

واکنش برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه و کارایی نیتروژن ژنوتیپ‌های گلرنگ با ازتوباکتر و کود شیمیایی نیتروژن در شرایط دیم

عباس سلیمانی فرد^۱، مانی مجدم^{۲*}، شهرام لک^۲، مجتبی علوی فاضل^۳ و سید سعید پورداد^۳

۱- گروه زراعت، پردیس علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۳- عضو هیئت علمی (استاد) موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

به منظور بررسی تأثیر ازتوباکتر و کود شیمیایی نیتروژن بر صفات مورفولوژیکی، میزان جذب نیتروژن، میزان روغن، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن شش ژنوتیپ گلرنگ تحت شرایط دیم، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در استان ایلام اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ترکیبی از تلقیح بذر با ازتوباکتر همراه با مصرف کود شیمیایی اوره در چهار سطح (بدون مصرف هیچ منبع کودی (شاهد)، تلقیح بذر با ازتوباکتر، تلقیح بذر با ازتوباکتر + ۵۰ درصد نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ درصد نیتروژن از منبع کود شیمیایی اوره) و شش ژنوتیپ گلرنگ (312-S6-697، PI-401478، PI-253895، PI-306974، پدیده و سینا) بودند. نتایج تجزیه واریانس مرکب برای دو سال نشان داد که اثرات اصلی منبع کود نیتروژن و ژنوتیپ بر کلیه ویژگی‌های گیاهی اندازه‌گیری شده معنی‌دار بودند. اثرات برهمکنش منبع نیتروژن × ژنوتیپ تنها بر صفات حجم ریشه، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، نیتروژن دانه، نیتروژن کاه و کلش و میزان جذب کل نیتروژن معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار تلقیح با ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن بالاتری داشت ولی، تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه بین این دو تیمار وجود نداشت. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد، سینا با بیشترین عملکرد دانه (۱۲۰۳ کیلوگرم در هکتار) و کارایی مصرف نیتروژن (۱۷/۴۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) رقم برتر بین ژنوتیپ‌های بررسی شده شناخته شد. بنابراین با توجه به ضرورت کاهش خطرات زیست محیطی در اثر مصرف بیش از حد کود شیمیایی نیتروژن، استفاده از ارقام مناسب (سینا) با کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی نیتروژن به همراه ازتوباکتر برای زراعت گلرنگ تحت شرایط دیم منطقه توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رقم سینا، حجم ریشه، جذب نیتروژن، شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه

مقدمه

گلرنگ از گیاهان دنیای قدیم با قدمت کشت حدود ۴۰۰۰ سال در جهان و نیز گیاهی با سازگاری وسیع در مناطق مختلف است (پورداد، ۱۳۸۶). گلرنگ تقریباً در ۶۰ کشور جهان کشت می‌شود و سطح زیر کشت آن در دنیا در سال ۲۰۱۸ برابر با ۱,۱۶۰ میلیون هکتار و تولید دانه آن ۷۱۸۱۶۱ تن بوده است. سطح زیر کشت گلرنگ در ایران برابر با ۶۱۵۴ هکتار با متوسط عملکرد یک تن در هکتار می‌باشد (FAO, 2018). این گیاه دارای خصوصیات ارزشمندی از جمله سازگاری با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک، کیفیت بالای روغن، تحمل به تنش‌های غیرزنده و دارای تیپ‌های بهاره و پاییزه برخوردار است (Omidi et al., 2012). در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، کمبود مواد آلی در خاک به عنوان منبع طبیعی نیتروژن مورد نیاز گیاه و وجود تنش رطوبتی، به عنوان مانع اصلی جذب نیتروژن، همواره مطرح بوده و بعد از تنش رطوبتی، تنش نیتروژن، مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات زراعی دیم در مناطق خشک و نیمه خشک ایران به حساب می‌آید (سدري و همکاران، ۱۳۹۶). استفاده از کود شیمیایی نیتروژن در مناطق دیم با محدودیت‌هایی همراه است، از جمله این مشکلات میزان و منبع کود نیتروژنی و عوامل محیطی دخیل در تولید محصولات دیم از قبیل توزیع و میزان بارندگی است که عدم هماهنگی آن با مقدار استفاده از کود شیمیایی نیتروژن می‌تواند، موجب آسیب رساندن به محصول شود (Ryan et al., 2008). از طرف

دیگر تأمین نیتروژن از طریق مصرف زیاد کودهای شیمیایی نیتروژن یکی از دلایل اصلی آلودگی چرخه آب در طبیعت می‌باشد و جایگزینی آن با استفاده از کودهای زیستی نقش مهمی در کاهش هزینه‌های استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژن و سلامتی محیط زیست ایفا می‌کند (Beatty et al., 2016). در این راستا کاربرد کودهای زیستی به ویژه باکتری‌های افزاینده رشد گیاهی به صورت تلفیق با کودهای شیمیایی، مهمترین راهبرد برای افزایش تولید در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌باشد. این باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک‌ها وجود دارند ولی تعداد و تراکم‌های آنها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آنها را به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به بروز اثر مفید آنها در خاک گردد (Jnawali et al., 2015).

به منظور توصیه بهینه هر نوع کودی لازم است کارایی مصرف کود مورد ارزیابی قرار گیرد. جهت افزایش مصرف عناصر غذایی، روش‌های مصرف کود باید به گونه‌ای تغییر کند که مواد غذایی مورد نیاز گیاه در یک مدت طولانی و با کمترین تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد (آینه بند، ۱۳۹۱). استفاده از کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن از جمله روش‌های عملیات زراعی بهینه است که می‌تواند این نقص را برطرف کند (Wu et al., 2005). برخی معتقدند که باکتری‌های افزاینده رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی، سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن گردند (سید شریفی و همکاران، ۱۳۹۵). سزمیگیل

و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند، مصرف کود نیتروژن در گیاه گلرنگ به افزایش تعداد شاخه جانبی منجر می‌شود که این عامل سبب بالا رفتن تعداد غوزه در بوته می‌گردد. سعیدی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی بر روی گیاه گلرنگ اظهار داشتند که کاربرد تلفیقی کود زیستی به علاوه ۶۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده به دلیل افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، موجب رشد گیاه و باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و در نهایت عملکرد دانه می‌گردد. حشمتی و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند در شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی به کارگیری کود زیستی و شیمیایی باعث افزایش معنی‌دار میزان روغن و عملکرد روغن گیاه گلرنگ شدند. به نظر می‌رسد با مدیریت سیستم‌های تغذیه‌ای و انتخاب ژنوتیپ مناسب، می‌توان شرایط را به گونه‌ای فراهم نمود که تحت شرایط دیم، گیاه گلرنگ به پتانسیل بالقوه خود نزدیک‌تر شده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را تولید نماید. بنابراین، پژوهش حاضر باهدف ارزیابی اثرات توپاکتر و سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر صفات زراعی و کیفی و در راستای بهبود کارایی نیتروژن در ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط دیم منطقه ایلام به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله واقع در ۳۰ کیلومتری شمال شرقی استان ایلام اجرا شد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و

و همکاران (۲۰۱۶) در یک بررسی سه ساله بر روی گندم گزارش کردند که میزان بارندگی در شرایط دیم بطور معنی‌داری نیتروژن دانه و زیست توده را تغییر می‌دهد. حجم ریشه یکی از مهمترین صفات جهت جذب آب و مواد غذایی می‌باشد، بنابراین حجم ریشه یک واحد اندازه‌گیری خوبی جهت روابط عملی بین قسمت‌های هوایی و ریشه می‌باشد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۷). نوشین و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد در ترکیب با نصف و یک چهارم توصیه شده کودهای شیمیایی باعث افزایش حجم، طول و قطر ریشه در گیاه گلرنگ گردید. یکی از عوامل مؤثر در توسعه سطح برگ هر بوته و به تبع آن توسعه سایه انداز، میزان نیتروژن در دسترس می‌باشد که با تأثیر بر اندازه و طول عمر هر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود، مقدار نیتروژن مصرفی تأثیر زیادی بر تولید و گسترش سطح برگ دارد. گیاهان با دریافت نیتروژن بیشتر، سطح برگ بزرگ‌تری خصوصاً در برگ‌های بالایی نسبت به گیاهان با نیتروژن مصرفی کم داشتند (اوسطی و همکاران، ۱۳۹۸). بایوردی و نورقلی‌پور (۱۳۹۴) روی گیاه گلرنگ گزارش کردند، که افزایش کود نیتروژن سبب افزایش تعداد شاخه فرعی می‌شود و گیاه توان بیشتری برای تولید دانه را خواهد داشت و این امر باعث افزایش شاخه فرعی و افزایش عملکرد می‌شود. مصلحی و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی سبب افزایش محتوای نیتروژن دانه می‌گردد، که به دلیل فراهمی نیتروژن در مرحله زایشی می‌باشد. راستگو

زراعت دیم این محصول را با تنش خشکی مواجه می‌سازد. میانگین ماهانه دما، بارندگی و رطوبت نسبی در سال‌های زراعی ۱۳۹۴-۹۵ و ۱۳۹۵-۹۶ در جدول یک ارائه شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش طی دو سال آزمایش در جدول دو ارائه شده است.

۳۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا بود. منطقه مورد نظر دارای متوسط بارندگی سالیانه ۴۰۲ میلی متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد، حاکثر و حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه به ترتیب ۴۲/۲ و ۸/۶- درجه سانتی‌گراد است. افزایش دما در اواخر فصل رشد گلرنگ، معمولاً با قطع بارندگی همراه است و

جدول ۱- میانگین دما، بارندگی و رطوبت نسبی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در فصل‌های زراعی ۱۳۹۴-۹۵ و ۱۳۹۵-۹۶.

ماه	سال ۱۳۹۴-۹۵			سال ۱۳۹۵-۹۶		
	بارندگی (mm)	میانگین دما (C ⁰)	رطوبت نسبی (%)	بارندگی (mm)	میانگین دما (C ⁰)	رطوبت نسبی (%)
مهر	۰/۵	۲۴/۲	۲۹	۲/۷	۲۲/۰	۲۵
آبان	۳۱۹/۸	۱۳/۹	۶۹	۱۹/۱	۱۷/۳	۳۴
آذر	۶۷/۷	۸/۱	۶۴	۳۴/۳	۸/۱	۴۵
دی	۷۵/۹	۶/۷	۷۰	۸۷/۵	۷/۳	۶۰
بهمن	۵۶/۹	۷/۰	۶۲	۱۰۲/۳	۴/۹	۶۵
اسفند	۵۳/۰	۱۲/۰	۵۸	۷۴/۷	۱۰/۲	۵۴
فروردین	۱۳۸/۶	۱۲/۹	۶۱	۸۰/۰	۱۴/۰	۶۰
اردیبهشت	۱۸/۶	۲۰/۴	۵۱	۹/۷	۲۱/۱	۴۳
خرداد	۰	۲۵/۰	۲۸	۰	۲۶/۲	۲۲
تیر	۰	۳۱/۸	۲۰	۰	۳۱/۷	۱۷

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

سال	بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (dS/m)	نیترژن کل (%)	کربن آلی (%)	فسفر قابل جذب (mg. Kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (mg. Kg ⁻¹)	وزن مخصوص ظاهری (g.cm ⁻³)
۱۳۹۴-۹۵	لومی رسی	۷/۳۲	۰/۴۵	۰/۱۳	۱/۴۰	۶/۲	۲۹۲	۱/۳
۱۳۹۵-۹۶	لومی رسی	۷/۳۳	۰/۴۳	۰/۱۳	۱/۳۸	۶/۲	۲۸۷	۱/۳

306974) و فاکتور ترکیبی از تلقیح بذر با ازتوباکتر همراه با مصرف کود شیمیایی اوره در چهار سطح شامل ۱- بدون مصرف هیچ منبع

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل شش ژنوتیپ گلرنگ (سینا و پدیده 312-S6-697, PI-401478, PI-253895, PI-

بوته و تعداد دانه در غوزه در انتهای مرحله رسیدگی روی ۱۰ بوته که پس از حذف اثرات حاشیه به تصادف از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. به منظور اندازه‌گیری حجم ریشه، در آغاز مرحله گل‌دهی (کد ۶۱ از کد بندی توسعه یافته BBCH) (Flemmer *et al.*, 2015) نمونه برداری از ریشه تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با استفاده از لوله‌ای به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر از تمامی تیمارها تهیه شد. پس از نمونه برداری از ریشه‌ها اقدام به شستشوی ریشه گردید و در نهایت حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه‌گیری شد به طوری که اختلاف حجم ایجاد شده پس از ورود ریشه‌ها در آب استوانه مدرج به عنوان حجم ریشه منظور گردید. برای تعیین شاخص سطح برگ، برگ‌های سبز در مرحله آغاز گل‌دهی (کد ۶۱ از کد بندی توسعه یافته BBCH) از قسمت پهنک جدا گردید و توسط دستگاه سطح برگ سنج مدل DeltaT, Devices, UK اندازه‌گیری شد و سپس از تقسیم سطح برگ به واحد سطح زمین شاخص سطح برگ تعیین گردید. برداشت و تعیین عملکرد دانه با حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از طرفین، از دو خط به طول چهارمتر انجام شد. وزن هزار دانه به صورت تصادفی از هر تیمار با شمارش و سپس توزین، تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری میزان روغن دانه، از هر کرت آزمایشی، صد گرم دانه جدا و با استفاده از روش سوکسله میزان روغن دانه تعیین شد (AOAC, 1995). از حاصل ضرب عملکرد دانه در میزان روغن دانه، عملکرد روغن

کودی (شاهد)، ۲- تلقیح بذر با ازتوباکتر+ عدم مصرف کود شیمیایی اوره، ۳- تلقیح بذر با ازتوباکتر+ ۵۰ درصد نیتروژن از منبع اوره، ۴- ۱۰۰ درصد نیتروژن از منبع کود شیمیایی اوره براساس توصیه آزمایش خاک را شامل می‌شد. زمین محل اجرای آزمایش در مهرماه هر دو سال آزمایش شخم عمیق زده شد و در اوایل آبان ماه عملیات آماده سازی تکمیلی زمین شامل شخم، دیسک زنی و کرت‌بندی انجام شد. هر کرت آزمایش شامل شش خط کاشت با فاصله خطوط ۳۰ سانتی-متر، فاصله بین بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر و طول هر خط کاشت ۴ متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و بین تکرارها فاصله یک متر در نظر گرفته شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^8 عدد باکتری زنده و فعال، با آب شکر به غلظت ۲۰ درصد مرطوب و به نسبت ۲ کیلوگرم ماده تلقیح در ۱۰۰ کیلوگرم بذر با بذرها آغشته و استفاده شد. پس از آغشته کردن بذور با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم کار چرخاندن ظرف به مدت چند دقیقه ادامه یافت تا مایه تلقیح به کمک محلول آب شکر به خوبی سطح بذور را (تلقیح به صورت بذر مال) پوشش دهد. بذور تیمار شده به مدت ده دقیقه روی سطح تمیز، در سایه قرار داده شدند تا خشک شده و آماده کشت گردیدند. براساس پیش بینی هواشناسی یک روز قبل از اولین بارندگی مؤثر در هر دو سال به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. هیچ گونه آبیاری انجام نشد و صرفاً به استفاده از نزولات آسمانی اکتفا گردید. جهت اندازه‌گیری صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در

و تصادفی بودن اثر سال صورت گرفت. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش در شرایط دیم نشان داد که اثر سال تنها بر صفت نیتروژن کاه و کلش در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴) که این نتیجه بیانگر آن است که شرایط محیطی در سال‌های مختلف اثر متفاوتی روی صفت نیتروژن کاه و کلش دارد. منبع نیتروژن در سطح احتمال یک درصد روی صفات حجم ریشه، وزن هزار دانه، نیتروژن دانه، نیتروژن کاه و کلش، جذب نیتروژن کل گیاه و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بود. همچنین منبع نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد بر صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، میزان روغن و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴). عامل ژنوتیپ روی تمام صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۳ و ۴) که این امر بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای از لحاظ صفات مورد بررسی و امکان‌پذیر بودن گزینش برای این صفات در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. اثر برهمکنش سال × منبع نیتروژن بر کلیه صفات مورد بررسی به استثناء صفات وزن هزار دانه و میزان روغن تأثیر معنی‌داری داشت (جدول‌های ۳ و ۴). بنابراین می‌توان دریافت که منبع نیتروژن برای هر سال،

برای هر تیمار تعیین گردید. به منظور اندازه‌گیری نیتروژن در مرحله رسیدگی دانه به صورت جداگانه دانه و کاه کلش نمونه برداری و درصد نیتروژن با روش کج‌دال (Svecnjak and Rengel, 2006) اندازه‌گیری شد. میزان نیتروژن جذب شده گیاه از مجموع نیتروژن دانه (درصد نیتروژن دانه × عملکرد دانه) و نیتروژن کاه کلش (درصد نیتروژن کاه و کلش × وزن کاه و کلش) به دست آمد. برای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن، علاوه بر کود مصرفی، ذخیره نیتروژن موجود در خاک قبل از کشت گیاه زراعی نیز در نظر گرفته شد و برای این منظور عمق خاک حاصلخیز برای گلرنگ ۳۰ سانتی‌متر و همچنین با توجه به درصد نیتروژن خاک و وزن مخصوص ظاهری خاک (جدول ۲) میزان نیتروژن موجود در خاک به دست آمد. که میزان آن ۵۰/۷ کیلوگرم در هکتار بود. از رابطه ۱ برای محاسبه کارایی مصرف نیتروژن استفاده شد. رابطه ۱: $NUE = GY (kg \cdot ha^{-1}) / TN$ در این رابطه NUE: کارایی مصرف نیتروژن، GY: عملکرد دانه و TN: کل نیتروژن فراهم خاک و مصرف شده است (Xie et al., 2006). قبل از تجزیه مرکب، آزمون یکنواختی بارتلت روی واریانس‌ها اجرا شد. نتایج آزمون بارتلت نشان داد که در همه موارد کای اسکور محاسبه شده کوچک‌تر از کای اسکور جدول است بنابراین، با اطمینان از متجانس بودن واریانس‌ها، تجزیه مرکب روی داده‌ها صورت گرفت. در تجزیه مرکب، آزمون F برای معنی‌دار بودن منابع تغییر با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات با فرض ثابت بودن اثر تیمارهای آزمایشی

مورد مطالعه در این تحقیق معنی دار نبودند (جدول‌های ۳ و ۴). که بیانگر واکنش مشابه ژنوتیپ‌ها به تیمارهای منبع نیتروژن در دو سال آزمایش می‌باشد.

با توجه به مقایسه میانگین اثر برهمکنش منبع نیتروژن × ژنوتیپ مشاهده می‌شود، بیشترین حجم ریشه در رقم سینا در تیمار تلقیح با ازتوباکتر + ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن با میانگین ۱۰۴/۵۹ سانتی‌متر مکعب و کمترین حجم ریشه در ژنوتیپ 312-S6-697 و تیمار عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن بعلاوه عدم تلقیح با ازتوباکتر با میانگین ۷۲/۹۷ سانتی‌متر مکعب بدست آمد (جدول ۶).

برای صفات حجم ریشه، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه، نیتروژن دانه، نیتروژن کاه و کلش، میزان جذب نیتروژن کل گیاه، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن تغییرات ناهمگنی داشته است. اثر برهمکنش دوگانه منبع نیتروژن × ژنوتیپ بر صفات حجم ریشه، شاخص سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، نیتروژن دانه، نیتروژن کاه و کلش و میزان جذب کل نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول‌های ۳ و ۴). که حاکی از واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات نسبت به تیمارهای منبع نیتروژن می‌باشد. اثرات برهمکنش دو گانه سال × ژنوتیپ و سه گانه سال × منبع نیتروژن × ژنوتیپ بر هیچکدام از صفات

جدول ۳- تجزیه مرکب صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد گلرنگ

اجزا خطا	میانگین مربعات						منابع تغییرات	
	وزن هزار دانه	تعداد دانه در غوزه	تعداد غوزه در بوته	تعداد شاخه فرعی	شاخص سطح برگ	حجم ریشه		درجه آزادی
MS(R(Y))+MS(Y*N)+MS(S(Y*G))-MS(Y*N*G)-MS(Error)	۱/۵۴ ^{ns}	۱۵۴/۱۸ ^{ns}	۷۰/۸۴ ^{ns}	۱۷/۱۵ ^{ns}	۰/۹۵ ^{ns}	۹۸/۷۲ ^{ns}	۱	سال
---	۱۳/۸۴	۴۶/۲۳	۷/۹۸	۵/۰۹	۰/۳۷	۳۶/۷۸	۴	سال/تکرار
MS(Y*N)	۲۸/۲۹ ^{**}	۲۸۴/۶۷ [*]	۱۷۱/۷۱ [*]	۱۷/۹۶ [*]	۵/۰۵ ^{ns}	۲۶۹۵/۴ ^{**}	۳	منبع نیتروژن
MS(Y*N*G)	۰/۹۴ ^{ns}	۲۸/۵۲ ^{**}	۱۴/۸۰ ^{**}	۰/۶۱ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	۲۸/۸۵ ^{**}	۳	سال×منبع نیتروژن
MS(Y*G)	۸۳/۲۰ ^{**}	۸۳/۱۷ ^{**}	۸۷/۳۰ ^{**}	۵/۸۸ ^{**}	۰/۹۹ ^{**}	۴۲۷/۱۱ ^{**}	۵	ژنوتیپ
MS(Y*N*G)	۱/۲۹ ^{ns}	۵/۱۴ ^{ns}	۳/۰۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۵/۵۶ ^{ns}	۵	سال×ژنوتیپ
MS(Y*N*G)	۲/۸۱ ^{ns}	۷/۳۳ ^{ns}	۵/۴۳ ^{ns}	۰/۳۲ ^{**}	۰/۶۴ ^{**}	۴۱/۰۵ ^{**}	۱۵	منبع نیتروژن×ژنوتیپ
MS(Error)	۱/۲۹ ^{ns}	۳/۲۲ ^{ns}	۲/۶۵ ^{ns}	۰/۰۸ ^{ns}	۰/۰۰۸ ^{ns}	۴/۴۷ ^{ns}	۱۵	سال×منبع نیتروژن×ژنوتیپ
---	۱/۱۲	۲/۷۱	۲/۵۵	۰/۱۱	۰/۰۲	۷/۸۱	۹۲	خطا
	۵/۹۹	۹/۵۴	۱۳/۰۷	۷/۸۹	۶/۲۵	۴/۲۲	-	ضریب تغییرات(%)

^{*}، ^{**} و ^{ns} به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

MS، R، Y، N، G و Error به ترتیب میانگین مربعات، تکرار، سال، منبع نیتروژن، ژنوتیپ و خطا

جدول ۴- تجزیه مرکب برخی صفات کیفی، عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن گلزن

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					نیتروژن دانه	نیتروژن کاه و کلش	جذب نیتروژن کل گیاه	میزان روغن	عملکرد دانه	کارایی مصرف نیتروژن	اجزا خطا
		نیتروژن	نیتروژن	نیتروژن	نیتروژن	نیتروژن							
سال	۱	۰/۱۳ ^{NS}	۰/۳۲۳*	۱۳۲/۲۱ ^{NS}	۱۶/۴۳ ^{NS}	۵۱۹۰۰۰/۵۶ ^{NS}	۹۶/۱۰ ^{NS}	MS(R(Y))+MS(Y*N)+MS(Y*G)-MS(Y*N*G)-MS(Error)					
سال/تکرار	۴	۱/۶۵	۰/۰۴۰	۳۹۰/۱۸	۲/۱۸	۶۲۹۸۹/۸۸	۱۵/۹۹	---					
منبع نیتروژن	۳	۱۰/۰۱ ^{**}	۰/۰۸۶ ^{**}	۷۳۷۸/۶۶ ^{**}	۱۲/۴۴*	۹۰۶۹۵۰/۸۷*	۴۷۸/۹۴ ^{**}	MS(Y*N)					
سال×منبع نیتروژن	۳	۰/۱۴ ^{**}	۰/۰۱۴ ^{**}	۱۳۳/۸۴ ^{**}	۱/۱۸ ^{NS}	۳۵۵۴۱*	۵/۸۶*	MS(Y*N*G)					
ژنوتیپ	۵	۱/۵۷ ^{**}	۰/۰۹۲ ^{**}	۱۵۸۵/۷۵ ^{**}	۹/۱۶*	۳۱۱۲۵/۷۰ ^{**}	۶۰/۶۱ ^{**}	MS(Y*G)					
سال×ژنوتیپ	۵	۰/۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}	۹/۶۳ ^{NS}	۰/۹۰ ^{NS}	۸۳۶۷/۴۲ ^{NS}	۱/۰۸ ^{NS}	MS(Y*N*G)					
منبع نیتروژن×ژنوتیپ	۱۵	۰/۰۹ ^{**}	۰/۰۰۷ ^{**}	۱۱۶/۵۵ ^{**}	۰/۷۵ ^{NS}	۱۰۶۶۱/۳۵ ^{NS}	۰/۹۵ ^{NS}	MS(Y*N*G)					
سال×منبع نیتروژن×ژنوتیپ	۱۵	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۰۰۴ ^{NS}	۱۱/۵۸ ^{NS}	۰/۶۶ ^{NS}	۶۶۵۵/۸۵ ^{NS}	۱/۴۷ ^{NS}	MS(Error)					
خطا	۹۲	۰/۰۶	۰/۰۰۳	۱۵/۲۳	۰/۴۳	۴۹۷۰/۳۹	۱/۰۳	---					
ضریب تغییرات(%)	-	۸/۷۱	۱۲/۷۳	۹/۵۰	۱/۶۷	۷/۲۹	۶/۷۵						

^{NS}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

MS، R، Y، N، G و Error به ترتیب میانگین مربعات، تکرار، سال، منبع نیتروژن، ژنوتیپ و خطا

حجم ریشه توان جذب و مصرف عنصر غذایی نیتروژن در گلرنگ بهتر شده و در نتیجه رشد و نمو بهبود یافته است. همچنین تحقیقات گذشته نشان داده که تراکم ریشه در اعماق بیشترین تأثیر را بر میزان عملکرد در شرایط دیم دارد. زیرا در شرایطی که آب تنها در اعماق پایین ذخیره شده است وجود ریشه در این نواحی می تواند رشد گیاه را تضمین کند (کلاهیان همدانی زاد و همکاران، ۱۳۹۴) بیشترین شاخص سطح برگ و تعداد شاخه فرعی مربوط به تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن در رقم سینا می باشد (جدول ۶). به طور کلی، این تغییر به دلیل افزایش مصرف نیتروژن است که از طریق اندازه و ازدیاد طول عمر برگ ها موجب افزایش شاخص سطح

افزایش حجم ریشه در تیمار کاربرد ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن + تلقیح با ازتوباکتر ممکن است ناشی از توانایی ازتوباکتر برای تولید اکسین باشد که باعث افزایش رشد و تقسیم سلول های ریشه شده است (Ashfaq et al., 2011). در این پژوهش کاربرد ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن + تلقیح با ازتوباکتر و کاربرد ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تمامی ژنوتیپ ها موجب افزایش بسیار معنی دار حجم ریشه گردید، به طوری که رقم سینا در تیمارهای ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن + ازتوباکتر و تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن به ترتیب نسبت به تیمار شاهد در این ژنوتیپ ۲۵ و ۲۳ درصد افزایش نشان دادند (جدول ۶). با افزایش

نیترژن و همچنین ازتوباکتر با افزایش رشد رویشی و فراهمی برخی عناصر غذایی باعث افزایش شاخص سطح برگ و تعداد شاخه فرعی شده است (صیدی و همکاران، ۱۳۹۶). یافته‌های این تحقیق با نتایج اعلام شده از سوی میرزایی و همکاران (۱۳۹۳) بر گلرنگ مطابقت داشت. از طرفی افزایش در شاخص سطح برگ با کاهش تبخیر از سطح خاک همراه است و این امر می‌تواند افزایش مصرف آب در اثر افزایش سطح برگ را جبران کند (امام و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین، افزایش شاخص سطح برگ در شرایط دیم می‌تواند به افزایش تولید عملکرد دانه و کاهش اثرهای منفی ناشی از تنش رطوبتی در شرایط دیم منجر گردد. نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد (جدول ۵)، که در بین منابع نیترژن بیشترین تعداد غوزه در بوته و دانه در غوزه مربوط به تیمارهای ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی نیترژن و تیمار تلفیقی ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیترژن + ازتوباکتر می‌باشد. اگر چه این دو تیمار اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند اما این اختلاف با تیمارهای شاهد (عدم مصرف کود) و تیمار تلفیق با ازتوباکتر معنی‌دار بود.

کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیترژن و تیمار تلفیقی ازتوباکتر + ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیترژن در شرایط دیم ضمن افزایش رشد رویشی گیاه و با ایجاد مقصد فراوان و انتقال آسمیلات‌های تولیدی حاصل از رشد رویشی، رشد زایشی را نیز افزایش داده‌اند. از سوی دیگر نتایج این آزمایش تأیید می‌کند که اثرات بسیار

برگ می‌شود. بنابر گزارش شهراسبی و همکاران (۱۳۹۸) نیترژن شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ را افزایش داده و زرد شدن و مسن شدن برگ‌ها را به تأخیر می‌اندازد. از طرفی تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیترژن در افزایش عرضه عناصر غذایی و در نتیجه بهبود شاخص سطح برگ و فتوسنتز و تسهیم بهتر مواد در مخازن موجب شده، که تعداد شاخه‌های فرعی در بوته نیز افزایش یابد. پژوهشگران تفاوت بین ارقام از لحاظ شاخص سطح برگ در گندم و شاخه فرعی گلرنگ گزارش کرده‌اند (امام و همکاران، ۱۳۸۸؛ بالجانی و شکاری، ۱۳۹۱). همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر برهمکنش منبع نیترژن × ژنوتیپ نشان داد که شاخص سطح برگ و تعداد شاخه فرعی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در تیمار تلقیح با ازتوباکتر + ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیترژن نسبت به تیمارهای شاهد (تیمار عدم کاربرد کود نیترژن) و تیمار تلقیح با ازتوباکتر افزایش معنی‌داری داشته است (جدول ۶) که این امر را می‌توان به دلیل گسترش سطح ریشه در اثر فعالیت ازتوباکتر در حضور نیمی از کود شیمیایی و به دنبال آن افزایش جذب نیترژن توسط ریشه گیاه از نقاط دورتر و عمیق‌تر از سطح ریشه دانست (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳). افزایش سطح سبز فتوسنتز کننده در نتیجه مصرف ازتوباکتر + ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیترژن موجب بیش‌تر شدن تولید و انتقال مواد فتوسنتزی و هورمون‌های تحریک کننده رشد به مریستم‌های انتهایی و جانبی می‌شود، لذا از نتایج حاصله می‌توان چنین استنباط کرد که کود شیمیایی

چشمگیر تلقیح با ازتوباکتر روی تعداد غوزه در بوته و دانه در غوزه همراه با سطح متوسط نیتروژن حاصل می‌شود که با نتایج آزمایش دست برهان و همکاران (۱۳۸۹) که گزارش نمودند باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن در حضور نیتروژن شیمیایی نیتروژن بیشتری را در اختیار گیاه قرار می‌دهند مطابقت دارد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی بر صفات مورفولوژیک و اجزای عملکرد طی دو سال زراعی

منبع نیتروژن	تعداد غوزه در بوته	تعداد دانه در غوزه	وزن هزار دانه (گرم)	میزان روغن دانه (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)
عدم مصرف کود (شاهد)	۹/۸۸ b	۱۴/۷۵ b	۲۹/۵۵ b	۲۳/۸۹ b	۸۶۷ b	۱۷/۱۵ b
ازتوباکتر	۱۰/۸۳ b	۱۵/۶۱ ab	۳۱/۳۶ a	۲۴/۷۳ ab	۹۶۸ b	۱۹/۱۰ a
ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۱۳/۸۳ a	۱۹/۷۵ a	۲۹/۹۰ b	۲۵/۰۲ a	۱۱۷۲ a	۱۴/۴۵ c
۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن ژنوتیپ	۱۴/۳۰ a	۲۰/۲۵ a	۲۹/۳۴ b	۲۳/۵۷ c	۱۱۹۳ a	۱۰/۶۸ d
312-S6-697	۱۰/۳۷ c	۱۶/۳۷ bc	۲۹/۰۵ c	۲۴/۷ a	۹۱۴ d	۱۳/۵۰ b
PI-401478	۱۰/۴۱ c	۱۶/۵۱ bc	۳۱/۴۱ b	۲۳/۹۷ a	۹۳۸ d	۱۳/۷۸ b
PI-253895	۱۱/۴۵ bc	۱۵/۲۰ c	۳۲/۹۶ a	۲۴/۶۵ a	۱۰۱۲ c	۱۴/۷۲ b
PI-306974	۱۳/۷۹ a	۱۹/۰۴ ab	۲۷/۷۶ e	۲۴/۳۱ a	۱۱۲۰ b	۱۶/۲۷ a
پدیده	۱۲/۸۳ ab	۱۹/۹۵ a	۲۸/۸۲ d	۲۴/۸۳ a	۱۱۱۳ b	۱۶/۳۲ a
سینا	۱۴/۷۹ a	۱۸/۵۸ ab	۲۹/۷۸ c	۲۳/۸۱ a	۱۲۰۳ a	۱۷/۴۹ a

میانگین در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

شمار می‌آید (میرزاخانی، ۱۳۸۸). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی گلرنگ، بالاترین تعداد غوزه در بوته تحت شرایط دیم به رقم سینا با میانگین ۱۴/۷۹ غوزه و بیشترین تعداد دانه در غوزه با میانگین ۱۹/۹۵ به رقم پدیده تعلق داشت (جدول ۵). احتمالاً تفاوت‌های ژنتیکی رقم سینا با سایر ژنوتیپ‌ها از نظر تعداد مریستم‌های زایشی ایجاد کننده غوزه زمینه تفاوت در تعداد غوزه در بوته را بین رقم سینا در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها ایجاد نموده است. همچنین، با توجه به نتایج بیان شده در

با توجه به اثر مثبت این عنصر در افزایش رشد رویشی گیاه منجر به افزایش تعداد غوزه در بوته و دانه در غوزه می‌گردد. نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان داده است مصرف بهینه کودهای شیمیایی نیتروژن و زیستی باعث جذب حداکثری عنصر غذایی نیتروژن توسط گیاه شده و افزایش رشد رویشی و زایشی را به همراه داشته است. در نتیجه مقدار قابل توجهی از کربوهیدرات تولید شده به قسمت‌های زایشی (غوزه) منتقل شده است که یکی از مهمترین دلایل افزایش تعداد دانه در غوزه به

بررسی بر روی گیاه کلزا گزارش نمود گیاهانی که کود نیتروژن بیشتری دریافت کردند از وزن هزار دانه کمتری برخوردار بودند، که با نتیجه این آزمایش مطابقت داشت. همچنین به نظر می‌رسد، که تیمار تلقیح با ازتوباکتر نیز با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن هزار دانه منجر به افزایش وزن هزار دانه شده است (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۶). در جدول ۵ ملاحظه می‌گردد، که ژنوتیپ PI-253895 با میانگین ۳۲/۹۶ گرم دارای بیشترین وزن هزار دانه بود در حالی که این ژنوتیپ کمترین تعداد دانه در غوزه را دارا بود که این امر نشان می‌دهد مکانیزم جبرانی اجزای عملکرد در گلرنگ در شرایط دیم نیز می‌تواند رخ دهد. با ایجاد تعداد دانه کمتر امکان اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به تک دانه فراهم شده و این منجر به افزایش وزن دانه در قیاس با ژنوتیپ‌های با تعداد دانه بالاتر خواهد شد. نتیجه به دست آمده با نتایج گزارش شده توسط فنایی و ناروئی راد (۱۳۹۳) مطابقت دارد. بیشترین میزان روغن دانه در بین تیمارهای منبع نیتروژن با متوسط ۲۵/۰۲ درصد مربوط به تیمار تلقیح با ازتوباکتر +۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن بود (جدول ۵). به نظر می‌رسد در این آزمایش اثرات مثبت ازتوباکتر در حضور نیمی از کود شیمیایی نیتروژن از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید آسیمیلات بیشتر و بهبود رشد در شرایط دیم شده، که در نهایت موجب افزایش

این پژوهش می‌توان کاهش یا افزایش تعداد غوزه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی را با تغییر تعداد شاخه فرعی که خود تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی است مربوط دانست. این نتیجه با گزارش افضل و همکاران (۲۰۱۷) که اعلام نمودند با افزایش سطح برگ، ارتفاع بوته و انشعاب در بوته، تعداد غوزه در بوته که یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه در گلرنگ می‌باشد افزایش می‌یابد همخوانی دارد. وجود اختلاف ژنتیکی و سازگاری با محیط، دلیل خوبی برای واکنش ژنوتیپ‌های مختلف از نظر غوزه در بوته و تعداد دانه در غوزه تحت شرایط دیم است. نتایج به دست آمده با نتایج گزارش شده توسط محتشمی و همکاران (۱۳۹۷) مبنی بر تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های گلرنگ از نظر تعداد دانه در غوزه مطابقت دارد. بیشترین وزن هزار دان در تیمار تلقیح با ازتوباکتر با میانگین ۳۱/۳۶ گرم و کمترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن با میانگین ۲۹/۳۴ گرم به دست آمد (جدول ۵). دلیل کاهش وزن هزار دانه در تیمارهای ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن در شرایط دیم نسبت به سایر تیمارها را به این صورت می‌توان بیان نمود که با توجه به این که تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه در غوزه در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن افزایش یافته است، در نتیجه به علت وجود تعداد دانه‌های بیشتر، سهم مواد فتوسنتزی و آسیمیلات‌ها برای هر دانه کمتر شده و در نتیجه وزن هزار دانه در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن در شرایط دیم کاهش می‌یابد (Rathke et al., 2009). نورسانی (۱۳۹۴) نیز در

سودوموناس در مقایسه با تیمار شاهد باعث افزایش
۶/۶ درصدی میزان روغن شد که با نتایج این
آزمایش مطابقت دارد.

میزان روغن دانه در مقایسه با سایر تیمارها می‌شود.
سیدشریفی و همکاران (۲۰۱۸) نیز در تلقیح
باکتری‌های محرک رشد با بذر گلرنگ گزارش
کردند که تلقیح بذور با باکتری محرک رشد

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر برهمکنش منبع نیتروژن × ژنوتیپ بر صفات مورد بررسی

تیمارها	حجم ریشه (سانتی متر مکعب)	شاخص سطح برگ	تعداد شاخه فرعی	نیتروژن دانه (%)	نیتروژن کاه و کلش (%)	جذب کل نیتروژن گیاه (کیلوگرم در هکتار)
N ₁ × G ₁	۷۲/۹۷ p	۱/۹۷ m	۳/۳۵ ij	۲/۰۷ n	۰/۳۰۵ l	۲۱/۳۷ h
N ₁ × G ₂	۷۳/۷۲ op	۱/۹۴ m	۳/۲۶ ij	۲/۱۴ n	۰/۳۱۰ kl	۲۲/۴۱ h
N ₁ × G ₃	۷۵/۹۶ no	۲/۰۱ lm	۲/۹۶ j	۲/۲۲ n	۰/۲۵۶ m	۲۲/۲۱ h
N ₁ × G ₄	۷۶/۳۵ no	۲/۱۴ jk	۳/۶۶ hi	۲/۴۱ m	۰/۳۳۳ j-l	۲۷/۷۷ g
N ₁ × G ₅	۷۷/۱۸ n	۲/۱۶ jk	۳/۶۱ hi	۲/۴۷ m	۰/۳۴۵ i-k	۲۸/۸۷ g
N ₁ × G ₆	۷۷/۱۴ n	۲/۱۷ jk	۳/۸۵ f-h	۲/۵۲ lm	۰/۳۵۶ ij	۳۱/۱ g
N ₂ × G ₁	۷۸/۷۷ mn	۲/۱۱ kl	۳/۲۸ ij	۲/۵۹ lm	۰/۳۲۰ j-l	۲۸/۰۸ g
N ₂ × G ₂	۸۱/۱۰ lm	۲/۱۳ j-l	۳/۱۳ j	۲/۴۷ m	۰/۳۳۱ j-l	۲۷/۰۸ g
N ₂ × G ₃	۸۶/۰۶ i-k	۲/۲۴ ij	۳/۵۵ hi	۲/۶۸ kl	۰/۳۴۶ i-k	۳۰/۶۳ g
N ₂ × G ₄	۸۳/۴۰ kl	۲/۳۵ hi	۳/۷۵ gh	۲/۷۸ jk	۰/۳۸ hi	۳۵/۴۷ f
N ₂ × G ₅	۸۸/۸۸ hi	۲/۴۶ f-h	۳/۸۶ f-h	۲/۷۹ jk	۰/۳۹۵ gh	۳۶/۵۵ f
N ₂ × G ₆	۸۶/۰۹ i-k	۲/۴۴ gh	۴/۳۶ de	۲/۸۲ jk	۰/۴۳۶ f	۳۹/۷۷ ef
N ₃ × G ₁	۸۵/۵۶ jk	۲/۴۳ gh	۳/۹ f-h	۲/۹۱ h-j	۰/۳۸۱ hi	۳۶/۱۸ f
N ₃ × G ₂	۸۸/۸۰ hi	۲/۵۴ e-g	۴/۲۱ ef	۲/۸۸ i-k	۰/۴۲۸ fg	۳۹/۶۲ ef
N ₃ × G ₃	۹۲/۲۸ fg	۲/۶۶ de	۴/۳۳ de	۳/۰۹ f-h	۰/۴۱۰ f-h	۴۳/۸۵ e
N ₃ × G ₄	۹۴/۰۱ ef	۲/۷۶ d	۴/۹۵ bc	۳/۳۸ de	۰/۴۸۶ e	۵۲/۷۷ d
N ₃ × G ₅	۹۸/۰۲ bc	۲/۹۶ c	۴/۹۶ bc	۳/۶۷ bc	۰/۵۱۸ e	۵۷/۴ c
N ₃ × G ₆	۱۰۴/۵۹ a	۳/۰۸ b	۵/۶۱ a	۳/۷۴ ab	۰/۵۷ d	۶۲/۲۵ b
N ₄ × G ₁	۸۶/۳۱ ij	۲/۴۹ fg	۴/۲۵ ef	۳/۱۴ fg	۰/۵۷۵ d	۴۳/۴۶ e
N ₄ × G ₂	۸۸/۸۹ hi	۲/۵۸ ef	۴/۱ e-g	۳/۰۷ g-i	۰/۵۷۳ d	۴۳/۵۲ e
N ₄ × G ₃	۹۱/۰۵ gh	۲/۷۲ d	۴/۶۸ cd	۳/۲۷ ef	۰/۵۷ d	۵۱/۳۵ d
N ₄ × G ₄	۹۵/۰۴ de	۲/۹۶ c	۵/۰۱ bc	۳/۵۲ cd	۰/۶۷۵ c	۶۲/۱۹ b
N ₄ × G ₅	۹۷/۱۳ cd	۳/۱۴ b	۵/۲ b	۳/۷۵ ab	۰/۷۲۵ b	۶۴/۸ b
N ₄ × G ₆	۱۰۰/۶۲ b	۳/۳۰ a	۵/۹۱ a	۳/۹۲ a	۰/۸۲۳ a	۷۶/۳۶ a

N₁، N₂، N₃ و N₄ به ترتیب عدم مصرف کود و بدون تلقیح، تلقیح با ازتوباکتر، تلقیح با ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن؛ G₁، G₂، G₃، G₄، G₅ و G₆ به ترتیب ژنوتیپ‌های PI-253895، PI-401478، 312-S6-692، PI-306974، پدیده و سینا. میانگین در هر ستون با حروف مشابه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن ندارند.

است که کاربرد کامل کود شیمیایی نیتروژن، با افزایش دسترسی بیشتر نیتروژن برای گیاه باعث جذب بیشتر نیتروژن خاک توسط گیاه و در نتیجه افزایش ذخیره سازی بیش تر نیتروژن در دانه و کاه و کلش گلرنگ می شود. توفانکی و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که با کاربرد بیشتر نیتروژن، میزان نیتروژن دانه افزایش یافت. مصلحی و همکاران (۱۳۹۵) نیز گزارش نمودند میزان نیتروژن کاه در تیمارهایی که در آن ها از کود شیمیایی نیتروژن استفاده گردید بسیار بیشتر از سایر تیمارها بوده است، که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. تیمار تلقیح با ازتوباکتر در تمامی ژنوتیپ های مورد بررسی باعث افزایش معنی دار درصد نیتروژن دانه و کاه کلش گلرنگ نسبت به تیمار شاهد در تمامی ژنوتیپ ها شد (جدول ۶). از جمله دلایل برتری تیمار تلقیح شده با باکتری ازتوباکتر نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) می توان به ترشح انواع هورمون ها که سبب افزایش حجم ریشه و جذب نیتروژن از خاک می شود، تأثیر بر جذب NO_3^- با احیاء این ترکیب توسط باکتری ها در ناحیه ریشه و همچنین از طریق تثبیت N_2 افزایش میزان نیتروژن خاک در اثر فعالیت باکتری ها اشاره نمود که موجب بالا رفتن میزان نیتروژن در دانه گیاه شده است. پناهی و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که مصرف کود زیستی حاوی ازتوباکتر کروکوکوم سبب افزایش درصد نیتروژن دانه در برنج گردید که با یافته های این آزمایش همخوانی داشت. در حالی که با گزارش کانبولات و همکاران (۲۰۰۶) که در مطالعه ی خود در مورد جو بهاره اظهار داشتند، باکتری های

کمترین میزان روغن دانه نیز در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن با میانگین ۲۳/۵۷ به دست آمد (جدول ۵) که این امر نشان می دهد با افزایش مقدار نیتروژن، شرایط بیشتری برای سنتز پروتئین فراهم می شود و بنابراین مواد فتوسنتزی بیشتری جهت سنتز پروتئین اختصاص یافته و پتانسیل هیدرات های کرین کاهش خواهد یافت، این عامل به طور مشخص موجب کاهش میزان روغن دانه در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن می شود (علاف و شکوه فر، ۱۳۹۴). بیشترین درصد روغن دانه در بین ژنوتیپ های گلرنگ به ژنوتیپ PI-401478 با میانگین ۲۴/۹۳ درصد اختصاص داشت و کمترین درصد روغن دانه به رقم سینا با میانگین ۲۳/۸۱ مربوط بود (جدول ۵). در این پژوهش تفاوت معنی دار درصد روغن در ژنوتیپ ها احتمالاً به دلیل تفاوت های ژنتیکی در رابطه با ژن های کنترل کننده میزان روغن دانه باشد. نتایج به دست آمده با نتایج محتشمی و همکاران (۱۳۹۷) مبنی بر تفاوت معنی دار بین ژنوتیپ های گلرنگ از نظر درصد روغن مطابقت دارد. کاهش درصد روغن دانه در رقم سینا ممکن است به علت اثر رقت ناشی از افزایش عملکرد دانه در این ژنوتیپ باشد.

بیشترین میزان صفات نیتروژن دانه، کاه و کلش و جذب کل نیتروژن گیاه متأثر از برهمکنش منبع نیتروژن \times ژنوتیپ، از تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن در رقم سینا و کمترین میزان آن ها از ژنوتیپ های 312-S6-692 و PI-401478I در تیمار عدم مصرف کود به دست آمدند (جدول ۶). این موضوع بیانگر آن

محرك رشد محتوای نیتروژن دانه را تغییر ندادند در مغایرت بود. در تحقیق حاضر نیز رقم سینا در تمامی تیمارهای منبع نیتروژن بیشترین درصد نیتروژن دانه و کاه کلش را دارا بود (جدول ۶)، از سرعت رشد رویشی بالاتری نیز برخوردار بود به طوری که شاخص سطح برگ و تعداد شاخه فرعی بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها تولید نمود. این امر مبین آن است ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط دیم از سرعت رشد و نمو بیشتری برخوردار باشند و اندام‌های هوایی بیشتر و قوی‌تری تولید نمایند در زمان انتقال مجدد می‌توانند مواد بیشتری به بذر خود انتقال دهند لذا دانه این ژنوتیپ‌ها از نیتروژن بیشتری برخوردار می‌شود (فنودی و همکاران، ۱۳۹۶). امروزه توانایی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهی در جذب و مصرف عناصر غذایی توسط محققین بسیاری مورد توجه قرار گرفته است که تفاوت کارایی آن‌ها در استفاده از عناصر غذایی به خاطر گسترش ریشه‌ها، یا مصرف توسط گیاه و یا هر دو متأثر می‌شود که اهمیت نسبی این راهبردها بسته به نوع عنصر و نوع گونه گیاهی می‌تواند متفاوت باشد (رجبی، ۱۳۹۴). دلیل افزایش جذب کل نیتروژن در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن و رقم سینا در شرایط دیم بالا بودن غلظت نیتروژن و وزن ماده خشک این تیمار به علت فراهمی نیتروژن در دسترس گیاه است. با توجه به این که میزان جذب نیتروژن ژنوتیپ‌های گلرنگ از حاصل ضرب درصد نیتروژن ژنوتیپ گلرنگ و ماده خشک تولیدی آن در واحد سطح به دست می‌آید، در نتیجه افزایش نیتروژن جذب شده

گلرنگ در رقم سینا و تیمار کود مصرفی نیز دور از انتظار نمی‌باشد، چرا که مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن در این آزمایش باعث افزایش درصد نیتروژن و عملکرد دانه و کاه و کلش تولیدی رقم سینا تحت شرایط دیم در واحد سطح شده است. از طرفی دیگر افزایش میزان جذب نیتروژن کل گیاه در نتیجه اعمال تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن را می‌توان با تحریک سطح فتوسنتز کننده و رشد رویشی گلرنگ و در نتیجه جذب نیتروژن مرتبط دانست، به طوری که این تحریک منجر به افزایش وزن خشک و در نهایت افزایش جذب کل نیتروژن گیاه در واحد سطح می‌شود که این نتیجه با گزارش یدوی و یوسف‌پور (۱۳۹۴) که اظهار داشتند مصرف بالای کود شیمیایی نیتروژن، با افزایش دسترسی بیشتر نیتروژن برای گیاه باعث جذب بیشتر نیتروژن خاک توسط گیاه و در نتیجه افزایش ذخیره سازی بیش‌تر نیتروژن در اندام‌های هوایی آفتابگردان می‌شود، همخوانی داشت. عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر منبع کود نیتروژن قرار گرفت به طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه معادل ۱۱۹۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن به دست آمد که با تیمار تلفیقی از توپاکتر + ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). بالا بودن عملکرد دانه در اثر کاربرد این تیمارها را می‌توان به فراهمی و جذب بیشتر نیتروژن که منجر به افزایش اجزای عملکرد گلرنگ شامل تعداد غوزه در بوته و تعداد

سینا که بیشترین تعداد شاخه فرعی و غوزه در بوته را دارا بود اختصاص یافت، ولی کمترین میزان صفت مذکور در ژنوتیپ‌های 312-S6-692 و PI-401478 به دست آمد (جدول ۵). تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ در واحد سطح تحت شرایط دیم گزارش شده است (پورداد و جمشیدی‌مقدم، ۱۳۹۲). عملکرد دانه حاصل‌ضرب اجزای عملکرد، یعنی تعداد واحدهای زایشی در واحد سطح، تعداد دانه در واحد زایشی و متوسط وزن هزار دانه است و با توجه به این که در رقم سینا که بیشترین تعداد غوزه در بوته را داشت بیشترین عملکرد دانه به دست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که اهمیت تعداد غوزه در بوته در افزایش عملکرد تحت شرایط دیم در ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مقایسه با وزن هزار دانه و تعداد دانه در غوزه بیشتر است. پورداد و سینگ (۲۰۰۲) نیز در بررسی ۱۷۱ رقم، لاین و توده گلرنگ در کشت پایزه و در شرایط دیم نشان دادند که عملکرد بالا در ژنوتیپ‌های گلرنگ بیشتر به علت بالا بودن تعداد غوزه در بوته و تعداد دانه در غوزه بود که با نتایج این آزمایش همخوانی داشت.

بیشترین کارایی مصرف نیتروژن به میزان ۱۹/۱۰ کیلوگرم بر کیلوگرم مربوط به تیمار تلقیح با ازتوباکتر بود و کمترین آن به میزان ۱۰/۶۸ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن به دست آمد (جدول ۵). نتایج این بررسی در شرایط دیم حاکی از آن است که کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، در گیاه گلرنگ نتوانسته به تناسبی که کود نیتروژن

دانه در غوزه در شرایط دیم نسبت داد. مشابه این نتایج پیش از این توسط ناصری و میرزایی (۲۰۱۱) گزارش شده است. به عبارت دیگر تیمار تلفیقی ازتوباکتر + ۵۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن، نیتروژن مورد نیاز گیاه جهت رشد گیاه و رسیدن به عملکرد پتانسیل را تحت شرایط دیم تأمین نموده است و افزودن بیشتر کود شیمیایی تأثیری معنی‌داری بر افزایش عملکرد دانه ندارد، و در شرایط دیم و موجب هدر رفت کود شیمیایی نیتروژن و آلودگی محیط زیست می‌گردد. افزایش قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن با کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و جذب بیشتر آن توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش اجزای عملکرد دانه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمار تلفیقی در شرایط دیم می‌باشد. از طرفی دیگر نتایج این مطلب را تأیید کرد که تلفیق ازتوباکتر و کود شیمیایی نیتروژن امکان‌پذیر است چرا که ازتوباکترها آزادی هستند و با کاربرد کود شیمیایی نیتروژن فعالیت آن‌ها افزایش می‌یابد. تیمار تلقیح با ازتوباکتر با شاهد از لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد در مورد ازتوباکتر توانایی تثبیت نیتروژن توسط این باکتری در شرایط دیم به دلیل رطوبت پایین خاک محدود بوده و به تنهایی تأمین‌کننده نیاز گیاه نبوده است. اما با این وجود موجب افزایش ۱۱ درصدی عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد که با نتایج محمدی و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بیشترین عملکرد دانه (۱۲۰۳ کیلوگرم در هکتار) در واحد سطح در رقم

دریافت کرده، دانه تولید کند. شهراسبی و همکاران (۱۳۹۴) گزارش کردند، در مناطق دیم که با کاهش میزان بارندگی ها در اواخر فصل رشد مواجه هستند کاربرد زیاد کود شیمیایی نیتروژن سبب کاهش محسوس کارایی مصرف نیتروژن می‌گردد، به دلیل این که افزایش مصرف نیتروژن تأثیر کمی بر افزایش عملکرد دانه دارد. سمنوف و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان داشتند کارایی مصرف نیتروژن متأثر از شرایط آب و هوایی و میزان بارندگی است. لیو و همکاران (۲۰۱۸) نیز بیان داشتند که با افزایش کاربرد کود مقدار عملکرد دانه به تبعیت از قانون بازده نزولی افزایش کمتری داشت که این وضعیت موجب کاهش کارایی مصرف نیتروژن گردید. به طور کلی کارایی مصرف عناصر غذایی با رفع تدریجی نیاز گیاه کمتر می‌شود و معمولاً بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می‌آید. لیچنتالر و بابانی (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند که کاربرد زیاد نیتروژن از طریق تحریک افزایش جذب نترات و اشباع فرایند متابولیسم نیتروژن، منجر به کاهش نسبت C/N می‌شود و روی کارایی مصرف نیتروژن تأثیر منفی دارد. بالا بودن کارایی مصرف نیتروژن در تیمار تلقیح با ازتوباکتر ممکن است به توانایی ازتوباکتر در تثبیت نیتروژن و افزایش رشد ریشه و جذب مواد غذایی توسط بوته‌های گلرنگ مربوط باشد که در آزمایش سید شریفی و همکاران (۱۳۹۵) نیز به آن اشاره شده است. گزارش‌ها نشان می‌دهد که ازتوباکتر به عنوان تحریک کننده رشد گیاهی، غیر

از تثبیت نیتروژن ملکولی، با تولید هورمون‌ها و انواع مواد تحریک کننده رشد گیاهی شده که با افزایش تولید تارهای کشنده ریشه، حجم ریشه و جذب عناصر غذایی از خاک سبب بهبود کارایی کود می‌شوند. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که صرف نظر از میزان مصرف کود نیتروژن در شرایط دیم بیشترین کارایی مصرف نیتروژن با میانگین ۱۷/۴۹ به رقم سینا متعلق بود که با ژنوتیپ‌های پدیده و PI-306974 از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین کارایی مصرف نیتروژن به ژنوتیپ 312-S6-692 با میانگین ۱۳/۵۰ کیلوگرم بر کیلوگرم به ژنوتیپ اختصاص داشت (جدول ۵). بنی سعیدی (۱۳۹۱) نیز اختلافات ژنتیکی در کارایی مصرف نیتروژن در ارقام آفتابگردان را گزارش نمود. ژنوتیپ‌هایی با کارایی مصرف نیتروژن زیاد دارای فعالیت بیشتر آنزیم نترات ردوکتاز بوده و این امر موجب افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و در نتیجه باعث افزایش فتوسنتز و شاخص سطح برگ و نهایتاً باعث تولید بیشتر عملکرد دانه در این ژنوتیپ‌ها می‌شود (Li et al., 2012).

نتیجه گیری

در این تحقیق با توجه به این که کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به همراه ازتوباکتر از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود شیمیایی نیتروژن نداشت و کارایی مصرف نیتروژن در این تیمار به طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بود، همچنین در این آزمایش رقم

سینا برتری خود را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن نشان داد. بنابراین رقم سینا و استفاده تلفیقی از ۵۰ درصد توصیه کود شیمیایی نیتروژن به همراه ازتوباکتر جهت حصول حداکثر عملکرد و کاهش مصرف کود شیمیایی نیتروژن در راستای نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست در شرایط دیم منطقه توصیه می‌گردد.

منابع

- آینه بند امیر. ۱۳۹۱. کارایی تولید اکوسیستم‌های زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۵ص.
- امام یحیی، سلیمی کوچی سمیه، آوات شکوفه. ۱۳۸۸. تأثیر سطوح کود مختلف کود نیتروژن‌دار بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه گندم در شرایط آبی و دیم. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۷(۱): ۳۲۱-۳۳۳.
- اوسطی فرزانه، میرمحمودی تورج، پاسبان اسلام بهمن، یزدان ستا سامان، منیری فرحسین. ۱۳۹۸. اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی کودهای شیمیایی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه (*Ricinus communis* L.) کرچک. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲(۳): ۷۴۷-۷۶۲.
- بالجانی رامین، شکاری فرید. ۱۳۹۱. تأثیر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید بر روابط شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاه گلرنگ تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲(۱): ۱۰۶-۸۷.
- بایوردی احمد، فریدون نورقلی‌پور. ۱۳۹۴. بهینه‌سازی توصیه کود نیتروژن برای رقم جدید گلرنگ در دو منطقه آذربایجان شرقی. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۵(۱۶): ۲۴۳-۲۵۶.
- بنی‌سعیدی عبدالکریم. ۱۳۹۱. تأثیر نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و کارایی مصرف نیتروژن ارقام آفتابگردان در شرایط محیطی خوزستان. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴(۱۵): ۸۷-۷۱.
- پورداد سید سعید. ۱۳۸۶. انتشارات سپهر. ۱۲۴ص.
- پورداد سید سعید، جمشیدی مقدم مهدی. ۱۳۹۲. بررسی تنوع ژنتیکی در کلکسیون گلرنگ در شرایط دیم. مجله زراعت دیم ایران. ۱(۳): ۱-۱۶.
- دست برهان سهیلا، سلماسی زهتاب، نصراله‌زاده سعید، توسلی علیرضا. ۱۳۸۹. تأثیر برخی از ریزوباکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژنی بر ویژگی‌های مورفولوژیک بابونه آلمانی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۲(۴): ۵۷۳-۵۶۵.
- راستگو بهمن، عبادی علی، پرمون قاسم. ۱۳۹۳. بررسی اثر مصرف نیتروژن بر عملکرد و ترکیبات ذخیره‌ای دانه گلرنگ. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۶(۲۱): ۸۵-۱۰۲.

رجبی رحمان. ۱۳۹۴. بررسی تنوع ژنتیکی از نظر کارایی مصرف کود در ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط دیم در ایران. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۰۸: ۲۴-۳۵.

سدري محمد حسين، گلچين احمد، ميرخاني رايحه، فيضي اصل ولي، سي و سه مرده عادل. ۱۳۹۶. اثر مدیریت مصرف نیتروژن بر کارایی مصرف آن در گندم دیم با استفاده از نیتروژن -۱۵. فصلنامه پژوهش‌های خاک. ۳۱ (۱): ۱۷-۱.

سعیدی محمود ضا، راعی یعقوب، امینی روح‌اله، پاسبان اسلام بهمن، روحی سارا لان علی. ۱۳۹۷. تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن‌دار و فسفردار بر رشد، عملکرد و درصد اسیدهای چرب گلرنگ در کشت مخلوط با باقلا. به زراعی کشاورزی. ۲۰ (۴): ۷۶۹-۷۸۴.

سید شریفی رئوف، عباس پور سپیده، سیدشرفی رضا. ۱۳۹۵. تأثیر مقادیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بر وزن دانه در بوته، محتوای کلروفیل و کارایی مصرف کود تریتیکاله. فتاوری تولیدات گیاهی. ۱۶ (۱): ۱۶۳-۱۷۷.

شهراسبی صادق، امام یحیی، پیرسته انوشه هادی. ۱۳۹۸. تأثیر مقادیر نیتروژن بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه گندم در شرایط متفاوت آبیاری. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۱ (۳۶): ۲۱۷-۲۲۹.

شهراسبی صادق، امام یحیی، رونقی عبدالمجید، پیرسته انوشه هادی. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و کارایی زراعی مصرف نیتروژن گندم رقم سیروان در شرایط استان فارس. مجله علوم زراعی ایران. ۱۷ (۴): ۳۴۰-۳۶۳.

صیدی زهرا، فاتح اسفندیار، آینه بند امیر. ۱۳۹۶. اثر منابع مختلف نیتروژن و کودهای آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی زنیان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۹ (۱): ۱۱۵-۱۲۸.

علاف مسعود، شکوه‌فر علیرضا. ۱۳۹۴. برهمکنش عملیات کم آبیاری و مقادیر نیتروژن بر عملکرد کمی و درصد روغن آفتابگردان رقم سانبورا. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۷ (۲۸): ۷۲-۶۱.

فناپی حمید رضا، ناروئی‌راد محمد رضا. ۱۳۹۳. بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گلرنگ. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۷ (۳): ۳۳-۵۱.

فنودی فرزاد، خزاعی حمیدرضا، کافی محمد، گلدانی مرتضی. ۱۳۹۶. بررسی اثر مقدار نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در ارقام جو در شرایط مشهد و دامغان. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۳۰ (۳): ۱-۱۳.

کلاهیان همدانی زاد الهام، رامشینی حسینعلی، قادری محمدقادر، فاضل نجف آبادی مهدی. ۱۳۹۴. بررسی رابطه صفات ریشه با عملکرد دانه گندم در شرایط بدون تنش و تنش خشکی آخر فصل. تنش‌های محیطی در

علوم زراعی. ۸: ۱۱-۱. محتشمی فاطمه، تدین محمود رضا، روشندل پرتو. ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر سطوح کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های گلرنگ. به زراعی کشاورزی. ۲۰(۲): ۵۴۷-۵۶۱.

مصلحی نرگس، نیک‌نژاد یوسف، فلاح آملی هرمز، خیری نوراله. ۱۳۹۵. اثر کاربرد کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی برنج رقم طارم هاشمی. فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۳۰): ۸۷-۱۰۳. مقصودی عیسی، قلاوند امیر، آقاعلیخانی مجید. ۱۳۹۳. تأثیر سطوح مختلف کودی (آلی، شیمیایی و زیستی) بر صفات مورفولوژیک و عملکرد دانه ذرت هیبرید سینگل-کراس ۷۰۴. فصلنامه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۲۶(۱۰۴): ۱۳۵-۱۲۹.

میرزاخانی محمد. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تلقیح ازتوباکتر و مایکوریزا در سطوح کود شیمیایی نیتروژن و فسفر بر کارایی مصرف عناصر غذایی در گلرنگ. پایان نامه دکتری تخصصی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان. ۲۶۰ صفحه.

میرزایی امیر، ناصری رحیم، طهماسبی غلامرضا، تراب میری محمد. ۱۳۹۳. بررسی اثر تنش خشکی، کودهای شیمیایی و زیستی بر خصوصیات آگروفیزیولوژیک و فنولوژیک در گلرنگ. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران و سومین همایش علوم و تکنولوژی بذرایران. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

ناصری رحیم، براری مهرشاد، زارع محمد جواد، خاوازی کاظم، طهماسبی زهرا. ۱۳۹۷. تأثیر باکتریهای محرک رشد گیاه و قارچ‌های میکوریزی بر خصوصیات ریشه گندم در سطوح مختلف کود شیمیایی فسفری. نشریه زیست‌شناسی خاک. ۶(۲): ۱۳۸-۱۵۸.

نوریانی حسن. ۱۳۹۴. بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی خصوصیات کیفی دو رقم کلزا. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۵(۱۶): ۲۳۳-۲۴۰.

یدوی علیرضا، یوسف‌پور زینب. ۱۳۹۴. تأثیر منابع نیتروژن و فسفر بر خصوصیات شیمیایی خاک و غلظت عناصر در آفتابگردان. نشریه آب و خاک. ۲۹(۱): ۲۱۰-۲۲۴.

Afzal O, Asif M, Ahmed M, Awan FK. 2017. Integrated Nutrient Management of safflower under Rainfed Conditions. American Journal of Plant Sciences 8: 2208-2218.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis, 16th Edition. AOAC International, Gaithersburg, MD.

Ashfaq M, Zahir ZA, Ashraf M, Arshad M. 2011. Isolation and screening of rhizobia for auxin biosynthesis and growth promotion of mung bean (*Vigna radiata* L.) seedlings under axenic conditions. Soil Environment, 30(1): 18-26.

- Beatty PH, Klein MS, Fischer JJ, Lewis IA, Muench DG, Good AG. 2016. Understanding plant nitrogen metabolism through metabolomics and computational approaches. *Plants*. 5:39.
- Canbolat MY, Bilen S, Çakmakçı R, Şahin F, Aydın A. 2006. Effect of plant growth promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils* 42: 350–357.
- F.A.O. 2018. Food & Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistics Database. Available at: <http://faostat.fao.org>
- Flemmer AC, Franchini MC, Lindström LI. 2015. Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. *Annals of Applied Biology* 166: 331-339.
- Heshmati S, Amini Dehaghi A, Fathi Amirkhiz K. 2017. Effects of biological and chemical phosphorous fertilizer on grain yield, oil seed and fatty acids of Spring Safflower in water deficit conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 48 (1): 159-169.
- Hopkins WG, Hunter NP. 2004. Introduction to plant physiology. 3rd ed. John Wiley and Sons publication. New York.
- Jnawali AD, Ojha RB, Marahatta S. 2015. Role of Azotobacter in soil fertility and sustainability-a review. *Advances in Plant and Agriculture Research* 2(6): 250-253.
- Lichtenthaler KL, Babani F. 2000. Detection of photosynthetic activity and water stress by imaging the red chlorophyll fluorescence. *Plant Physiology and Biochemistry* 38(11): 889-895.
- Li Y, Yang X, Ren B, Shen Q, Guo S. 2012. Why nitrogen use efficiency decreases under high nitrogen supply in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*. 31:47-52.
- Liu W, Wang J, wang C, Ma G, Wel Q, Lu H, Xie Y, Kang G. 2018. Root Growth, Water and Nitrogen use Efficiencies in winter wheat under different irrigation and nitrogen regimes in north china plain. *Frontiers in plant Science*. 9:1-14.
- Mohammadi GH, Eghbal R, Ghobadi M, Sheikheh-poor S. 2013. Phosphate biofertilizer, row spacing and plant density effects on Corn (*Zea mays* L.) yield and weed growth. *American Journal of Plant Sciences*. 3: 425-429.
- Naseri R, Mirzaaei A. 2011. Response of Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) To Seed Inoculation with Azotobacter and azospirillum and Different Nitrogen Levels under Dry Land Conditions. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Science* 9(4): 445-449.
- Nosheen A, Asghari B, Ullah F, Farooq U, Yasmin H, Hussain I. 2012. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on root morphology of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *African Journal of Biotechnology* 10(59): 12639-12649.
- Omidi AH, Khazaei H, Monneveux P, Stoddard F. 2012. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Turkish Journal Field Crops* 17(1): 10-15.
- Panahi A, Aminpanah H, Sharifi P. 2015. Effect of nitrogen, bioFertilizer, and silicon application on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *Philippine Journal Crop Science* 40(1): 76-81.

- Pourdad SS, Singh JB. 2002. Evaluation of germplasm collection of safflower (*Carthamus tinctorius* and *C. oxyacantha*) in dryland condition of Iran. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 62(1): 87-88.
- Rathke GW, Behrens T, Diepenbrock W. 2009. Effect of timing and nitrogen fertilizer application on winter oilseed Rape (*Brassica napus* L.) Nitrogen uptake dynamics and fertilizer efficiency. *Crop Science* 190(3): 314- 323.
- Ryan J, Pala M, Masri S, Singh M, Harris H. 2008. Rainfed wheat-based rotations under Mediterranean conditions: Crop sequences, nitrogen fertilization, and stubble grazing in relation to grain and straw quality. *European Journal of Agronomy* 28: 112–118.
- Segele ZT, Lamb PJ. 2005. Characterization and variability of Kiremt rainy season over Ethiopia. *Meteorol. Atmospheric Physics* 89: 153-180.
- Semenov MA, Jamieson PD, Martre P. 2007. Deconvolution nitrogen use efficiency in wheat: A simulation study. *European Journal of Agronomy*. 26: 83-294.
- Seyed Sharifi R, Namvar A, Seyed Sharifi R. 2018. Grain filling and fatty acid composition of safflower fertilized with integrated nitrogen fertilizer and biofertilizers. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 52(4): 236-243.
- Svecnjak Z, Rengel Z. 2006. Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest. *Plant and Soil*. 283: 299- 307.
- Szmigiel A, Kołodziejczyk M, Oleksy A, Kulig B. 2016. Efficiency of nitrogen fertilization in spring wheat. *International Journal of Plant Production*. 10(4): 447-456.
- Tufenkci S, Sonmez F, Sensoy RI. 2006. Effect of Arbuscular mycorrhiza fungus inoculation and phosphorus and nitrogen fertilizer on some plant growth parameters and nutrient content of soybean. *Biological Science*. 9(6): 1121-1127.
- Wu SC, Cao ZH, Li Z, Cheung KC. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a green house trial. *Geoderma*. 125: 155-166.
- Xie W, Guang-huo W, Qi-chun Z, Hai-chao G. 2006. Effects of nitrogen fertilization strategies on nitrogen use efficiency in physiology, recovery, and agronomy and redistribution of dry matter accumulation and nitrogen accumulation in two typical rice cultivars in Zhejiang, China. *Journal of Zhejiang Universal Science* 8: 208-216.

DOI: 10.22092/idaj.2020.341896.291

Response of some morphological traits, grain yield and nitrogen efficiency of safflower genotypes by *Azotobacter chroococcum* and nitrogen fertilizer under rainfed conditions

Abbas Soleimanifard^{1,2}, Mani Mojaddam^{2*}, Shahram Lack², Mojtaba Alavifazel²,
Seyyed Saeid Pourdad³

1-Department of Agronomy, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2- Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

3-Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO) Tehran, Iran.

Abstract

This study was performed for the evaluation of the effect of *Azotobacter* and nitrogen levels on morphological traits, plant nitrogen uptake rate, seed oil and yield and nitrogen use efficiency of six safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes under rainfed conditions, as a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications, during 2015-2016 and 2016-2017 growing seasons. Experimental factors were seed inoculation with *Azotobacter* and urea chemical fertilizer application (Non-inoculated with *Azotobacter* and urea as control, seed inoculation with *Azotobacter*, inoculation with *Azotobacter* + 50% N and inoculation with *Azotobacter* + 100% N) and six genotypes of safflower (312-S6-692, PI-401478, PI-253895, PI-306974, padide and sina). The combined analysis of variance for two years showed that the main effects of fertilizer and genotype had significant effect on all of the traits. The interaction of nitrogen × genotype was significant on root volume, leaf area index, number of lateral branches, grain nitrogen, straw nitrogen and total nitrogen uptake. Result showed that inoculation with *aztobacter* + 50% use of nitrogen had higher nitrogen use efficiency than *aztobacter* + 100% use of nitrogen. However, there was no significant difference in the grain yield between those fertilizer treatments. Sina with the highest values of grain yield (1203 kg.ha⁻¹) and nitrogen use efficiency (17.49 kg.kg) was considered as superior variety. Therefore, with the aim of reducing environmental pollution by excessive use of N chemical fertilizer, application of *Azotobacter* is suitable for safflower production under daryland conditions.

Keywords: Sina cultivar, Root volume, Nitrogen uptake, Leaf area index, Thousand grain weight

* Corresponding author: manimojaddam@yahoo.com Received: 2020/02/18 Accepted: 2020/08/22