



Effect of plant growth promoting rhizobacteria on agro-physiological traits of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) under rainfed conditions in Ilam region

Rahim Naseri^{1*} , Amir Mirzeai²

¹ Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, Email: r.naseri@ilam.ac.ir

² Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran, Email: amir.mirzeai53@gmail.com

Article type:

Research article

Abstract

Article history

Received: 25.10.2022

Revised: 19.12.2022

Accepted: 25.12.2022

Published: 21.03.2025

Keywords

Azospirillum

Mesophilic

Conductivity

Net Photosynthesis

Seed Yield

Transpiration

To investigate the effect of plant growth promoting rhizobacteria on seed yield and gas exchange, of rainfed safflower cultivars, a factorial field experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications on the farms of Sarablah Agricultural Research Center, Ilam during 2021-2022 cropping Season. Experimental treatments included different safflower cultivars (Faraman, Goldasht, Sina and Omid) and treatment of different fertilizer sources (without fertilizer source, 50% N fertilizer recommended, *Azospirillum*+50% N fertilizer recommended, *Azotobacter*+50% N fertilizer recommended, *Azospirillum*+*Azotobacter*+50% N fertilizer recommended and 100% N fertilizer recommended). The results of this study showed that interaction of cultivar × fertilizer sources were significant on yield, seed yield components as well as gas exchanges in safflower under rainfed conditions. The highest head.plant-1, seed.head-1, 1000-seed weight, seed yield, biological yield, net photosynthesis, transpiration, mesophilic conductance and photosynthetic water use efficiency were obtained from the interaction of Sina cultivar × *Azospirillum*+*Azotobacter*+50% N fertilizer. The results of this research showed that the combined use of nitrogen fertilizer (50% less) along with biological fertilizer (*Azotobacter* + *Azospirillum*) in addition to being able to avoid the wastage of nitrogen fertilizer and environmental pollution in rainfed conditions, It can improve the growth and production of safflower cv. Sina.

Introduction: Rainfed farming plays an important role in food production for many people in semi-arid countries and the world, and it covers 80 percent of all usable agricultural land. Given the increase in the world population in recent years and the increasing need of human societies, especially Iran, for oilseed products, proper agricultural management is of great importance to increase seed yield. Safflower, containing about 80 percent unsaturated fatty acids such as linoleic and oleic, has a desirable quality for food use. Safflower florets are also used in the food and dyeing industries. Safflower meal, with its high protein and fiber percentage, is also used as a source of protein for livestock and poultry feed. Currently, the use of biological fertilizers as an alternative to chemical fertilizers has become very important to increase soil fertility in the sustainable production of crops. Biological fertilizers are beneficial soil microorganisms that have the ability to rapidly decompose plant residues to convert nutrients from a non-absorbable form to an absorbable form and improve soil fertility. Bacteria are among the soil

microorganisms that are involved in the soil nutrient cycle and can improve plant growth and are known as plant growth promoting bacteria. *Azotobacter* and *Azospirillum* are among the microorganisms that are associated with the plant rhizosphere and have beneficial effects on plant growth. So far, extensive research has not been conducted on the role of microorganisms in reducing damage caused by drought stress and high temperatures in rainfed farming .

Materials and methods: To investigate the impact of plant growth-promoting rhizobacteria on seed yield and gas exchange in rainfed safflower cultivars, a factorial field experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications at the Sarablah Agricultural Research Center, Ilam, during the 2021-2022 cropping season. The experimental treatments included different safflower cultivars (Faraman, Goldasht, Sina, and Omid) and various fertilizer sources (no fertilizer, 50% of the recommended N fertilizer, *Azospirillum* + 50% N fertilizer, *Azotobacter* + 50% N fertilizer, *Azospirillum* + *Azotobacter* + 50% N fertilizer, and 100% N fertilizer). Each experimental plot featured eight planting lines with a row spacing of 40 cm and a plant spacing of 10 cm (yielding a density of 40 plants/m²), extending four meters in length. The distance between each replication was set at 2 meters.

Results and discussion: The results indicated significant interactions between the cultivar and fertilizer sources regarding yield, seed yield components, and gas exchange parameters in safflower grown under rainfed conditions. The highest values for head number per plant, seeds per head, 1000-seed weight, seed yield, biological yield, net photosynthesis, transpiration, mesophyll conductance, and photosynthetic water use efficiency were observed in the Sina cultivar treated with *Azospirillum* + *Azotobacter* + 50% N fertilizer. This study demonstrated that the combined application of reduced nitrogen fertilizer (50% less) in conjunction with biological fertilizers (*Azotobacter* + *Azospirillum*) not only minimizes nitrogen fertilizer wastage and environmental pollution in rainfed conditions but also enhances the growth and production of safflower cultivar Sina.

Conclusion: In this study, all safflower cultivars treated with *Azotobacter* and *Azospirillum* exhibited improved growth. However, the Sina and Faraman cultivars demonstrated higher seed yields, yield components, photosynthetic rates, and photosynthetic water use efficiency compared to the other cultivars. Given the numerous challenges associated with chemical fertilizers in agricultural production, as well as their high purchase costs, utilizing plant growth-promoting bacteria appears to significantly reduce the need for chemical fertilizers while increasing seed yield and farmer income, especially considering the government's guaranteed price for this product.

Cite this article as: Naseri, R., Mirzeai, A. (2025). Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on agro-physiological traits of safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.) under rainfed conditions in Ilam region. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 77(1): 34-52.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

Doi: <https://doi.org/10.71890/iper.2025.984392>

اثر باکتری‌های ریزوسفر محرک رشد گیاه بر صفات آگروفیزیولوژیک ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط دیم در منطقه ایلام

رحیم ناصری^{*۱}، امیر میرزایی^۲

^۱ گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران، رایانامه: r.naseri@ilam.ac.ir

^۲ بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران، رایانامه: amir.mirzaei53@gmail.com

نوع مقاله:	چکیده
مقاله پژوهشی	به منظور بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر عملکرد دانه و تبادلات گازی ارقام گلرنگ در شرایط دیم، آزمایش مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله، استان ایلام در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام در چهار سطح (فرمان، گلدشت، سینا و امید) و عامل منابع مختلف کودی در شش سطح (شاهد، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری/ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری/آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، مخلوط باکتری/ازتوباکتر + آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز) بودند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها عملکرد، اجزای عملکرد و همچنین صفات فتوسنتزی تحت برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی معنی‌دار شدند. برهمکنش تیمارها نشان داد که بیش‌ترین تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، سرعت فتوسنتز خالص، میزان تعرق، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی از گلرنگ رقم سینا × باکتری/آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به‌دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن (به میزان ۵۰ درصد کمتر) به همراه کود زیستی (ازتوباکتر + آزوسپریلیوم) علاوه بر اینکه در شرایط دیم می‌تواند از هدر رفت کود شیمیایی نیتروژن و آلودگی محیط زیست جلوگیری گردد، می‌تواند باعث بهبود رشد و تولید گلرنگ رقم سینا می‌شود.
واژه‌های کلیدی:	
آزوسپریلیوم	
تعرق	
عملکرد دانه	
فتوسنتز خالص	
هدایت مزوفیلی	

استاد: ناصری، رحیم؛ میرزایی، امیر (۱۴۰۴). اثر باکتری‌های ریزوسفر محرک رشد گیاه بر صفات آگروفیزیولوژیک ارقام گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت شرایط دیم در منطقه ایلام. فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۷۷ (۱)، ۵۲-۳۴.

DOI: <https://doi.org/10.71890/iper.2025.984392>

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی گرگان
© نویسندگان.



مقدمه

سال‌های در جهان جمعیت افزایش به توجه با به ما کشور بویژه بشری جوامع افزون روز نیاز اخیر و زراعی صحیح مدیریت روغنی، دانه‌های فراورده‌های زیادی اهمیت از عملکرد دانه، افزایش برای حدود ۸۰ داشتن با برخورداراست، روغن گلرنگ و لینولئیک مانند غیر اشباع چرب اسیدهای درصد خوراکی برای استفاده مطلوبی کیفیت از اولئیک صنایع در گلرنگ نیز گلچه‌های است، برخوردار قرار می‌گیرد، کنجاله استفاده مورد رنگریزی و غذایی منبع به‌عنوان بالا فیبر و پروتئین درصد با گلرنگ طیور نیز استفاده و دام غذای پروتئین تامین‌کننده . بر اساس آمار (Naseri et al., 2010) می‌شود (۲۰۲۱) در سال Ministry of Jihad-e-Agriculture زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ میزان کل سطح زیرکشت این محصول ۴ هزار و ۳۷۵ هکتار، که از این میزان ۲ هزار و ۳۷۸ هکتار مربوط به کشت گلرنگ در شرایط دیم اختصاص دارد.

در حال حاضر استفاده از کودهای بیولوژیک به- عنوان گزینه جایگزین برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش باروری خاک در تولید پایدار محصولات زراعی بسیار پراهمیت گردیده است، کودهای زیستی ریزجانداران مفید خاکری بوده که توانایی تجزیه سریع بازمانده‌های گیاهی در جهت تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر قابل جذب به فرم قابل جذب و بهبود باروری خاک را دارند. باکتری‌ها از جمله ریزجانداران خاک هستند که در چرخه عناصر غذایی خاک دخالت داشته و می‌توانند رشد گیاه را بهبود بخشیده و به نام باکتری های افزاینده رشد شناخته شده‌اند (Fazeli Kakhki et al., 2020).

ازتوباکتر و آزوسپیریوم از جمله میکروارگانیسم‌هایی می‌باشند که در ارتباط با محیط ریزوسفر گیاه بوده و اثرات سودمندی بر رشد گیاه

خواهد داشت (Ghalambaz et al., 2014). نتایج بررسی‌ها در گلرنگ نشان داد که استفاده از باکتری /ازتوباکتر به همراه ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه قابل قبولی را به همراه داشت (Soleimanifard et al., 2020). گزارش‌های صورت گرفته بر گلرنگ نیز نشان داده شد که استفاده از کود زیستی بر خصوصیات زراعی و کیفی اثر معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که باکتری /ازتوباکتر ۱ (ازتوباکتر) موجب افزایش عملکرد دانه شد (Saeidi et al., 2018). در آزمایشات Shahraki و همکاران (۲۰۱۶) نشان داده شد که کود زیستی /ازتوباکتر و آزوسپیریوم در گیاه زراعی گلرنگ موجب افزایش عملکرد، اجزای عملکرد دانه و شاخص برداشت گردید. در سایر تحقیقات انجام شده بر گلرنگ نیز مشاهده شد که کود زیستی نیتروکسین (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) موجب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه گردید، به گونه‌ای که عملکرد دانه افزایش ۳۲/۷ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد شد از خود نشان داد (Mohsen Nia and Jalilian, 2012). در سایر گیاهان زراعی نیز اثر مثبت کود زیستی مشاهده گردید، به طوری‌که بررسی‌های Akbari و همکاران (۲۰۱۲) در آفتابگردان نشان داد که بذرهایی تلقیح شده با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به بذرهایی بدون تلقیح از افزایش ۹ درصدی عملکرد دانه و ۸ درصدی عملکرد بیولوژیک برخوردار بودند. در گیاه زراعی کلزا نیز اثر مثبت کود زیستی نیتروکسین (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه مشاهده شد (Koocheki, et al., 2015). در گزارش‌های سایر محققین بر گندم نیز نشان داده شد که باکتری‌های /ازتوباکتر و آزوسپیریوم ضمن اثر بر صفات فیزیولوژیکی موجب افزایش معنی‌دار میزان فتوسنتز خالص، سرعت ترق و کارایی

مصرف آب فتوسنتزی می‌گردند (Naseri et al., 2021).

با توجه به اینکه کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه خشک جهان از نظر بارندگی آسمانی دچار محدودیت است، با برنامه ریزی و استفاده اصولی از امکانات می‌توان از کاهش تولید جلوگیری نمود. کودهای زیستی یکی از انواع کودهای آلی هستند که با استفاده از انواع ریز جانداران، توانایی تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرایندهای زیستی داشته و می‌تواند موجب توسعه سیستم ریشه و جوانه‌زنی بهتر بذور در شرایط کشت دیم گردند. لذا این تحقیق به منظور بررسی نقش باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه بر عملکرد دانه و تبادلات گازی در ارقام گلرنگ در شرایط دیم به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه و با طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام در چهار سطح (فرمان، گل‌دشت، سینا و امید) و عامل منابع مختلف کودی در شش سطح (شاهد، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری *ازتوباکتر* + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری *آزوسپریلیوم* + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، مخلوط باکتری *ازتوباکتر* + *آزوسپریلیوم* + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز (۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)) بودند.

جدول ۱: ویژگی‌های آب و هوایی سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱ در منطقه سرابله، ایلام

ماه	بارندگی (میلی متر)	دمای حداقل مطلق (سانتی - گراد)	دمای حداکثر مطلق (سانتی گراد)	متوسط دما (سانتی - گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	دمای زیر صفر تعداد روز	متوسط حداقل دما (سانتی گراد)	متوسط حداکثر دما (سانتی گراد)
مهر	۰	۱۰/۸	۳۶/۸	۲۳/۴	۲۴	۰	۱۴/۴	۲۳/۳
آبان	۰	۴	۲۹/۶	۱۶/۱	۴۵	۰	۹/۳	۲۲/۹
آذر	۲۹/۲	۱/۴	۲۳/۴	۱۱/۴	۵۶	۰	۵/۳	۱۷/۵
دی	۴۵/۴	-۷	۱۶/۴	۶/۵	۶۳	۴	۱/۵	۱۱/۶
بهمن	۳۸/۱	-۸/۶	۱۸/۲	۶/۵	۵۶	۱۴	۰/۶	۱۲/۴
اسفند	۴۰/۹	-۲/۶	۲۲/۴	۱۱	۵۱	۲	۴/۹	۱۷/۲
فروردین	۲/۸	۱	۳۲/۴	۱۷/۳	۳۳	۰	۸/۹	۲۵/۶
اردیبهشت	۶۷/۲	۸/۶	۳۵/۲	۲۰/۱	۴۲	۰	۱۲/۹	۲۷/۴
خرداد	۰	۱۳/۶	۴۳/۹	۲۸/۶	۲۸	۰	۱۹/۶	۳۷/۶

هر کرت آزمایش شامل هشت خط کاشت با فاصله ردیف ۴۰ سانتی متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی متر (تراکم ۴۰ بوته در مترمربع) و طول چهار متر در نظر گرفته شد. در این پژوهش فاصله بین هر تکرار ۲ متر و فاصله بین تیمارها نیز ۳ خط نکاشت اختصاص یافت. باکتری *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر*

(10^8 CFU/ml) مورد استفاده در این پژوهش از بخش تحقیقات بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور و بذور ارقام گلرنگ مورد بررسی از مرکز تحقیقات کشاورزی ایلام تهیه شدند. بذور گلرنگ با باکتری‌ها آغشته شده و پس از تهیه کردن بستر کاشت با خاک پوشانده شدند. آمار هواشناسی

محل مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. کود نیتروژن از منبع کود اوره استفاده شد. در این پژوهش ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفر از منبع سوپرفسفات

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت خاک	آهن	روی	مس	منگنز	منیزیم	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	کربن آلی	شوری	اسیدیته
								(%)		(ds/m)	
رسی لومی	۱۰	۱/۷	۶/۲	۱۳	۲۲۰	۶/۵	۳۰۰	۰/۱۳	۱/۵	۰/۳۶	۷/۱

دیجیتالی صورت گرفت. جهت محاسبه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، ابتدا عملکرد بیولوژیک قبل از جدا کردن دانه‌ها، وزن شده و سپس پس از جدا کردن کاه و کلش، عملکرد دانه محاسبه گردید. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به دست آمد.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SAS 9.2 و از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه میانگین اثر ساده داده‌ها استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر برهمکنش برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون lsmeans صورت گرفت. رسم شکل‌ها توسط اکسل انجام شد.

نتایج

عملکرد و اجزای عملکرد دانه: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش، اثرات برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر تعداد غوزه در بوته در سطح احتمال پنج درصد گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش رقم × منابع کودی نشان داد که در هر چهار رقم گلرنگ، منابع کودی اثر معنی‌داری بر تعداد غوزه در بوته داشت (جدول ۴). در این پژوهش استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه موجب افزایش تعداد غوزه در بوته گردید، گلرنگ رقم سینا × باکتری آزوسپریلیوم +

جهت اندازه‌گیری صفات مرتبط با تبادلات گازی (سرعت فتوسنتز، میزان تعرق و غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای) از دستگاه فتوسنتز متر (Plant Photosynthesis Meter Korea TECH) که از دانشگاه ایلام تهیه شده بود در فاصله زمانی ساعت ۱۰ تا ۱۲ ظهر در هر کرت و پس از قراردادن برگ در داخل محفظه‌ای شیشه‌ای ثبت گردید. به منظور اندازه‌گیری هدایت مزوفیلی از رابطه زیر استفاده گردید:

$$\text{رابطه ۱} \quad MC = \frac{PR}{CO_2}$$

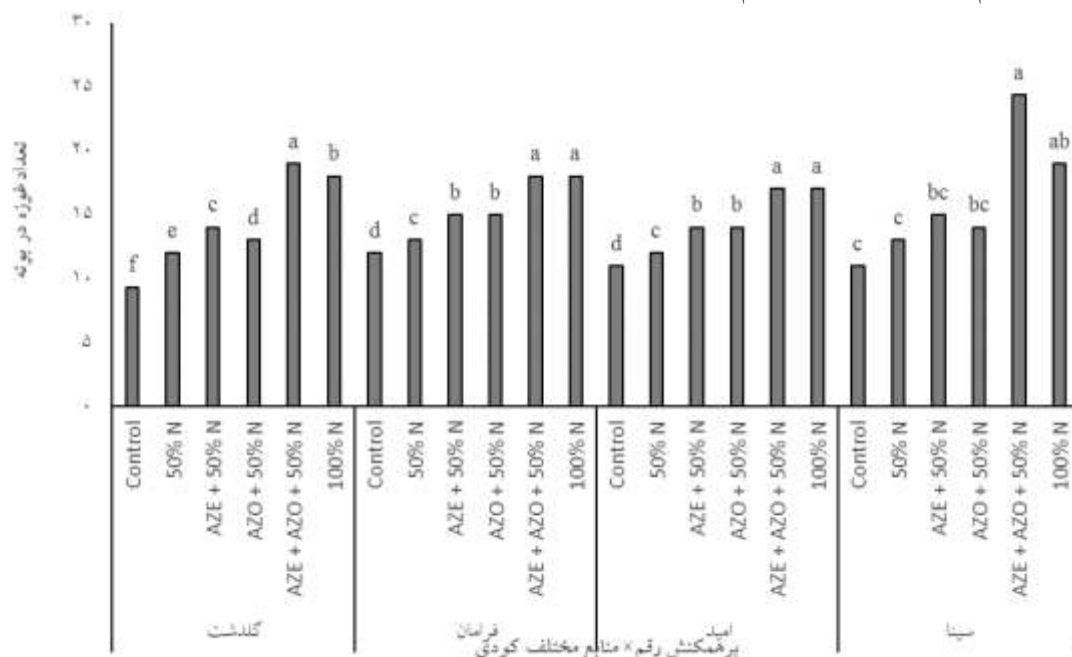
در این رابطه MC هدایت مزوفیلی، PR = سرعت فتوسنتز، CO_2 = غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای می‌باشند. همچنین به منظور سنجش کارایی مصرف آب فتوسنتزی از رابطه زیر استفاده گردید:

$$\text{رابطه ۲} \quad WUE = \frac{PR}{TR}$$

در این رابطه WUE کارایی مصرف آب فتوسنتزی، PR = سرعت فتوسنتز، TR = میزان تعرق می‌باشند.

به منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد دانه نیز در مراحل انتهایی رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد ده بوته به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب و تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه دانه در غوزه شمارش شد. به منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه به صورت تصادفی ۱۰۰۰ بذر از هر تیمار به صورت جداگانه شمارش و وزن دانه‌ها بوسیله ترازوی

ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین و رقم گلدشت × شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) دارای کمترین تعداد غوزه در بوته بود (شکل ۱).

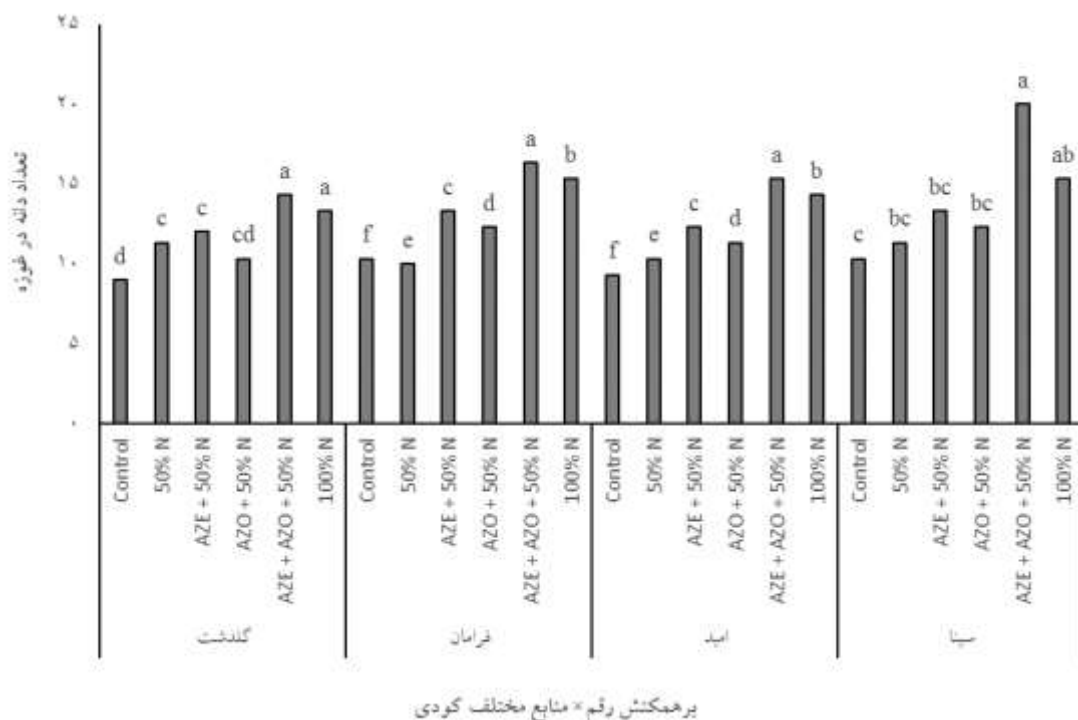


شکل ۱: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر تعداد غوزه در بوته

Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

رقم گلرنگ دیم، سطوح کودی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه در غوزه از خود نشان داد. با توجه به شکل ۲، رقم سینا × تیمار باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بیشترین و رقم گلدشت × شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) کمترین تعداد دانه در غوزه را دارا بودند.

تعداد دانه در غوزه یکی از معیارهای تعیین‌کننده عملکرد دانه محسوب می‌شود و در این آزمایش تحت اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش تیمار رقم × منابع کودی تعداد دانه در غوزه در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج برش‌دهی نشان می‌دهد که در هر چهار سطح



شکل ۲: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر تعداد دانه در غوزه

Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

موجب افزایش وزن هزار دانه گردید. بیشترین وزن-هزار دانه با ۳۸/۱ گرم از رقم سینا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین وزن هزار دانه از رقم گلدشت و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد (شکل ۳).

وزن هزار دانه تحت اثر رقم، منابع کودی و برهمکنش رقم × منابع کودی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش دهی اثرات برهمکنش رقم × منابع کودی نشان داد که در تمامی ارقام مورد بررسی گلرنگ، منابع مختلف کودی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت (جدول ۴). در این پژوهش استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ تحت اثر رقم و منابع مختلف کودی در شرایط دیم

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد طبق در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۲۵/۶	۱۴/۵	۳۸۳	۷۲۳۴۶/۸	۲۲۳۴۶/۷	۰/۰۰۱۵
رقم	۳	۱۴/۴**	۱۸/۵***	۴۴/۹***	۱۴۰۷۹۸۶***	۳۲۳۹۸۹/۴***	۰/۰۰۳۹**
منابع کودی	۵	۱۳۱/۵***	۷۶/۱***	۹۷/۵***	۵۰۸۱۷۹/۷***	۲۲۶۲/۹***	۰/۰۰۶۴**
رقم × منابع کودی	۱۵	۵/۴*	۳/۹*	۸/۸*	۱۷۰۷۶۹/۵***	۶۸۳۷۷۰/۳***	۰/۰۰۰۱۲
خطای آزمایشی	۴۶	۲/۴	۱/۸	۳/۹	۱۸۸۰۴/۸	۷۴۵۲۰/۹	۰/۰۰۰۲۸
ضربت تغییرات (درصد)	-	۱۰/۴	۱۰/۸	۷/۱	۱۳/۸	۸/۷	۵/۳

*، **، *** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تبدلات گازی گلرنگ تحت اثر رقم و منابع مختلف کودی در شرایط دیم

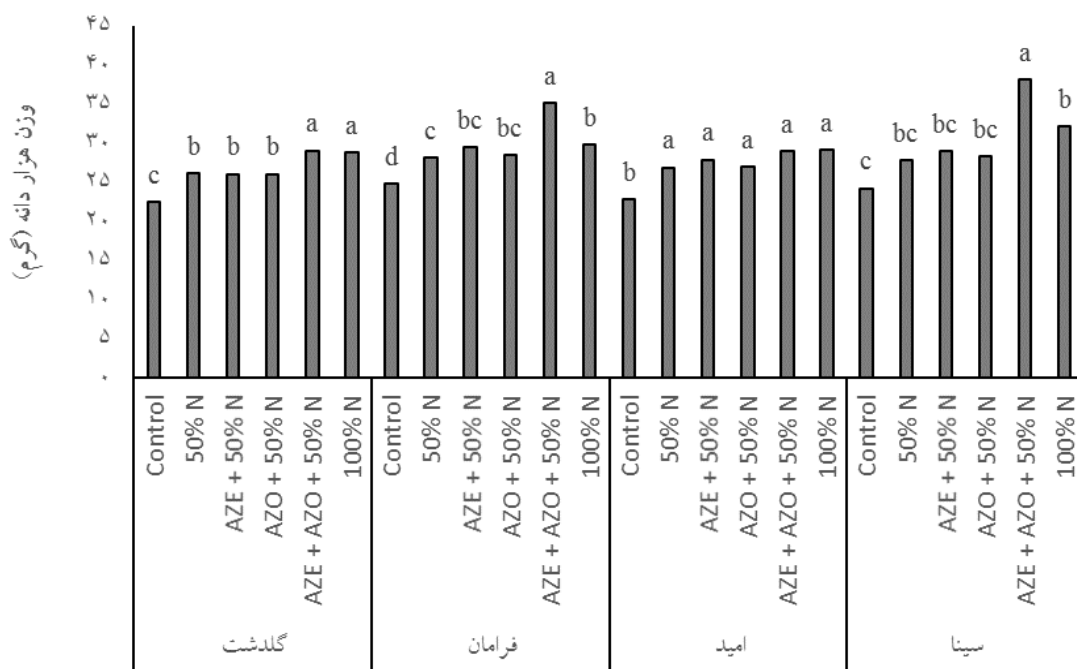
منابع تغییرات	درجه آزادی	سرعت فتوسنتز	تغرق	غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب فتوسنتزی
تکرار	۲	۰/۷۹	۰/۰۹	۳۴۶۶۹/۱	۰/۰۰۰۰۷۴	۰/۰۷۴
رقم	۳	۰/۳۰۴***	۳/۱***	۱۲۱۸/۵**	۰/۰۰۰۰۷۲***	۰/۰۰۷***
منابع کودی	۵	۲۴/۲***	۵/۸***	۱۲۱۱۷/۶**	۰/۰۰۰۰۳۳***	۰/۰۷۲***
رقم × منابع کودی	۱۵	۰/۲۱***	۰/۲۳***	۷/۵NS	۰/۰۰۰۰۰۲***	۰/۰۲۲*
خطای آزمایشی	۴۶	۰/۰۱۴	۰/۰۱۸	۱۲/۳	۰/۰۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۹۴
ضربت تغییرات (درصد)	-	۳/۶	۵/۶	۱/۰۷	۷/۴	۷/۳

*، **، *** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۴: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سطوح مختلف کودی برای هر رقم گلرنگ در شرایط دیم

رقم	درجه آزادی	بوته	طبق	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	سرعت فتوسنتز	تغرق	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب فتوسنتزی
گلداشت	۵	۴۰/۴***	۱۲/۹***	۱۶/۶*	۱۱۰۴۷۲***	۵۳۲۰۵۳***	۳/۷***	۰/۵۲***	۰/۰۰۰۰۵۵***	۰/۰۰۰۰۵۵***	۰/۰۳۹***
فرمان	۵	۱۸/۵***	۱۶/۱***	۱۷/۴*	۱۰۴۵۲۲***	۴۹۸۸۲۲***	۶/۸***	۱/۶***	۰/۰۰۰۰۹۲***	۰/۰۰۰۰۹۲***	۰/۰۱۷***
امید	۵	۱۸/۵***	۱۶/۱***	۱۵/۹*	۹۵۵۵۰***	۴۶۷۱۷۹***	۶/۴***	۱/۸***	۰/۰۰۰۰۰۸۹***	۰/۰۰۰۰۰۸۹***	۰/۰۱۳***
سینا	۵	۷۰/۴***	۳۶/۷***	۲۸/۰۱***	۲۵۰۹۴۴***	۹۶۹۷۶۰***	۷/۸***	۲/۵***	۰/۰۰۰۰۱۰۰***	۰/۰۰۰۰۱۰۰***	۰/۰۹۱***

*، **، *** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



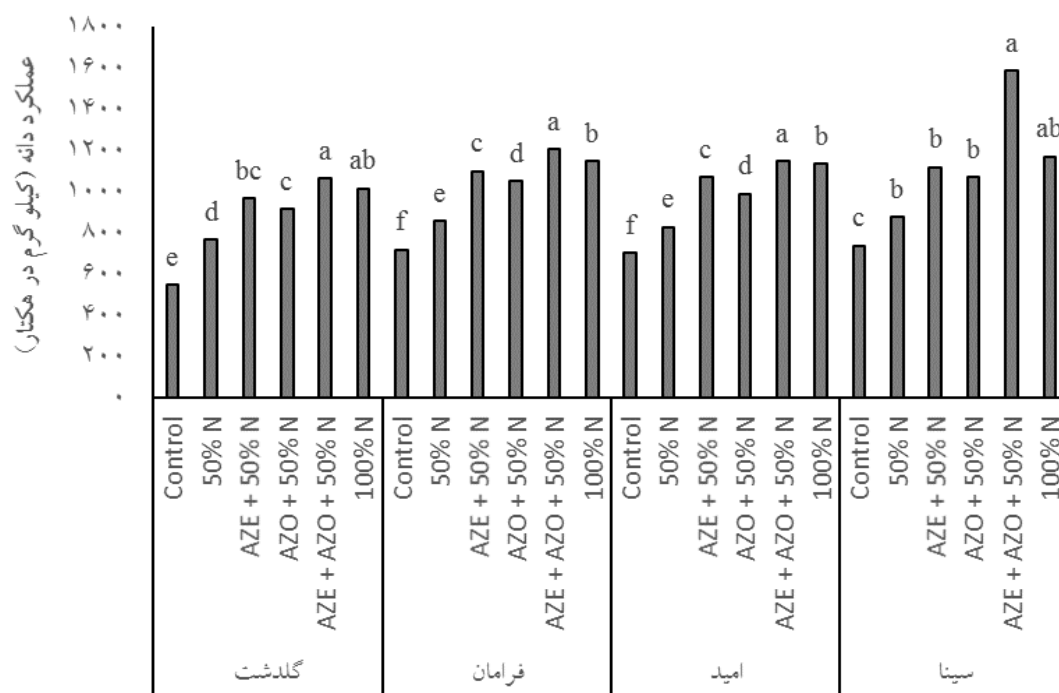
برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی

شکل ۳: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر وزن هزار دانه

Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری/ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم +/ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

۱۵۸۴ کیلوگرم در هکتار از رقم سینا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+/ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین عملکرد دانه از رقم گل‌دشت و در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) حاصل شد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) موجب افزایش ۶۵/۲ درصدی در عملکرد دانه شد (شکل ۴).

همان‌طوری که جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد عملکرد دانه تحت برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی اختلاف معنی‌داری از خود نشان داد (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش تیمار رقم × منابع کودی برای عملکرد دانه در جدول ۴ نشان داده شده است. نتایج برش‌دهی نشان داد که در ارقام گلرنگ دیم، منابع مختلف کود اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. بیشترین میزان عملکرد دانه



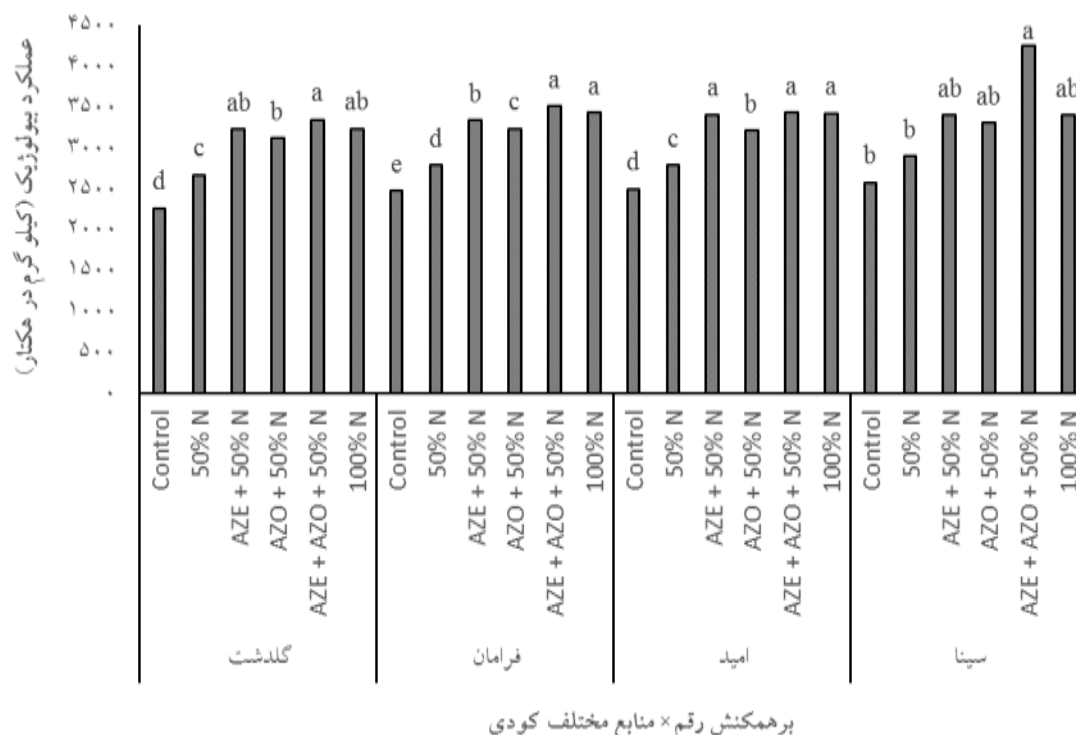
برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی

شکل ۴: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر عملکرد دانه

Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

این صفت داشت. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک با ۴۲۵۰/۳ کیلوگرم در هکتار از رقم سینا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک از رقم گلدشت و در تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) بدست آمد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) موجب افزایش ۶/۸ درصدی در میزان عملکرد بیولوژیک گردید (شکل ۵).

اثر ساده رقم، منابع کودی و همچنین برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش تیمار رقم × منابع کودی برای عملکرد بیولوژیک در جدول ۴ ارائه داده شده است. نتایج برش‌دهی نشان داد که در ارقام مورد مطالعه گلرنگ، منابع مختلف کود اثر معنی‌داری بر



شکل ۵: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر عملکرد بیولوژیک

شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری/ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون $Lsmeans$ در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

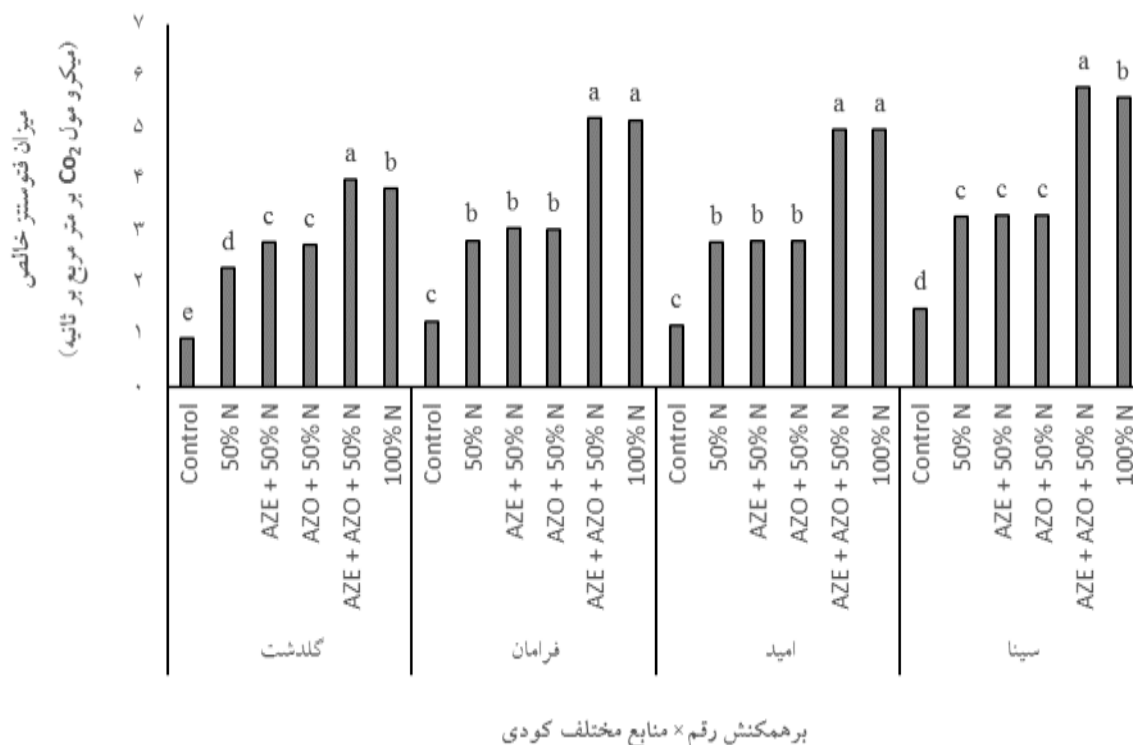
اثرات اصلی رقم و منابع مختلف کودی بر شاخص برداشت معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم سینا و گل‌دشت و بترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان بودند (جدول ۴). در این پژوهش مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه موجب افزایش این صفت گردید، تیمار باکتری آزوسپریلیوم + /ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) دارای کمترین شاخص برداشت بود (جدول ۴).

تبادلات گازی: با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فتوسنتز خالص معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش تیمار رقم × منابع مختلف کودی برای میزان فتوسنتز خالص در جدول ۴ ارائه شده است. این نتایج نشان داد که در ارقام مورد مطالعه گلرنگ، منابع مختلف کود اثر معنی‌داری بر میزان فتوسنتز خالص داشت. بیشترین میزان فتوسنتز خالص با ۵/۷ میکرومول CO_2 در مترمربع در ثانیه از رقم سینا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم + /ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان فتوسنتز خالص از رقم گل‌دشت و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) بدست آمد (شکل ۶).

اثر ساده رقم، منابع کودی و اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر سرعت تعرق معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش رقم × منابع کودی نشان داد که در هر چهار رقم گلرنگ، منابع کودی اثر

تبادلات گازی: با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فتوسنتز خالص معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش تیمار رقم × منابع مختلف کودی برای میزان

معنی‌داری بر سرعت تعرق داشت (جدول ۴). بیشترین سرعت تعرق با ۴/۰۲ میلی‌مول آب در مترمربع در ثانیه از رقم سینا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی



شکل ۶: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر میزان فتوسنتز خالص

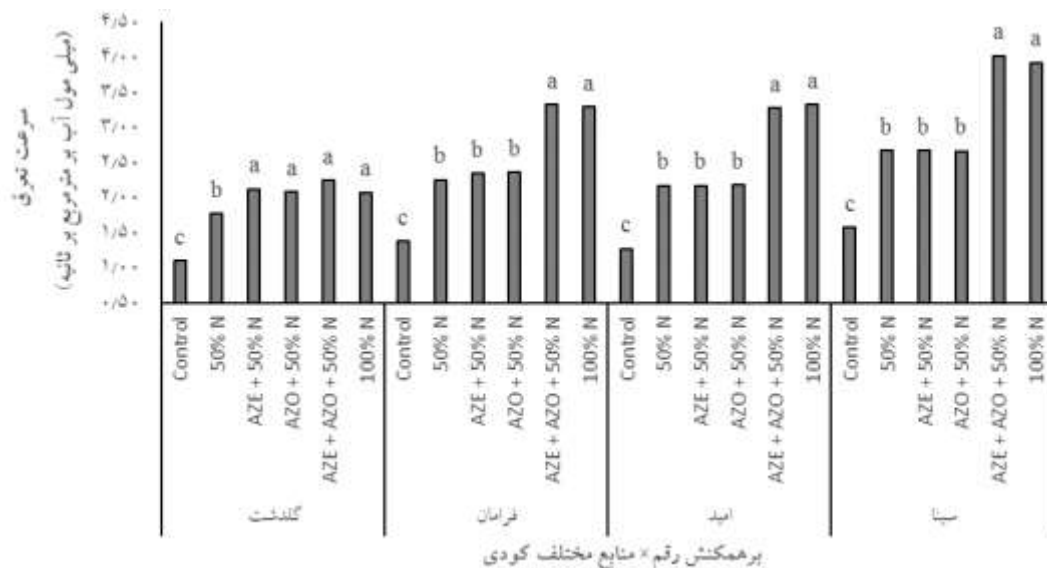
Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مشاهده شد (جدول ۴).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر هدایت مزوفیلی معنی‌دار گردید (جدول ۳). همچنین با توجه به نتایج برش‌دهی، اثرات برهمکنش تیمار رقم × منابع مختلف کودی بر هدایت مزوفیلی در جدول ۴ بیان شده است. این نتایج نشان داد که در رقم‌های مختلف گلرنگ، منابع مختلف کود اثر معنی‌داری بر هدایت مزوفیلی داشت. تیمار باکتری

با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها اثر ساده رقم و منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای معنی‌دار گردید (جدول ۳). در این پژوهش نشان داده شد که رقم گل‌دشت و سینا به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای بودند (جدول ۴). در این پژوهش همچنین مشاهده گردید که تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) دارای بیشترین غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای و کمترین میزان در تیمار باکتری آزوسپریلیوم+

از رقم سینا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ /ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن نیز دارای بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنی) دارای کمترین میزان هدایت مزوفیلی بود (جدول ۴). بیشترین میزان هدایت مزوفیلی با ۰/۰۱۹ میکرومول CO₂ در مترمربع در ثانیه



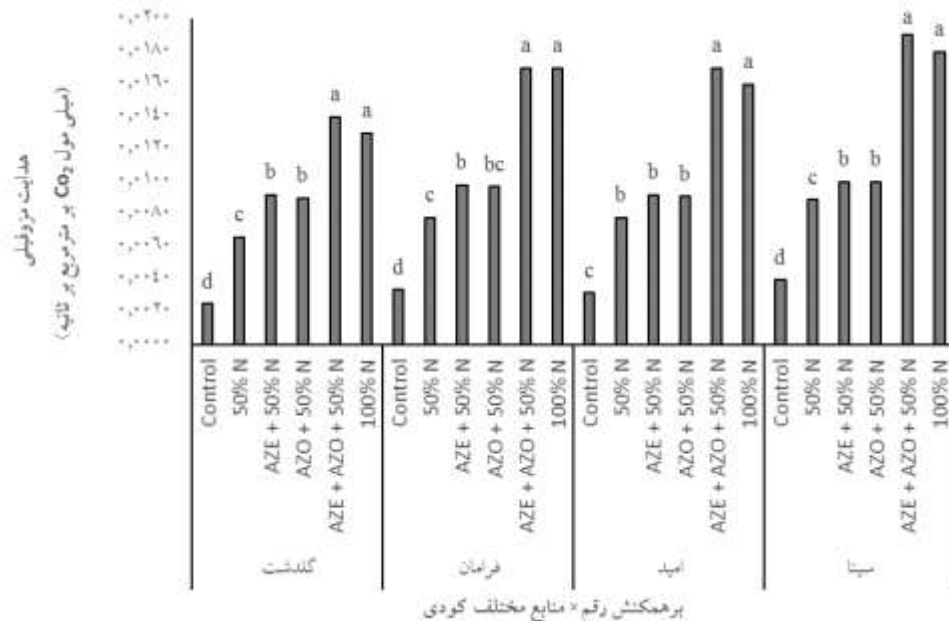
شکل ۷: اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی بر میزان سرعت تعرق

Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۴: مقایسه میانگین شاخص برداشت و غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای تحت اثر رقم و منبع مختلف کودی در شرایط دیم

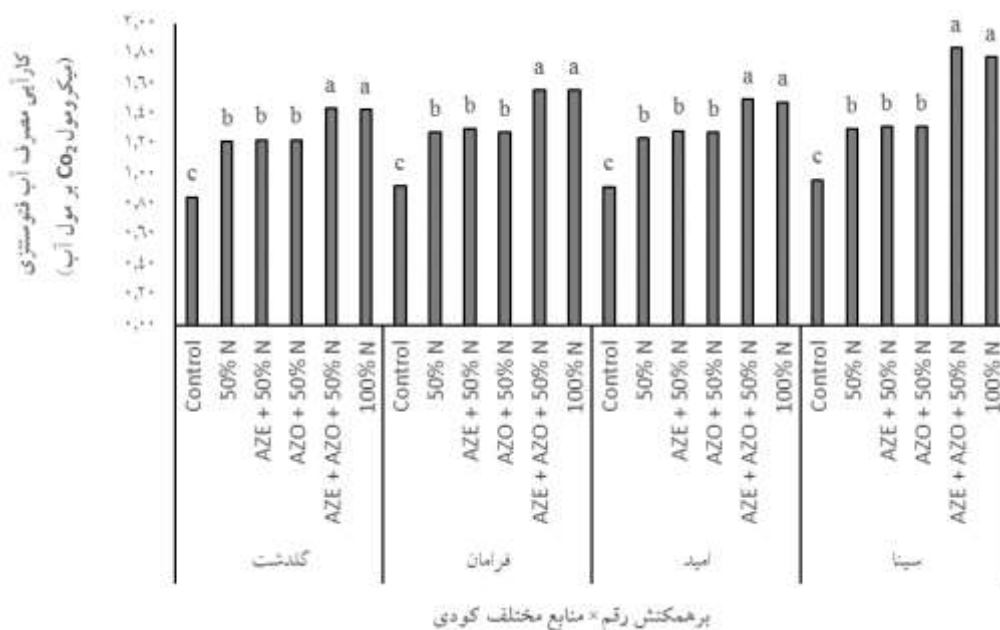
تیمار	شاخص برداشت	غلظت دی اکسید کربن زیر روزنه‌ای (میلی مول)
رقم		
گلدشت	۰/۲۹۳c	۳۱۷/۸۸d
فرامان	۰/۳۲۲ab	۳۲۸/۰۵b
امید	۰/۳۱۱b	۳۲۳/۸۳c
سینا	۰/۳۲۵a	۳۳۷/۴۴a
منابع مختلف کودی		
شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	۰/۲۷۵e	۳۷۱a
۵۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	۰/۲۹۹d	۳۶۱/۳۳b
باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۰/۳۱۸bc	۳۱۴/۹۱c
باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۰/۳۱۳cd	۳۱۷/۳۳c
باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۰/۳۴۰a	۲۹۴/۴۱e
۱۰۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	۰/۳۳۱ab	۳۰۱/۸۳d

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند، بر اساس آزمون LSD، در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۸: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر هدایت مزوفیلی

Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری/ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۹: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی

Control، 50%N، AZE+50%N، AZO+50%N، AZE+AZO+50%N و 100%N به ترتیب شاهد (عدم مصرف منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن توصیه شده، باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری/ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن. براساس تجزیه واریانس برش‌دهی در هر سطح رقم ستون-هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک بوده براساس آزمون Lsmeans در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهمکنش رقم×منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثرات برهمکنش رقم×منابع کودی نشان داد که در هر چهار رقم گلرنگ، منابع کودی اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف آب فتوسنتزی داشت (جدول ۴). در این پژوهش بیشترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی با ۱/۸۷ میکرومول CO₂ بر مول آب از رقم سینا و تحت کاربرد باکتری *آزوسپریلیوم*+/ *ازتوباکتر*+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین کارایی مصرف آب فتوسنتزی از رقم گلدشت و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) بدست آمد (شکل ۹).

بحث

همانطور که شکل ۲ نشان داد بیشترین تعداد دانه در طبق در رقم‌های گلرنگ تحت کاربرد باکتری *آزوسپریلیوم*+/ *ازتوباکتر*+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مشاهده شد در این پژوهش نشان داده شد با توجه به اینکه در مرحله گرده‌افشانی تعداد دانه در غوزه تعیین می‌گردد بنابراین هر عاملی که موجب اختلال در عمل گرده‌افشانی گردد، سبب کم‌شدن تعداد دانه خواهد شد، بتوجه جدول آب و هواشناسی (جدول ۱) در شرایط دیم معمولاً کاهش بسیار شدید در نزولات جوی بویژه در مراحل زایشی اتفاق می‌افتد که این امر اثر منفی بر گرده‌افشانی و تشکیل دانه می‌تواند داشته باشد.

به نظر می‌رسد علت افزایش اجزای عملکرد دانه از جمله تعداد دانه و وزن هزار دانه در ارقام گلرنگ مورد استفاده در حضور باکتری *ازتوباکتر*+ *آزوسپریلیوم* به دلیل ایجاد شرایط مناسب برای جذب عناصر غذایی بوده باشد که این امر به نوبه خود باعث افزایش فتوسنتز و در نهایت موجب افزایش تعداد دانه

در طبق می‌گردد. آنچه مشخص است زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌گردد مواد حاصل از فتوسنتز را به دانه‌ها منتقل می‌کند، احتمالاً در تیمارهای کودهای شیمیایی و زیستی به دلیل افزایش جذب آب و عناصر غذایی، افزایش میزان فتوسنتز شده و انتقال مواد فتوسنتزی و کاربرد کود شیمیایی نیتروژن، شرایط تغذیه‌ای مناسب را برای فعالیت کودهای زیستی فراهم نموده است.

به نظر می‌آید که استفاده باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* احتمالاً ایجاد شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی باعث استقرار سریع تر گیاهچه و بهره‌مندی بیشتر از منابع محیطی توسط گیاه می‌شود. چنین وضعیتی باعث می‌شود که تا گیاه شرایط مناسب‌تری را جهت پر کردن دانه‌ها داشته باشد که این وضعیت همراه با افزایش عملکرد دانه نمود بیشتری می‌یابد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به آب و املاح، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آن‌ها توسط ارقام مختلف گلرنگ، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی می‌باشد.

احتمالاً در سیستم‌های تلفیقی عملکرد بیولوژیک به دلیل افزایش اجزای رویشی و زایشی در مقایسه با تیمار عدم تلقیح با کود زیستی جذب عناصر غذایی بیشتر توسط گیاه رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه را افزایش می‌دهد و این امر موجب افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه می‌شود. بنابراین با تلقیح کود زیستی و شیمیایی نه تنها می‌توان ماده خشک تولیدی را در حد بهینه نگه داشت، بلکه میزان کود شیمیایی نیتروژن را کاهش داد. آنچه به نظر می‌رسد کودهای زیستی با تخصیص ماده خشک بیشتر به گیاه سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه فراهم‌سازی امکان بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز

می‌رسد که در صورت فراهم بودن نیتروژن در محیط بدون تنش خشکی به دلیل ایجاد پوشش گیاهی مطلوب و توسعه سطح گیاه، قابلیت انجام فتوسنتز و ذخیره مواد فتوسنتزی در دانه افزایش می‌یابد و دانه‌های سنگین‌تری تولید می‌شود (Rabiei et al., 2011).

کاربرد کودهای زیستی به دلیل افزایش دسترسی بیشتر گیاه به آب و عناصر غذایی در نتیجه سبب افزایش میزان فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه شده و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود. آنچه مشخص است به دلیل نقش نیتروژن در ساختمان کلروفیل، تأمین کافی نیتروژن از طریق باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* موجب افزایش میزان فتوسنتز می‌گردد. از آنجایی که میزان کلروفیل یکی از پارامترهای مهم در دستگاه فتوسنتز بحساب می‌آید، در نتیجه کمبود آب موجب شکسته شدن کلروپلاست خواهد شد (Giri and Mukerji, 2004). فتوسنتز به عنوان یک فرایند مهم متابولیسم که نقش مهمی در عملکرد دانه داشته، که از طریق کاهش انتشار دی اکسیدکربن به کلروپلاست فرایندهای متابولیکی را محدود می‌کند (Pinheiro and Chaves, 2011). غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای نشان‌دهنده مصرف CO_2 در چرخه کالوین است و میزان آسیب به عوامل تثبیت کننده آن را نشان می‌دهد، در شرایط کمبود آب آسیب وارد شده به عوامل بیوشیمیایی تثبیت CO_2 موجب کم شدن اسیمیلایون CO_2 و در نهایت موجب افزایش CO_2 روزنه‌ای می‌گردد (Jabbari and Khaleghnezhad, 2014).

در گزارش‌های سایر محققین نیز نشان داده شده است که کاربرد کودهای زیستی موجب موجب افزایش تبادلات گازی از جمله هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق در گیاه می‌گردد (Mena-Violante et al., 2006). Naseri و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند که

بیشتر و در نهایت افزایش رشد و نمو که منجر به تولید بیشتر ماده خشک می‌گردد.

شاخص برداشت نسبتی از عملکرد بیولوژیک است که عملکرد اقتصادی را تشکیل می‌دهد و با افزایش تسهیم ماده خشک برای عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت افزایش می‌یابد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد مناسب بودن شرایط محیطی مناسب در سیستم تغذیه تلفیقی (۵۰ درصد کمتر کود شیمیایی نیتروژن به همراه باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*) در بالا بودن شاخص برداشت مؤثر بوده است.

Yasari و Patwardhan (۲۰۰۷) اثر مثبت و معنی دار باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بر تعداد غلاف در بوته در گیاه کلزا را نشان دادند. استفاده از منابع کودی در ارقام مختلف گلرنگ نیز موجب افزایش گردید. در این آزمایش کاربرد باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه در ارقام گلرنگ، سبب افزایش تعداد دانه در غوزه گردید که به نظر می‌رسد ناشی از بهبود سیستم ریشه‌دهی و جذب بیشتر عناصر غذایی باشد. بهبود ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر غذایی مانند نیتروژن از طریق گسترش سیستم ریشه موجب زیاد شدن تعداد دانه گزارش شده است (Amiri Farsani et al., 2013). نتایج آزمایش Dastborhan و همکاران (۲۰۱۰) که گزارش نمودند باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در حضور نیتروژن شیمیایی نیتروژن بیشتری را در اختیار گیاه قرار داده و اثر مثبت این عنصر در افزایش رشد رویشی گیاه منجر به افزایش تعداد غوزه در بوته می‌گردد.

بر اساس گزارش به دست آمده توسط Ismail-khanbehbin و همکاران (۲۰۱۱) مصرف کود نیتروژن باعث افزایش سرعت پر شدن دانه و سرعت تجمع ماده خشک در شرایط مطلوب می‌شود. بنابراین افزایش نیتروژن باعث انتقال مواد غذایی به دانه شده و وزن هزار دانه افزایش می‌یابد. با این حال به نظر

کاربرد باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* اثر معنی‌داری بر تبادلات گازی داشته به نحوی که استفاده از این باکتری‌ها نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) سبب افزایش میزان فتوسنتز خالص، سرعت تعرق، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب فتوسنتزی گردید. در مطالعات دیگر پژوهشگران نیز نشان داده شد که کود زیستی از طریق جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز، محتوی آب گیاه و در نتیجه منجر به افزایش هدایت روزنه‌ای و میزان تعرق می‌گردد (Naghashzadeh et al., 2014).

نتیجه‌گیری نهایی

در این پژوهش در تمامی رقم‌های گلرنگ مورد استفاده در حضور باکتری *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* رشد بهتری از خود نشان دادند، اما بترتیب رقم‌های سینا و فرامان در حضور باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه نسبت به سایر ارقام دیگر عملکرد، اجزای عملکرد،

میزان فتوسنتز و کارایی مصرف آب فتوسنتزی بیشتری از خود نشان دادند. آنچه مشخص است با توجه به مشکلات زیادی که مصرف کودهای شیمیایی برای محصولات کشاورزی داشته و همچنین به دلیل بالابودن هزینه‌های خرید این کودها به نظر می‌رسد استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه علاوه بر کاهش معنی‌دار مصرف کود شیمیایی (۵۰ درصد کمتر)، موجب افزایش عملکرد دانه (افزایش ۶۵/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد) و درآمد کشاورز با توجه قیمت تضمینی این محصول توسط دولت (۱۷ هزار و ۹۵۷ تومان به ازای هر کیلوگرم بذر گلرنگ در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱) می‌گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمام کسانی که در این پژوهش و همکاری داشتند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

- Akbari, P., Ghalavand, A. and Modarres Sanavy, S.A.M. (2012). Effects of different nutrition systems and biofertilizer (PGPR) on phenology period yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop Production. 2 (3): 119-134.
- Amiri Farsani, F., Chorom, M. and Enayatizamir, N. (2013). Effect of biofertilizer and chemical fertilizer on wheat yield under two soil types in experimental greenhouse. Soil and Water. 27 (2): 441-451.
- Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S. and Tavassoli, A. (2010). Effect of some plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on morphological characteristics of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal Of Agroecology. 2 (4): 565-573.
- Fazeli Kakhki, S.F., Eskandari, M., Daneshian, J. and Anahid, S. (2020). Evaluation of plant growth bacteria (PGPR) on number of node Leaves and capsules in sesame plant under field condition. Iranian Journal of Field Crops Research. 8 (3): 279-295.
- Ghalambaz, S., Ayneband, A. and Moezzi, A. (2014). Evaluation the influence of biological fertilizers on grain yield and nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 23(4): 141-157.
- Giri, B. and Mukerji, K.G. (2004). Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza. 14: 307-312.
- Ismail-khanbehbin, H., Nakhzari-moghadam, A. and Dadashi, M.R. (2011). Effect of irrigation management and nitrogen use road management on yield and reproductive Safa. Journal Crop Science. 4: 14. 80- 67. 2011.
- Jabbari, F. and Khaleghnezhad, V. (2014). Consideration of some biofertilizers effect on water relations and gas exchange of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions. Iranian Journal of Field Crop Science. 45(1): 53-64.

- Koocheki, A., Roohi, A. and Nurbakhsh, R. (2015). The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.). *Journal Of Agroecology*. 7 (2): 168-178.
- Mena-Violante, H.G., Ocampo-Jimenez, O., Dendooven, L., Martinez-Soto, G., Gonzalez-Castafeda, J. and Davies, F.T. (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho *Capsicum annuum* L. cv San Luis plants exposed to drought. *Mycorrhiza*. 16: 261-267.
- Ministry of Jihad-e-Agriculture. (2021). *Agricultural Statistics of Jihad-e-Agriculture*.
- Mohsen Nia, O. and Jalilian, J. (2012). Effects of drought stress and fertilizer sources on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agroecology*. 4 (3): 235-245.
- Naghashzadeh, M. R., Heidari Sharifabad, H., Majidi Heravan, E., Rafiee, M., Rejali, F. and Imantalab, N. (2014). Evaluation of maize leaf gas exchanges with application of mycorrhizal biofertilizer under drought stress conditions. *Seed and Plant Production Journal*. 30(1): 47-59.
- Naseri, R., Fasihi, Kh., Hatami, A. and Poursiahbidi, M.M. (2010). Effect of planting pattern on yield, yield components, oil and protein contents in winter safflower cv. Sina under rainfed conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 12 (3): 227-238.
- Naseri, R., Mirzaei, A. and Soleimanifard, A. (2021). Study on grain yield and gas exchange in different wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars influenced by applications of different sources of fertilizer under dryland farming. *Iranian Dryland Agronomy Journal*. 10 (1): 1-21.
- Pinheiro, C. and Chaves, M.M. (2011). Photosynthesis and drought—can we make metabolic connections from available data? *Journal of Experimental Botany*. 62: 869-882.
- Rabiei, M. and Tousi Kehal, P. (2011). Effects of nitrogen and potassium fertilizer levels on nitrogen use efficiency and yield of rapeseed (*Brassica napus* L.) as a Second crop after rice in Gilan region. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 42 (3): 605-615.
- Saeidi, M., Raei, Y., Amini, R., Taghizadeh, A. and Pasban Eslam, B. (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 (4): 247-260.
- Shahraki, M., Dahmarede, M., Khamari, E. and Asgharzade, A. (2016). Effects of azotobacter and azospirillum and levels of manure on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal Of Agroecology*. 8 (1): 59-69.
- Soleimanifard, A., Mojaddam, M., Lack, S., Alavifazel, M. and Pourdard, S.S. (2020). Response of some morphological traits, grain yield and nitrogen efficiency of safflower genotypes by *Azotobacter chroococcum* and nitrogen fertilizer under rainfed conditions. *Iranian Dryland Agronomy Journal*. 9 (1): 109-129.
- Yasari, E. and Patwardhan, A.M. (2007). Effects of Azotobacter and Azospirillum inoculations and chemical fertilizers on growth and productivity of canola. *Asian Journal of Plant Science*. 6 (1): 77-82.