نیتروژن افزوده شد و در هر دو سطح کودی

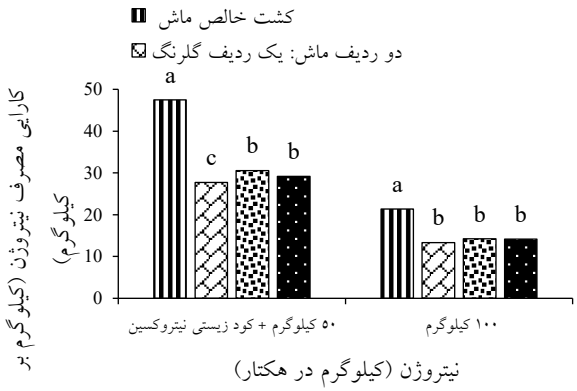
[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

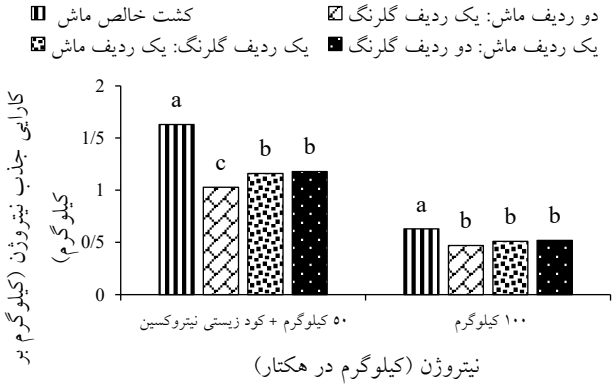
الگوی کشت خالص ماش از کارایی مصرف نیتروژن بیشتری
برخوردار بود. در سطوح کودی ۵۰ کیلوگرم نیتروژن + باکتری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]



شکل ۵. مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای شاخص کارایی مصرف نیتروژن در ماش.



شکل ٦. مقایسه میانگین سطوح الگوی کشت در هر سطح نیتروژن برای شاخص کارایی جذب نیتروژن در ماش.

مقایسه میانگین با استفاده از رویهL.S. Means انجام شده و در هر سطح نیتروژن، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

نیتروکسین و ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن کشت خالص ماش به‌ترتیب با میانگین‌های ٤٧/٥ و ٢١/٤ کیلوگرم بر کیلوگرم دارای بیشترین شاخص کارایی مصرف نیتروژن و الگوی کشت یک ردیف ماش: دو ردیف گلرنگ به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۸/۳ و ١٤/٢ دارای کمترین شاخص کارایی مصرف نیتروژن بود که به‌ترتیب با یکدیگر اختلاف ٦١/٥ و ۳۳/۷ درصدی نشان دادند (شکل ۵).

در این آزمایش کارآیی مصرف نیتروژن ماش در کشت خالص در مقایسه با کلیه نسبت‌های مخلوط افزایش معنی‌داری داشت. علت این برتری، افزایش عملکرد دانه ناشی از تراکم مطلوب و استفاده بهینه از عوامل محیطی رشد به‌خصوص نور، آب و عناصر غذایی بود. با افزایش سهم ماش در نسبت‌های مخلوط به‌علت افزایش عملکرد دانه، کارآیی مصرف نیتروژن نیز افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد که دلیل کاهش کارایی مصرف نیتروژن با افزایش میزان کود مورد استفاده عمدتاً ناشی از این مسئله باشد که رابطه بین مصرف کود نیتروژن و افزایش عملکرد دانه ماش خطی نیست. به عبارت دیگر با افزایش کاربرد کود نیتروژن به همان میزان عملکرد دانه بهبود نمی‌یابد. همچنین احتمالاً فعالیت‌های متابولیکی باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین که بذر گیاهان با آن تلقیح شده بود در فراهم شدن شرایط محیطی بهتر برای رشد، عامل اصلی برتری این صفت در شرایط کاربرد تلفیقی کود شیمیایی و زیستی نیتروژنه بود. نتایج پژوهش لطیفی و همکاران (۳۰) بر روی گیاه کنجد نشان داد که افزایش مصرف کود نیتروژن، موجب کاهش کارآیی مصرف نیتروژن شد و بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن از تیمار عدم مصرف کود به‌دست آمد. در تحقیقی بیشترین میزان کارایی مصرف نیتروژن در تیمار تلقیح بذر با کود زیستی نیتروژنه مشاهده شد. کاربرد کودهای زیستی مناسب، می‌تواند در افزایش عملکرد، بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه و کاهش کود شیمیایی مؤثر باشد (۲۳).

کارایی جذب نیتروژن ماش: طبق نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین مشخص شد با کاربرد تلفیقی کودشیمیایی و زیستی نیتروژنه در هر چهار الگوی کشت نسبت به سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن به کارآیی جذب نیتروژن افزوده شد. نتایج نشان داد در سطح ۵۰ کیلوگرم + کود زیستی نیتروکسین بیشترین کارآیی جذب نیتروژن از الگوی کشت خالص ماش و کم‌ترین آن از الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ حاصل شد که با یکدیگر اختلاف ۳٦/۸ درصدی داشتند (شکل ٦). همچنین مشخص شد در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن نیز بیشترین کارآیی جذب نیتروژن از الگوی کشت خالص ماش و کم‌ترین آن نیز از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

الگوی کشت دو ردیف ماش: یک ردیف گلرنگ حاصل شد که با یکدیگر اختلاف ۲۵/٤ درصدی داشتند (شکل ٦).

یکی از دلایل برتری کشت خالص ماش، بالاتر بودن عملکرد زیستی ماش و به‌تبع آن نیتروژن زیست توده ناشی از تراکم مطلوب و استفاده بهینه از عوامل محیطی رشد در کشت خالص و دیگری کاهش میزان جذب نیتروژن از خاک در این تیمار نسبت به تیمارهای مخلوط به‌دلیل تأمین قسمت اعظم نیاز نیتروژنی ماش از طریق فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن اتمسفری توسط باکتری‌های محرک رشد تلقیح شده با ماش بود. با کاهش سهم ماش در ترکیب‌های مخلوط از کارآیی جذب نیتروژن به‌دلیل کاهش عملکرد زیستی و درنتیجه کاهش نیتروژن زیست‌توده به ازای هر واحد از نیتروژن قابل دسترس خاک کاسته شد (۱۵).

کارآیی جذب نیتروژن براساس نسبت نیتروژن کل اندام‌های هوایی گیاه به نیتروژن قابل دسترس گیاه در خاک تعریف می‌شود. با توجه به نتایج حاصله مشاهده می‌شود که کارآیی جذب نیتروژن روندی مشابه با شاخص کارآیی مصرف نیتروژن داشت. به‌نظر می‌رسد علت پایین بودن کارآیی جذب نیتروژن در شرایط کاربرد مقدار زیاد کود نیتروژن تا حد زیادی ناشی از تفاوت در عملکرد دانه‌ی ماش تولیدی تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی باشد که مستقیماً در جذب نیتروژن از خاک تأثیرگذار است. درنتیجه با افزایش کود نیتروژن توانایی گیاه در جذب نیتروژن هم راستا با افزایش در میزان مصرف کود نیست، در حقیقت در سطوح بالای کاربرد نیتروژن، نیتروژن تجمع یافته در اندام‌ها هم راستا با مصرف آن نیست (۵۷). دلیل اصلی افزایش شاخص کارایی جذب نیتروژن در شرایط کاربرد کود زیستی به نقش باکتری‌های محرک رشد مربوط می‌شود که می‌توانند از طریق تجزیه مواد آلی خاک و فراهمی عناصر اصلی غذایی در محیط ریشه گیاه، باعث افزایش عملکرد زیستی و کارآیی جذب نیتروژن از خاک شوند (۵ و ٦). محققین در آزمایشی روی کارآیی نیتروژن در کینوا، بیان کردند که کارآیی جذب نیتروژن تابع قانون بازده نزولی است به‌طوری‌که در سطوح پایین تا متوسط مقادیر نیتروژن خاک، کارآیی جذب، افزایش و در سطوح بالاتر کاهش می‌یابد (٦).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج آزمایش نشان داد کشت مخلوط گلرنگ و ماش نسبت به کشت خالص آن‌ها موجب بهبود درصد روغن دانه در گلرنگ شد و جذب عناصر غذایی پر مصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عناصر غذایی کم مصرف (آهن و روی) را در اندام و دانه هر دو گیاه افزایش داد اما عملکرد دانه و شاخص‌های کارایی مصرف و جذب نیتروژن هر دو گیاه در کشت خالص بیشتر بود. نتایج اکثر صفات مورد بررسی نشان داد می‌توان با کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه به‌همراه کود زیستی نیتروکسین مصرف کود شیمیایی را کاهش داد. بنابراین کاربرد کودهای زیستی همراه با کودهای شیمیایی نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده شده‌اند همزمان با تأمین عناصر غذایی، در بهبود جذب عناصر غذایی، شاخص‌های کارایی نیتروژن و عملکرد دانه گلرنگ و ماش تأثیر مثبتی خواهد داشت. همچنین به‌نظر می‌رسد که بتوان کشت مخلوط گلرنگ و ماش را با انتخاب الگوی کشت مناسب، به‌عنوان یکی از راهکارهای قابل تأمل جهت افزایش عملکرد بر مبنای تثبیت زیستی نیتروژن مدنظر قرارداد تا با کاهش وابستگی سامانه‌های زراعی به نهاده‌های شیمیایی، امکان تولید اکولوژیک گیاهان زراعی فراهم شود و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار محقق شود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله نویسندگان از دانشگاه یاسوج به جهت فراهم نمودن شرایط انجام این تحقیق سپاس‌گذاری می‌نمایند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

منابع مورد استفاده

1. Abraheem, B. A., I. H. H. Al-Hilfy, H. M. K. Al-Abodi, A. M. Mahdi and K. A. Salman. 2024. Effects of sorghum-mung bean intercropping and nutrient solutions on fruit growth indicators. *Research on Crops* 25(3):416-424.
2. Ahmadvand, G. and S. Hajinia. 2017. The effect of mixed cropping on water use efficiency, quantitative and qualitative yield of millet and soybean in different irrigation regimes. *Iranian Plant Sciences* 49: 113-97. (In Farsi).
3. Al-barzinjy, M., O. Stolen and J. L. Christiansen. 2003. Comparison of growth, pod distribution and canopy structure of old and new cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Scandinavia, Plant, Soil Science* 53:138-146.
4. Ameri, A. A., M. Nasiri Mahalati and P. Rezvani Moghadam. 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 5: 315-326. (In Farsi).
5. Amiryousofi, M. and P. Sharifi. 2016. The effect of nitrogen fertilizer and biofertilizer *Azospirillium brasilense* on some characteristics of wheat in Jozan region of Isfahan. *Journal of Crop Production and processing* 7: 29-43. (In Farsi).
6. Amiryousefi, M., M. R. Tadayon and R. Ebrahimi. 2020. Effect of chemical and biological fertilizers on some physiological traits, yield components and yield of quinoa plant. *Journal of Crop Production and Processing* 10: 1-17. (In Farsi).
7. Babakhani, V., E. Tohidi-Nejad, G. Khajoei-Nejad and J. Ghanbari. 2022. Biomass production and nitrogen use efficiency in dill-fenugreek intercropping in response to biofertilizers and manure. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 32: 1-18. (In Farsi).
8. Bakhtiari, M., H. R. Ganjali, A. Mehraban and A. Ebrahimi. 2016. Investigating the effects of nitrogen and phosphorus application on quantitative and qualitative yield of safflower in Sistan region. *New Findings in Agriculture* 10: 241-253. (In Farsi).
9. Basra, S. M. A., S. Iqbal and I. Afzal. 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology* 16: 886-892.
10. Bingham, I. J., A. J. Karley, P. J. White, W. T. B. Thomas and J. R. Russell. 2012. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy* 42: 49-58.
11. Bourke, P. M., J. B. Evers, P. Bijma, D. F. Van Apeldoorn, M. J. M. Smulders, T. W. Kuyper, L. Mommer and G. Bonnema. 2021. Breeding beyond monoculture: Putting the "intercrop" into crops. *Frontiers in Plant Science* 12: 2602.
12. Moll, R. H., E. J. Kamprath, W. A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors, which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal* 74(3): 562-564.
13. Emami, A. 1996. Plant Analysis Methods. Publications of Soil and Water Research Institute. Tehran. (In Farsi).
14. Esitken, A., H. E. Yildiz, S. Ercisli, M. F. Donmez, M. Turan and A. Gunes. 2010. Effect of plant growth promoting bacteria on yield, growth and nutrient content of organically grown strawberry. *Scientia Horticulturae* 124: 62-66.
15. Eslami Khalili, F., H. Pirdashti and A. Motaghian. 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: 94-105. (In Farsi).
16. Esmaeilzadeh, M., H. Babazadeh, H. Naghavi, A. Saremi and Gh. Shiresmaeili. 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 Physiology* 57: 91-108. (In Farsi).
17. Fatemi, R., S. M. B. Hoseini, H. Moghadam, B. Motesharezadeh and Z. Ahmadabadi. 2023. How biofertilizers and intercropping pattern affect yield and nitrogen efficiency indices of maize. *Arabian Journal of Geosciences* 16: 378.
18. Fathi, A., A. Farnia and A. Maleki. 2013. Effects of biological nitrogen and phosphorus fertilizers on vegetative characteristics, dry matter and yield of corn. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 29: 1-7. (In Farsi).
19. Ghanbari, M., A. Mokhtassi-Bidgoli, K. Mansour Ghanaei-Pashaki and P. Talebi-Siah Saran. 2022. The study of yield and physiological characteristics of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) in response to bio-fertilizers and different irrigation regimes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 3: 23-37. (In Farsi).
20. Ghanbari, S., M. R. Moradi Telavat and A. Siadat. 2015 Effect of manure application on forage yield and some nutrients consumption in barley and fenugreek intercropped system. *Iranian Journal of Field Crops Research* 15: 603-614. (In Farsi).
21. Gunes, A., A. Inal, M. S. Adak, M. Alpaslan, E. G. Bagci, T. Erol and D. J. Pilbeam. 2007. Mineral nutrition of wheat, chickpea and lentil as affected by mixed cropping and soil moisture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 78: 83-96.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

22. Haghanian, S., A. R. Yadavi, H. R. Balouchi and A. Moradi. 2016. Grain, oil yield and nitrogen use efficiency in different varieties of sesame (*Sesamum indicum* L.) under nitrogen fertilizer and weed competition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 26: 67-81. (In Farsi).
23. Hamzei, J. and M. Seyedi. 2015. Study of canopy growth indices in mono and intercropping of chickpea and barley under weed competition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 24: 75-90. (In Farsi).
24. Hodiani Mehr, A., M. Dahmardeh Khammari and M. R. Asgharipoor. 2016. Evaluation of tillage systems on agronomical aspects in roselle-green gram intercropping using Replacement method. *Iranian Journal of Filed Crop Science* 47: 265-276. (In Farsi).
25. Jahanshahi, H., H. Ajam Norouzi, M. R. Dadashi, M. A. Rezaei and H. Masani. 2021. Effect of different sources of biological and chemical fertilizers on nitrogen and phosphorus morphological and functional traits of *Triticum aestivum* L. *Journal of Plant Environmental Physiology* 15: 22-35. (In Farsi).
26. Johnson, C. M. and A. Ulrich. 1959. Analytical methods for use in plant analysis. *California Agricultur Exprimental Stady Bulling* 766: 52-78.
27. Kakabouki, I. P., D. Hela, I. Roussis, P. Papastylianou, A. F. Sentras and D. J. Bilalis. 2018. Influrnce of fertilization and soil tillage on nitrogen uptake and utilization efficiency of quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Wild.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 18: 220-235.
28. Khosravi, A., R. Seyed Sharifi and A. Imani. 2014. Study of seed inoculation with Azotobacter and Psedomunas and nitrogen application timing on yield, fertilizer use efficiency and grain filling rate of sunflower. *Journal of Crops Improvement* 16(1): 139-155.
29. Koocheki, A., M. Nassiri Mahallati, R. Moradi and Y. Alizadeh. 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13: 1-13. (In Farsi).
30. Latifi, H., S. Khorramdel, M. Nassiri Mahallati and M. R. Farzaneh Belgerdi. 2018. Effects of nitrogen fertilizer and plant density on yield and nitrogen efficiency indices of sesame using a central composite design. *Journal of Plant Production Research* 25: 125-140. (In Farsi).
31. Li, J., Y. Zhou, H. Gu, Z. Lu, R. Cong, X. Li and J. Lu. 2023. Synergistic effect of nitrogen and potassium on seed yield and nitrogen use efficiency in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *European Journal of Agronomy* 148: 126875.
32. Lotfi, R. and M. Pessarakli. 2023. Effects of crop rotation and tillage on winter wheat growth and yield under cold dryland conditions. *Crops* 3(2): 88-100.
33. Lou, H., B. Zhao, Y. Peng, A. M. El-Badri, M. Batool, C. Wang and G. Zhou. 2023. Auxin plays a key role in nitrogen and plant density-modulated root growth and yield in different plant types of rapeseed. *Field Crops Research* 302: 109066.
34. Mohammadi, M. and Z. Mosleh Ghahfarokhi. 2023. Impact of nitrogen and sulfur applications on seed yield, protein, oil content, and fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.). *Agricultural Science and Technology* 10: 906-910.
35. Molaie, A. R. 2016. Determination appropriate and optimum cultivar for mung bean in double cropping. In: Proceeding of 6th Iranian Pulse Crops Symposium. Khorramabad, Iran. 4 May. 2016. (In Farsi).
36. Najafi, N. A., M. Mustafaei, A. Dabagh Mohammadi Nesab and Sh. Ostan. 2013. The effect of mixed cropping and animal manure on the growth, yield and protein concentration of corn, beans and cowpea. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 23: 100-116. (In Farsi).
37. Nazari, Sh., A. Zand, P. Asadi and F. Golzardi. 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: 97-109. (In Farsi).
38. Novozamsky, I., R. Van Eck, C. H. Van Schouwenburg and I. Walinga. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 22: 3-5.
39. Pakgohar, N. and A. Ghanbari. 2014. Evaluation of competition and nutrient consumption of nitrified millet and green pea in intercropping. *Agricultural Crop Management* 15: 137-150. (In Farsi).
40. Pedraza, R. O., C. H. Bellone, S. C. D. Bellone, P. M. F. B. Sorte and K. R. D. S. Teixira. 2009. *Azospirillium* inoculation and nitrogen fertilization effect on grain yield and on the diversity of endophytic bacteria in the phyllosphere of rice rainfed crop. *Eourpean Journal of Soil Biology* 45: 36-43.
41. Peterson, J. R., J. Flanagan and K. T. Shmact. 2002. PAM application method and electrolyte source effects on plot-scale runoff and erosion. *Trans ASAE* 45: 1859-1867.
42. Pirzad, A., S. Davirani, J. Jalilian and E. Rezaei Chiyaneh. 2018. The physiological role of bio-fertilizers in improving the crop yield of black cumin and common bean intercropping. *Journal of Crop Production and Processing* 8: 87-101. (In Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]

43. Rastgo, B., A. Ebadi and Q. Permon. 2013. Investigating the effect of nitrogen consumption on yield and composition of safflower seed reserves. *Crop Physiology* 6: 85-102. (In Farsi).
44. Reinhard, W., R. Neugschwandtner and P. H. Kaul. 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: 1236-1249.
45. Rezvani Moghada, P., M. R. Raoofi, M. Rashed, H. Mohassel and R. Moradi. 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: 65-79. (In Farsi).
46. Rostaei, M. and S. Fallah, 2015. Effects of chemical fertilizers and organic manure, and their combinations on micronutrient concentration and uptake of fenugreek-black cumin under different planting patterns. *Journal of Agroecology* 5: 84-101. (In Farsi).
47. Saeidi, M., Y. Raei, R. Amini, A. Taghizadeh and P. Pasban Eslam. 2018. 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: 247-260. (In Farsi).
48. Safari, M. R., M. R. Dadashi, A. Faraji and M. Armin. 2023. Effect of biofertilizer and drought stress on quantitative and qualitative traits in some winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Romanian Agricultural Research* 40: 1563-1578. (In Farsi).
49. Salahi, T., A. R. Yadavi, A. Salehi and H. R. Balouchi. 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: 1-17. (In Farsi).
50. Seyedi, S. M. and J. Hamzei. 2021. Comparison of quantity and quality sunflower yield in sole cropping and intercropping with bean / soybean in Hamedan condition. *Electronic Journal of Crop Production* 13(4): 57-74. (In Farsi).
51. Shoghi Kalkhoran, S., A. Ghalavand, S. A. M. Modarres-Sanavy and P. Akbari. 2011. Effect of nitrogen fertilizer and biofertilizer application on yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 12 (4): 467-481. (In Farsi).
52. Shoman. H. A. 2018. Effect of sowing dates and nitrogen on productivity of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) at desert areas. *Journal Plant Production*, 9: 327-332
53. Sohrabi, T., M. Movahhedi Dehnavi, A. Salehi, H. Balouchi and F. Ebrahimi. 2024. Improving macro-nutrients uptake and nitrogen use efficiency in canola (*Brassica napus* L.) by co-application of bio and chemical nitrogen. *Journal of Crop Production* 17: 89-106.
54. Soleimanpoor, L., R. Naderi and M. Najafi Ghiri. 2017. Evaluation of metal micronutrients uptake in cereal-legume intercropping. *Journal of Crops Improvement* 18: 1017-1031.
55. Tabatabai, S. S., M. Jahan and K. Haj Mohammadnia Ghalibaf. 2019. The effect of using biofertilizers and chemical nitrogen fertilizers on yield and yield components of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under water deficit stress conditions. *Environmental Stresses in Agricultural Sciences* 13: 145-154. (In Farsi).
56. Yazdi, A., Sh. Alaei and H. Rahmani. 2017. The effect of biological and chemical nitrogen fertilizers on sweet plant in North Khuzestan. *Scientific Research Journal of Plant Ecophysiology* 10: 23-33.
57. Zhan, N., K. Xu, G. Ji, G. Yan, B. Chen, X. Wu and G. Cai. 2023. Research progress in high-efficiency utilization of nitrogen in rapeseed. *International Journal of Molecular Sciences* 24: 7752.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.47176/jcpp.16.1.38811]