

## عملکرد ارقام مختلف گندم نان (*Triticum aestivum* L.) به کاربرد منابع مختلف

### کودی تحت شرایط دیم

رحیم ناصری<sup>۱\*</sup>، امیر میرزایی<sup>۲</sup>، عباس سلیمانی فرد<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، آموزشکده فنی مهندسی و کشاورزی دهلران، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

<sup>۲</sup>بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

<sup>۳</sup>گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۰۲

#### چکیده

به منظور بررسی تاثیر باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه روی خصوصیات فیزیولوژیک ارقام جدید گندم دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی چرداول در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام مختلف گندم (سرداری، کریم، کوه‌دشت و ریژاو) و تیمار منابع مختلف کودی شامل: شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بودند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اثر برهمکنش رقم×منابع کودی بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و خصوصیات فیزیولوژیکی تاثیر معنی‌دار داشت. رقم ریژاو×باکتری آزوسپریلیوم+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن موجب افزایش فعالیت‌های آسکوربات‌پراکسیداز، گلوکاتایون‌پراکسیداز کاتالاز، پراکسیداز، سوپر اکسیددسموتاز، کاروتنوئیدها، کلروفیل a، کلروفیل b، محتوای آب نسبی، موجب کاهش میزان مالون‌دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن گردید و رقم سرداری در شاهد (عدم مصرف کود زیستی و شیمیایی نیتروژن) دارای کمترین میزان فعالیت‌های آسکوربات‌پراکسیداز، پراکسیداز، سوپر اکسید-دسموتاز و رنگیزه‌های فتوستتزی بود. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده نشان داده شد که گندم رقم ریژاو×باکتری آزوسپریلیوم+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به دلیل بالابردن خصوصیات فیزیولوژیکی و در نهایت افزایش رشد گیاه در شرایط دیم می‌تواند توصیه گردد.

**واژه‌های کلیدی:** پراکسید هیدروژن، پرولین، رنگیزه‌های فتوستتزی، سوپر اکسیددسموتاز، گلوکاتایون سنتتاز

#### مقدمه

نوکلئیک از عوامل اصلی درگیر در رشد و باروری گیاه محسوب می‌گردد. در دهه‌های اخیر گروهی از باکتری‌های خاک در ریزوسفر، تحت عنوان باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه معرفی شده که توانسته رشد محصولات زراعی را بهبود بخشند. این باکتری‌ها علاوه بر اثرات مثبتی که بر خصوصیات خاک داشته، از

از بین عناصر غذایی مورد استفاده گیاه برای رشد عنصر نیتروژن به واسطه شرکت در ساختار پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، کوآنزیم‌ها و اسیدهای

\*نویسنده مسئول: r.naseri@ilam.ac.ir

نظر اقتصادی، محیط زیست نیز مفید بوده و جایگزینی مناسبی برای کودهای شیمیایی می‌باشند (Sharifi and Amiriyusefi, 2017). باکتری‌های ازتوباکتر و آزسپیریلوم از مهمترین باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه بشمار می‌آیند، که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد مثل انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین رشد و نمو موجب مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی می‌شوند (Nadeem et al., 2014). چنانچه محدودیت آب رخ دهد این امر سبب تغییر در متابولیسم گیاه شده و بر تعادل هورمونی تاثیر و منتج به تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌گردد، که این تغییرات از طریق تجمع یون‌های سمی و عدم تعادل روابط آبی و عناصر غذایی بر رشد و نمو گیاه تاثیر می‌گذارد. به همین منظور جهت کم‌کردن خطرات ناشی از تولید گونه‌های فعال اکسیژن یکسری ترکیبات آنزیمی از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسیددسموتاز و غیر آنزیمی مثل آسکوربات و ترکیبات چربی‌دوست همانند کاروتنوئیدها در گیاه تولید می‌شوند، که این ترکیبات سبب از بین رفتن ترکیباتی مثل رادیکال سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل شده که می‌توانند موجب تخریب غشا سلولی شوند (Naseri et al., 2019). سایر تحقیقات نیز کاهش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی به دلیل افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن را در گندم گزارش دادند، آن‌ها نشان دادند که این گونه‌های فعال اکسیژن سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه این رنگیزه‌ها می‌شود (Schutz & Fangmeir, 2001). آنزیم پراکسیداز با سم‌زدایی پراکسید هیدروژن و حذف مالون‌دی‌آلدئید که موجب پراکسیداسیون غشاء می‌گردد نقش مهم و تاثیرگذاری در مقابله گیاه در برابر تنش ایفا نماید (Amani et al., 2016). محدودیت آب و گرما سبب زیاد شدن نشت پذیری غشاء در گندم (Almeselmani

et al., 2009)، نخود (Kaushal et al., 2013) و ماش (Kaur et al., 2015) گردید. باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه از طریق تولید فعالیت آنتی‌اکسیدانتی یا تعدیل کردن سیستم فتوسنتز خسارت گونه‌های اکسیژن فعال را کم و گیاه را در برابر حضور این گونه‌های اکسیژن فعال محافظت و از آسیب آن به گیاه ممانعت بعمل می‌آورد (Young et al., 2013). Chakraborty و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که سطوح آنتی‌اکسیدانتی در گندم در تیمارهای تلقیح شده با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه زیاد می‌شود. در گزارش‌های Saghafi و همکاران (۲۰۱۳) بر گندم نشان داده شد که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه در مقایسه با تیمار شاهد (عدم تلقیح) موجب افزایش صفات فیزیولوژیکی گردید به طوری که بیشترین میزان پرولین در تیمار تلقیح شده بدست آمد. در گزارش‌های Nadeem و همکاران (۲۰۱۴) بر گندم نشان داده شد که نشت‌پذیری غشاء در تیمارهای عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه کاهش نشان می‌دهد. در مطالعات Islam و همکاران (۲۰۱۴) بر گندم نشان داده شد که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه سبب کم‌شدن میزان فعالیت مالون‌دی‌آلدئید گردید. از آنجا که آب قابل دسترس، عامل اصلی محدودکننده رشد در زراعت دیم می‌باشد، بنابراین از راهکارهای بهبود تغذیه و رشد گیاه، استفاده از کود زیستی است. باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه به نظر می‌رسد با تأثیر بر گیاه از طریق بهبود شرایط فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی سبب افزایش مقاومت نسبت به عوامل نامساعد محیطی در زراعت دیم شوند. بنابراین این پژوهش با هدف نقش این باکتری‌ها روی فعالیت‌های فیزیولوژیکی ارقام جدید گندم دیم استان ایلام اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر باکتری‌های افزاینده رشد روی صفات فیزیولوژیکی گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چرداول 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 ۹۹-۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام مختلف گندم (سرداری، کریم، کوه‌دشت و ریزاو) و تیمار منابع مختلف کودی شامل: شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)، ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری

آزوسپریلیوم+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بودند. هر کرت آزمایشی شامل هشت ردیف کاشت با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و طول چهار متر اجرا شد. آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در این آزمایش (CFU/ml)<sup>۱۰</sup> از موسسه آب و خاک کرج، قبل از کاشت گندم، بذرها تلقیح و آغشته شد و پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده در شیارهای ایجاد شده انداخته و با خاک پوشانده شدند. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸

ماه	حداقل دما (درجه سانتی‌گراد)	حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد)	میزان بارش (میلی‌متر)	حداقل رطوبت (درصد)	حداکثر رطوبت (درصد)
مهرماه	۱۳/۲	۳۷/۲	۱۵	۱۸	۴۱
آبان	۰/۸	۲۷/۲	۴۴/۶	۳۳	۷۳
آذر	۰/۲	۱۹/۶	۱۳۴/۴	۳	۸۳
دی	-۲	۱۶/۴	۳۷/۴	۴۷	۸۴
بهمن	-۸/۵	۱۹/۵	۶۰/۳	۴۳	۷۹
اسفند	۱/۷	۲۴/۸	۲۶۷/۱	۴۷	۸۴
فروردین	۲/۶	۲۶/۶	۳۳/۵	۴۰	۸۰
اردیبهشت	۴/۸	۳۶/۵	۱۱/۳	۲۴	۶۴
خرداد	۱۶	۳۹/۷	۰	۱۲	۳۱

مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم بود. کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک (جدول ۲) مورد استفاده قرار گرفتند. در مرحله کاشت و شروع ساقه‌دهی بر اساس آزمون خاک به

مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن مصرف شد. کود فسفره از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت مصرف گردید.

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۹۹-۱۳۹۸.

رسولومی	آهن	روی	مس	منگنز	منیزیم	فسفر	پتاسیم	نیتروژن	کربن آلی	شوری	اسیدیته
(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(میلی‌گرم بر کیلوگرم)	(درصد)	(دسی‌زیمنس بر متر)	(دسی‌زیمنس بر متر)
۱۰	۱/۴	۵/۲	۱۲	۲۱۶	۶	۲۸۰	۰/۱۳	۰/۱۳	۱/۵	۰/۴۰	۷/۱

در مرحله گرده افشانی، برگ پرچم پنج بوته به صورت تصادفی انتخاب و در داخل تانک ازت مایع گذاشته و سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند.

**اندازه‌گیری صفات آنتی اکسیداتی و بیوشیمیایی:**  
 فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز طبق روش Nakano و Asada (۱۹۸۱) با اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۹۰ نانومتر و در دمای اتاق مورد سنجش قرار گرفت، بدین صورت که ابتدا ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم به کووت نمونه ریخته شد و ۵ میکرولیتر  $H_2O_2$  به آن اضافه گردید، سپس بلافاصله عصاره آنزیم به مخلوط واکنش اضافه شد و دکمه شروع دستگاه زده شد. زمان تاخیری برای این واکنش صفر بود و پس از ۱۰ تا ۳۰ ثانیه جذب افزایش یافت. برای سنجش فعالیت آنزیم گلوکاتایون از روش Chance و Maehly (۱۹۵۵)، استفاده شد، بدین صورت که ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم با اسیدیته  $7/8$  و غلظت ۵۰ میلی‌مولار، پراکسید هیدروژن  $3/41$  مولار به مقدار ۱۰ میکرولیتر، محلول گایاکول ۲۰۰ میلی‌مولار به مقدار ۳ میکرولیتر، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بودند و طول موج ۴۷۰ نانومتر برای دستگاه اسپکتروفتومتری تعریف شد. فواصل ۲۰ ثانیه‌ای به مدت ۱۲۰ ثانیه برای مقدار جذب و قرائت تعیین و فاز تاخیری نیز ۶۰ ثانیه در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری سوپراکسید دسموتاز از روش Dhindsa (۱۹۸۱) انجام شد. فعالیت این آنزیم به صورت فوتومتریک بررسی می‌شود. بافر اصلی شامل: بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار، اسیدیته برابر  $8/7$ ،  $0/1$  میلی‌مولار EDTA، متیونین ۱۲ میلی‌مولار، نیتروبلوتترازولیوم کلراید ۷۵ میکرومولار، اتیلن‌دی‌آمین تترااستیک اسید  $0/1$  میلی‌مولار، ربیوفلاوین  $360$  میکرومولار و  $30$  میکرولیتر عصاره خام بود.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز از روش Mac-Adam (۱۹۹۲) استفاده شد. بدین منظور، به عصاره آنزیمی، ۳ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات سدیم  $0/1$  مولار و ۵۰ میکرولیتر مایع گایاکول خالص و سپس ۵۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید اضافه شد و بلافاصله تغییرات جذب نوری در طول موج ۴۳۶ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در فواصل زمانی ۱۵ ثانیه به مدت ۳ دقیقه ثبت گردید.

به منظور اندازه‌گیری غلظت مالون‌دی‌آلدئید، مقدار  $0/5$  گرم از نمونه برگ تازه در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری گردید (Stewart and Bewley, 1980). برای این کار پودر برگ خرد شده درون لوله فالكون‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد، سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار و اسیدیته  $7$  که در درون ظرف یخ قرار داشت به آن اضافه گردید. فالكون‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت  $14000$  دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. سپس ۱ میلی‌لیتر از محلول رویی حاصل از سانتریفوژ به تیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل شده و ۱ میلی‌لیتر محلول  $0/5$  درصد اسید تیوباربیوتیک حاوی اسید تری کلرواستیک ۲۰ درصد به آن افزوده شد. مخلوط در حمام آب داغ ( $100$  درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه حرارت داده شد.

**اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی:** جهت اندازه‌گیری میزان پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد، برای این کار  $0/5$  گرم از نمونه‌های برگ تر تهیه شده در هاون خرد شد. نمونه‌ها درون فالكون‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد، سپس ۵ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید  $3/3$  آماده شده را به آن اضافه نموده و نمونه‌ها درون یخ قرار داده شدند. فالكون‌ها با سرعت  $9000$  دور در دقیقه به مدت ۳۰

$$\text{Chlorophyll a} = \frac{(19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645})V}{100W}$$

معادله ۳

$$\text{Chlorophyll b} = \frac{(19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663})V}{100W}$$

معادله ۴

Carotenoid content =  $100 \frac{(A_{470}) - 3.27(mg chl.a) - 104(mg chl.b)}{227}$   
 $V$  = حجم محلول صاف شده (محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ)،  $W$  = وزن تر نمونه (گرم)،  $A$  = جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر  $W$  = وزن تر نمونه بر حسب گرم.

برای سنجش اندازه‌گیری قندهای محلول در مرحله گرده‌افشانی از برگ پرچم از روش Sheligl (۱۹۸۶) استفاده گردید که برای این کار ۰/۱ گرم از نمونه برگ خشک شده و آسیاب شده، توزین گردید و درون فالکون ریخته شد. مقدار ۱۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰٪ داغ (۷۰ درجه سانتی‌گراد) به ارلن اضافه کرده و به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شد. نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ در طول موج ۴۸۵ نانومتر قرائت شد.

برای سنجش پروتئین برگ از روش روشن Bradford (۱۹۷۶) استفاده شد. مبنای این روش بر اساس اتصال رنگ کوماکسی برلیانت بلو G250 موجود در معرف اسیدی به مولکول پروتئین است. برای سنجش با دستگاه پلیت‌ریدر، یک میلی‌لیتر محلول برادفورد داخل تیوب‌های ۱/۵ میلی‌لیتر ریخته شد و سپس ۴۰ میکرولیتر عصاره به آن اضافه شد و پس از ۲۰ دقیقه جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر اندازه‌گیری شد.

**اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیوماس:** جهت محاسبه عملکرد دانه و بیوماس پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، ابتدا بیوماس وزن و سپس پس از جداکردن کاه و کلش، عملکرد دانه محاسبه گردید.

دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد تا مواد اضافی از محلول جدا گردید. سپس مقدار ۱ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده را درون فالکون‌های ۱۵ میلی‌لیتری جدید ریخته و ۱ میلی‌لیتر اسیدناین‌هیدرین و ۱ میلی‌لیتر اسیداستیک گلاسیال به آن افزوده شد و سپس به خوبی مخلوط گردید. در ادامه مقدار ۲ میلی‌لیتر تولوئن به محلول اضافه شد و به مدت ۲۰ ثانیه با دستگاه ورتکس به هم زده شد. بعد از تکان دادن لوله و ثابت نگه‌داشتن آن دو لایه مجزا تشکیل شد. سپس جذب لایه‌رویی (حاوی تولوئن و پرولین) در طول موج ۵۲۰ نانومتری قرائت شد.

جهت تعیین محتوای آب نسبی برگ بوته‌ها با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید (Soomro et al., 2011):

$$RWC = \left[ \frac{W_F - W_D}{W_T - W_D} \right] \times 100$$

معادله ۱

$RWC$  = درصد محتوای نسبی آب برگ،  $W_F$  = وزن تر برگ،  $W_D$  = وزن خشک برگ،  $W_T$  = وزن آماس برگ. برای سنجش محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی از برگ پرچم پنج بوته به صورت تصادفی جهت اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کارتنوئید، نمونه‌برداری انجام گرفت. مقدار ۰/۵ گرم از بافت برگ با افزایش استون ۸۰ درصد حجم نهایی به ۲۰ میلی‌لیتر رسانده شد. از قسمت کاملاً صاف شده محلول حاصل، برای کاهش ناخالصی‌های احتمالی ۱۸ میلی‌لیتر از این محلول در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه عصاره‌گیری شد (Arnon, 1967) و پس از سانتریفیوژ میزان جذب نور بوسیله عصاره حاصل از دستگاه اسپکتروفوتومتر و در طول موج‌های ۶۶۳ (کلروفیل a)، ۶۴۶ (کلروفیل b) و ۴۷۳ (کارتنوئید) تعیین گردید:

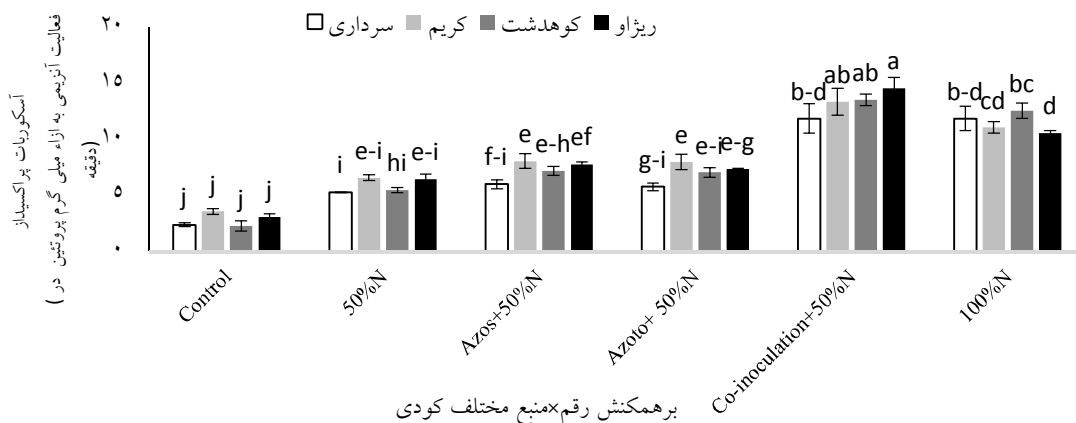
معادله ۲

(جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان از رقم سرداری در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۰/۹ درصدی در میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز گردید (شکل ۱).

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از برنامه آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون دانکن و شکل‌ها با نرم افزار اکسل ترسیم شدند.

### نتایج

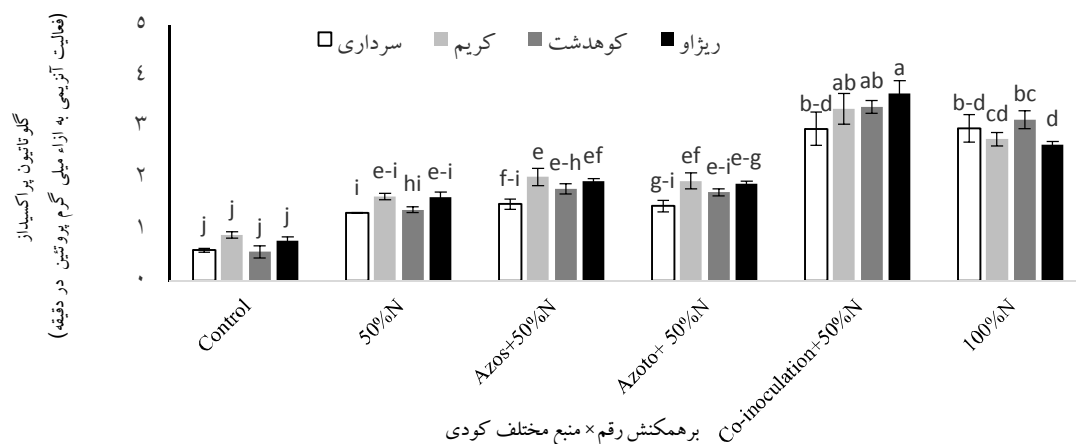
آسکوربات پراکسیداز: اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار گردید



شکل ۱: برهمکنش رقم × منبع مختلف کودی بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز

آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۰/۹ درصدی در فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز گردید (شکل ۲).

گلوتاتیون پراکسیداز: اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری



شکل ۲: برهمکنش رقم×منبع مختلف کودی بر فعالیت گلوتاتیون پراکسیداز

جدول ۳: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی تحت کاربرد کود شیمیایی نیتروژن و باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاه در ارقام مختلف گندم دیم

بیوماس	عملکرد دانه	پروتئین محلول		محتوای آب نسبی	پروئین محلول	قندهای محلول	کلروفیل a	کلروفیل b	کاربوهیدرات	مالون		سوپراکسید	کاتالاز	گلوتاتیون پراکسیداز	آسکوربات	درجه آزادی	منبع تغیر
		دی آلدئید	هیدروژن پراکسیداز														
۱۳۰۷۸۷۹۰/۹	۱۵۴۹۲۹۶/۸	۷/۶۹	۷۸۸۷	۰/۵۷	۱۰۷/۰۱	۶۸/۰۱	۰/۳۶	۰/۳۰	۴۵/۱۹	۲/۶۸	۵۰/۹۰	۴/۶۵	۰/۲۶	۴/۰۶	۲	تکرار	
۳۸۰۴۷۲۸۱/۶	۴۹۲۴۴۴۱/۶	۱/۰۸	۳۴۳/۱	۰/۵۲	۶/۶	۶/۶	۰/۳۶	۰/۳۰	۷۹۷/۴	۱/۵۴	۷/۱۱	۱۵/۶	۰/۳۵	۵/۳	۳	رقم	
۵۰۳۷۰۰۳۳/۹	۷۵۸۲۴۴۷/۰	۸/۴	۱۶۶/۵	۱۰/۷	۲۵/۳	۲۵/۳	۱/۰/۵	۱۳/۳	۶۰۲/۵	۳۸/۰۸	۲۶۹/۱	۷۵/۹	۱۱/۰/۶	۱۷/۶	۵	منبع کودی	
۱۱۷۶۹۵۳/۶	۲۰۱۱۱۱۲/۰	۰/۲۹	۹۳/۳	۰/۹	۰/۵۲	۰/۵۲	۱/۱	۰/۶۷	۱۰۵/۵	۰/۴۶	۶/۸	۲/۲۲	۰/۱۵۷	۰/۸۷	۱۵	برهمکنش	
۴۹۹۵۷۷/۵	۵۸۱۰۷/۹	۰/۱۱	۷/۹	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۰/۶۳	۰/۱۰	۸/۴	۰/۱۶	۳/۹۷	۰/۳۸	۰/۰۵۶	۰/۹	۴۶	خطا	
۱۱/۰۴	۱۱/۸	۳/۰۷	۴/۶	۱۲/۵	۲۰/۱	۲۰/۱	۱۳/۵	۱۱/۵	۳/۴	۱۷/۱	۱۳/۵	۷/۶	۱۱/۸	۱۱/۸۳	-	ضریب تغییرات (درصد)	

\* و \*\*: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

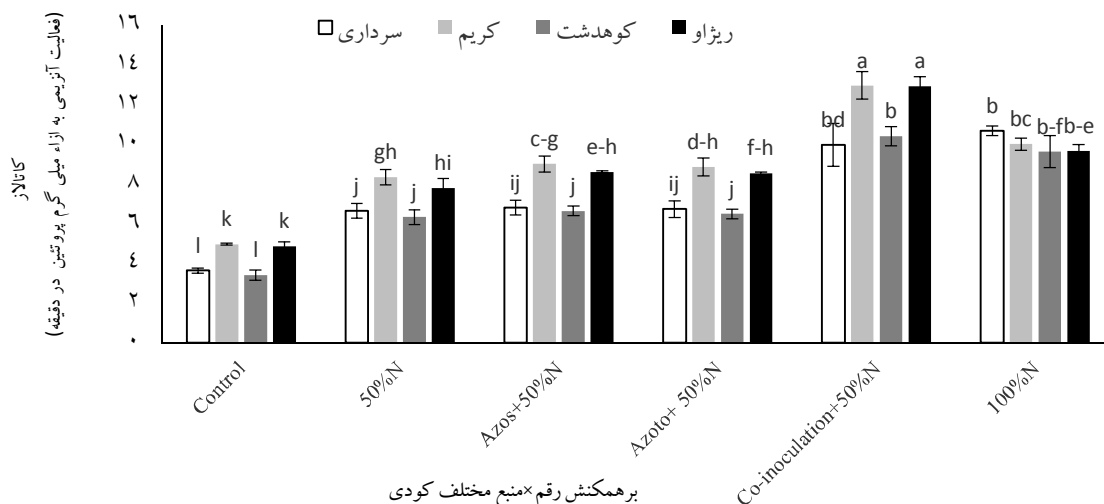
جدول ۴: مقایسه ساده برخی صفات فیزیولوژیک تحت تاثیر رقم و منبع کودی در شرایط دیم

رقم	صفات	قندهای محلول	پرولین (میکرومول بر گرم)	پروتئین محلول برگ (میلی گرم بر گرم وزن تر برگ)
سرداری	۳/۶b	۱/۹c	۱۰/۵c	
کریم	۴/۲b	۲/۲ab	۱۰/۹b	
کوهدشت	۳/۹b	۲/۱b	۱۰/۶c	
ریژاو	۵/۰۲a	۲/۳a	۱۱/۱a	
منابع مختلف کودی				
شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	۲/۱d	۰/۸۵e	۹/۴d	
۵۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	۳/۴c	۱/۶d	۱۰/۵c	
باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۳/۹c	۱/۹c	۱۰/۷c	
باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۳/۸c	۱/۸cd	۱۰/۶c	
باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۶/۲a	۳/۴a	۱۱/۸a	
۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۵/۴b	۳/۰۲b	۱۱/۵b	

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

کاتالاز: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود کاتالاز: اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود

شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۷۱/۷ درصدی در میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گردید (شکل ۳).



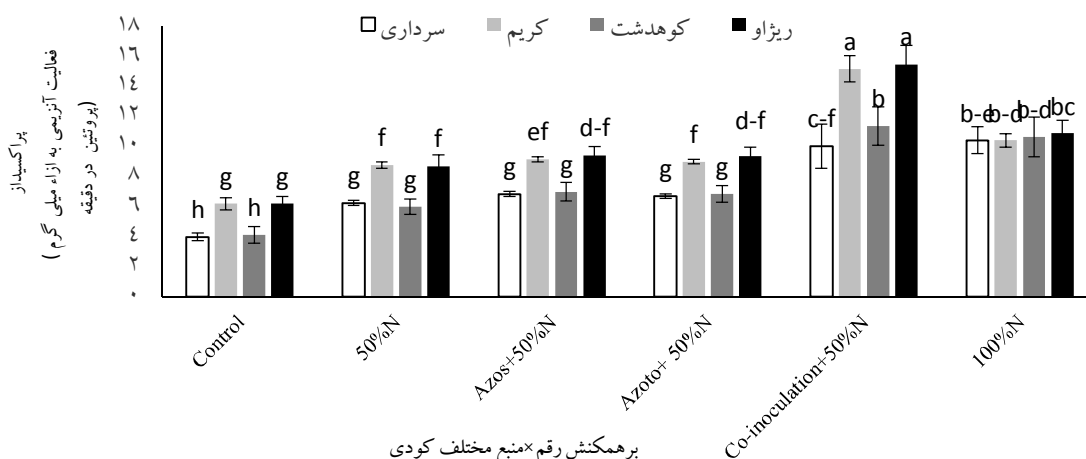
شکل ۳: برهمکنش رقم × منبع مختلف کودی بر فعالیت کاتالاز



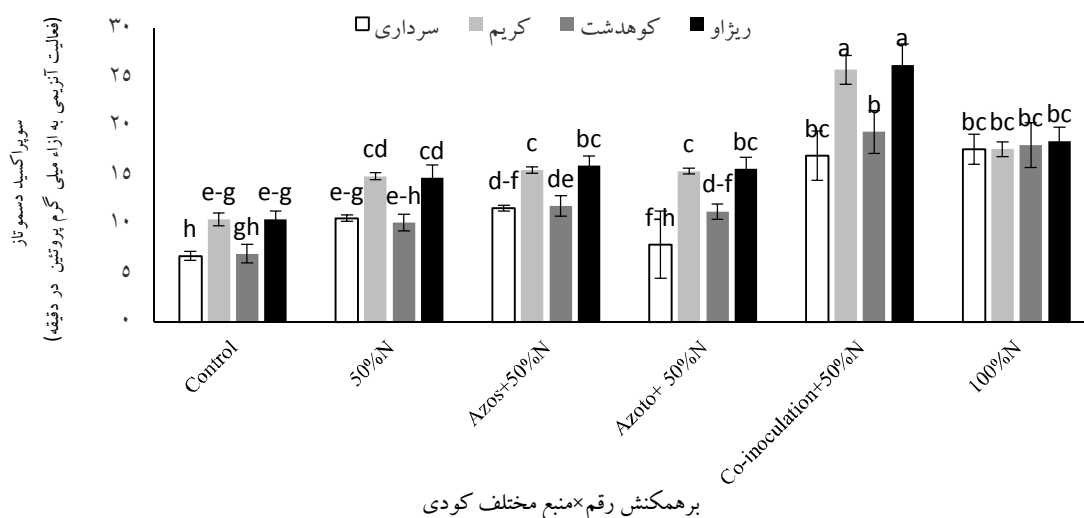
مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۷۴/۱ درصدی در میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددسموتاز گردید (شکل ۵).

پراکسیداز: اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۷۴/۱ درصدی در میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گردید (شکل ۴):

سوپراکسیددسموتاز: اثر برهمکنش رقم × منابع



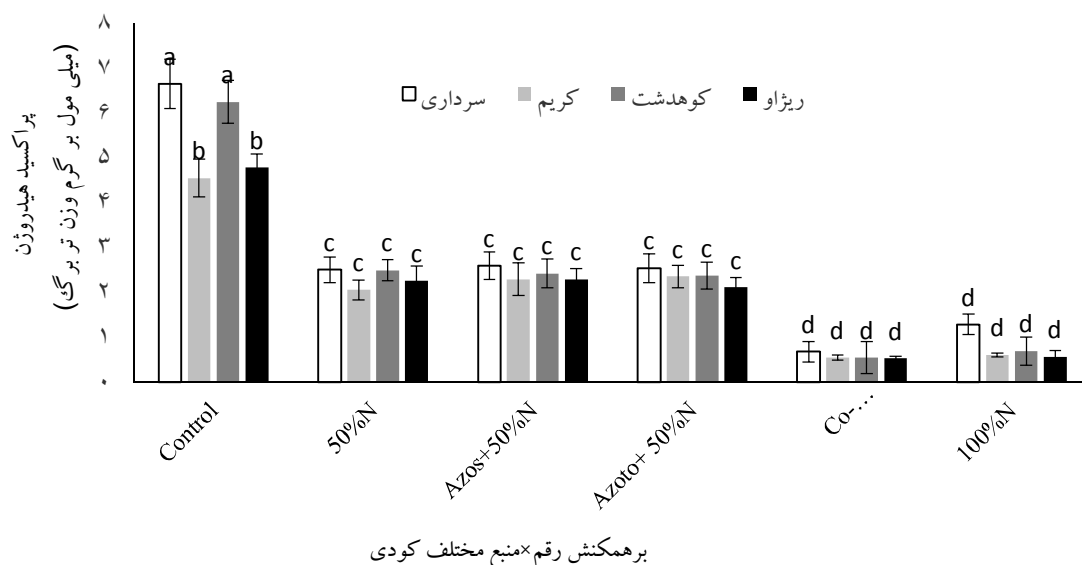
شکل ۴: برهمکنش رقم×منبع مختلف کودی بر فعالیت پراکسیداز



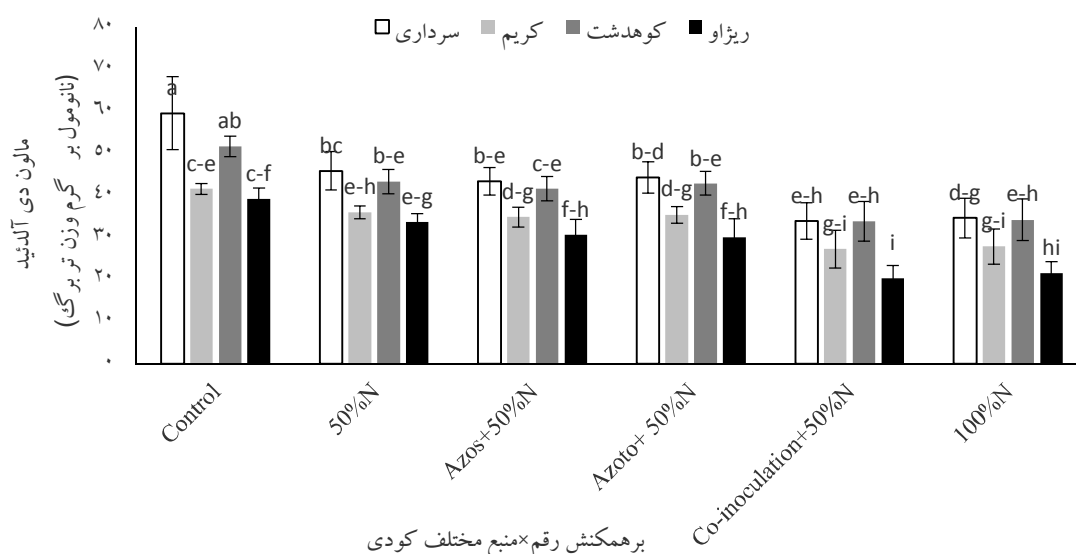
شکل ۵: برهمکنش رقم×منبع مختلف کودی بر سوپراکسید دسموتاز پراکسیداز

پراکسید هیدروژن: اثر بر همکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر پراکسید هیدروژن معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین تجمع پراکسید هیدروژن از رقم سرداری و در تیمار شاهد و کمترین میزان آن در رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بدست آمد، که موجب افزایش ۹۱/۸ درصدی پراکسید هیدروژن در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) گردید (شکل ۶).

مالون دی آلدئید: اثر بر همکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر مالون دی آلدئید معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین تجمع مالون دی آلدئید از رقم سرداری و در تیمار شاهد و کمترین میزان آن از رقم ریژاو و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن بدست آمد، که موجب افزایش ۶۵/۹ درصدی در تجمع مالون دی آلدئید در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) گردید (شکل ۷).



شکل ۶: بر همکنش رقم × منبع مختلف کودی بر میزان پراکسید هیدروژن



شکل ۷: بر همکنش رقم × منبع مختلف کودی بر میزان مالون دی آلدئید

از باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه موجب افزایش قندهای محلول برگ گردید به طوری که تیمار باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) دارای کمترین میزان قندهای محلول برگ بود (جدول ۴).

**پرولین:** بر اساس نتایج واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش، اثرات اصلی رقم و منابع مختلف کودی بر میزان پرولین معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم ریژا و سرداری بترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان پرولین بودند (جدول ۴). در این پژوهش مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه موجب افزایش میزان پرولین گردید، به طوری که تیمار باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) دارای کمترین میزان پرولین بود (جدول ۴).

**محتوای آب نسبی:** اثر برهمکنش رقم×منابع کودی در سطح احتمال یک درصد بر محتوای آب نسبی معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین محتوای آب نسبی از رقم ریژا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان آن از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۴۵/۴ درصدی در محتوای آب نسبی گردید (جدول ۵). واکنش برهمکنش ارقام مورد استفاده در تلقیح با باکتری‌های افزایشنده رشد گیاه متفاوت بود. ارقام ریژا و کریم واکنش بهتری به آزوسپریلیوم و ازتوباکتر از خود نشان دادند و افزایش معنی‌دار در این ارقام برای صفت میزان محتوای آب نسبی مشاهده شد.

**پروتیین محلول برگ:** بر اساس نتایج واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش، اثرات اصلی رقم و

**کاروتنوئیدها:** اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان کاروتنوئید معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان کاروتنوئید از رقم ریژا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان آن از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۷۲/۱ درصدی در میزان کاروتنوئید گردید (جدول ۵).

**کلروفیل a:** اثر برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر کلروفیل a معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a از رقم ریژا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان آن از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۶/۱ درصدی در میزان کلروفیل a گردید (جدول ۵).

**کلروفیل b:** اثر برهمکنش رقم×منابع مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد بر میزان کلروفیل b معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل b از رقم ریژا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین میزان آن از رقم سرداری و در تیمار شاهد بدست آمد، که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) موجب افزایش ۸۸/۲ درصدی در میزان کلروفیل b گردید (جدول ۵).

**قندهای محلول برگ:** بر اساس نتایج واریانس داده‌های حاصل از این پژوهش، اثرات اصلی رقم و منابع مختلف کودی بر قندهای محلول برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم ریژا و سرداری بترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان قندهای محلول برگ بودند (جدول ۴). در این پژوهش مشاهده گردید که استفاده

تحت تاثیر برهمکنش رقم، × منابع مختلف کودی اختلاف معنی‌داری نشان دادند (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه و بیوماس از رقم ریژا و تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و کمترین عملکرد دانه و بیوماس از رقم سرداری و در تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) حاصل شد، که نسبت به شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) بترتیب موجب افزایش ۸۶/۳ و ۷۹/۹ درصدی در عملکرد دانه و بیوماس گردید (جدول ۵).

منابع مختلف کودی بر میزان پروتیین محلول برگ معنی‌دار گردید (جدول ۳). رقم ریژا و سرداری بترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان پروتیین محلول برگ بودند (جدول ۴). در این پژوهش مشاهده گردید که استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد گیاه موجب افزایش پروتیین محلول برگ گردید، به طوری که باکتری آزوسپریلیوم+ازتوباکتر+۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین و تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) دارای کمترین میزان پروتیین محلول برگ بودند (جدول ۴).

**عملکرد دانه و بیوماس: عملکرد دانه و بیوماس نهایی**

**جدول ۵: مقایسه برهمکنش رقم × منابع مختلف کودی بر برخی صفات فیزیولوژیکی در شرایط دیم**

رقم	منابع مختلف کودی	کارتونید (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	a کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	b کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	محتوای آب نسبی (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	بیوماس (کیلوگرم در هکتار)
	شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	۱/۲۸i	۰/۵i	۰/۴g	۵۰/۳۳l	۵۳۴/۷۵	۲۱۷۳/۷n
	۵۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	۲/۱۳e-g	۱/۲۳gh	۱/۱۳f	۵۰/۳۳l	۹۷۷/۰۵mn	۳۵۴۴/۰۴ml
	باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۲۶ef	۱/۴e-g	۱/۳ef	۶۱ij	۱۲۸۱/۶ml	۴۳۶۱/۷kl
سرداری	باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۲e-g	۱/۳۳fg	۱/۲۲ef	۶۰i	۱۳۳۵/۵ml	۴۵۰۵/۹kl
	باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۴/۰۷bc	۲/۸۷bc	۲/۸۷ac	۷۸de	۱۹۲۸/۹h-k	۵۹۷۹/۷h-j
	۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۳/۷۵c	۲/۶۲bc	۲/۵۴bc	۷۴ef	۲۰۵۳/۸g-k	۶۳۱۳/۹f-j
	شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	۱/۵۵hi	۰/۸hi	۰/۷g	۵۱/۳l	۹۹۰/۳mn	۳۶۴۶/۷l
	۵۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	۲/۴d-f	۱/۵۵d-g	۱/۳۱ef	۶۶g-i	۲۲۳۹/۹e-i	۷۲۰۵/۳e-h
	باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۹۴d	۱/۹۳d	۱/۸۲d	۶۹k	۲۳۱۳/۲e-i	۷۲۹۹/۲e-g
کریم	باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۴۲d-f	۱/۸۸de	۱/۸d	۶۷/۶۶gh	۲۲۳۴/۹e-i	۷۰۹۵/۲e-i
	باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۴/۵۴ab	۳/۲ab	۳/۱۶ab	۸۶/۳b	۳۵۷۱/۵ab	۱۰۳۱۴/۵ab
	۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۳/۹۳c	۲/۸۸c	۲/۷۸c	۷۹c-e	۲۹۴۲/۱d-f	۸۷۰۸/۸de
	شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	۱/۴۱hi	۰/۴vi	۰/۳۷g	۵۰/۳l	۵۸۸/۸on	۲۳۸۵/۱mn
	۵۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	۲/۳ef	۱/۲۹fg	۱/۱۹ef	۵۸/۳۳jk	۱۶۶۰/۴kl	۵۴۷۸/۵jk
	باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۴۶d-f	۱/۷d-g	۱/۶d-f	۶۲/۳۳h-j	۱۸۹۵/۵i-k	۶۱۰۰/۹g-j
کوه‌دشت	باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۴۱d-f	۱/۶۳d-g	۱/۵۲d-f	۶۰/۶۶ij	۱۸۲۰/۲jk	۵۸۸۱/۶ij
	باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۴/۰۸bc	۳/۲۶ab	۳/۲ab	۸۲/۳۳b-d	۲۷۱۷/۳de	۸۱۰۲/۶de
	۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۳/۹۲bc	۲/۶۷bc	۲/۵۷bc	۷۶/۶۶e	۲۶۸۶cd	۸۰۵۲/۱cd
	شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی)	۱/۶۶g-i	۰/۶۸i	۰/۵۸g	۵۴kl	۹۸۲/۸mn	۳۵۷۵/۰۹ml
	۵۰ درصد در هکتار کود شیمیایی نیتروژن	۲/۳۵ef	۱/۷۴d-g	۱/۶۴de	۶۹fg	۲۲۵۹/۴e-i	۷۳۱۴/۸e-g
	باکتری آزوسپریلیوم + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۵۸de	۱/۸۶d-f	۱/۶۶de	۷۰/۶۶fg	۲۴۲۷/۷e-g	۷۷۶۰/۱de
ریژا	باکتری ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۲/۳۵de	۱/۸۱d-g	۲/۳۳d-f	۶۹/۳fg	۲۳۶۱/۹e-h	۷۵۷۰/۵d-f
	باکتری آزوسپریلیوم + ازتوباکتر + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۴/۶a	۳/۶a	۳/۴۱a	۹۱/۶a	۳۸۲۵/۹a	۱۰۸۱۱/۸a
	۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن	۴/۰۶c	۳/۰۵c	۲/۹۵c	۸۳/۶bc	۳۲۶۵/۶bc	۹۴۵۰/۷bc

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حرف مشترک می‌باشند بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

## بحث

یکی از اثراتی زیانبار که توسط محدودیت آب روی گیاهان گذاشته می‌شود تولید گونه‌های فعال اکسیژن که این امر سبب تخریب پروتئین و لیپیدهای غشاء گیاه می‌گردد. گیاهان برای مقابله با گونه‌های فعال اکسیژنی تولید آنتی‌اکسیدان‌هایی مثل پراکسیداز و کاتالاز را افزایش می‌دهد (Amani et al., 2016). کاتالاز سلول‌های گیاهی را از سمیت پراکسیدروژن که در نتیجه فعالیت‌های متابولیکی سلول تولید می‌گردند، حفظ و نگهداری می‌نماید (Luna et al., 2005). در پژوهش‌های Naseri و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان داده شد که ازتوباکتر نسبت به شاهد (عدم تلقیح) تاثیر معنی‌داری روی فعالیت آنزیم کاتالاز داشته و در حضور این باکتری فعالیت کاتالاز افزایش ۶۸/۸ درصدی داشت. در مطالعات Islam و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده شد که باکتری‌های افزاینده رشد گیاه موجب افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت سوپر اکسیددسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز و همچنین موجب کاهش پراکسیدروژن و مالون دی‌آلدئید گردید. باکتری‌های افزاینده رشد گیاه از طریق تولید فعالیت آنتی‌اکسیدانتی یا تعدیل کردن سیستم فتوسنتز خسارت گونه‌های اکسیژن فعال را کم و گیاه را در برابر حضور این گونه‌های اکسیژن فعال محافظت و از آسیب آن به گیاه ممانعت بعمل می‌آورد (Young et al., 2013). در گزارش‌های Sandhya و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داده شد که نشست‌پذیری غشاء در شرایط تنش کم‌آبی افزایش و تلقیح گیاه با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه در مقایسه با تیمار عدم تلقیح موجب کاهش نشست‌پذیری شد. این کاهش نشست‌پذیری را در تیمارهای تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه به دلیل کاهش در تاثیر بازدارندگی روی ریشه و توسعه بیشتر سیستم ریشه برای جذب آب عنوان کردند (Zahir et al., 2008). استفاده کودهای شیمیایی، سبب

زیادشدن جذب نیتروژن در گیاه می‌گردد و از آنجایی که میزان کاروتنوئیدها با نیتروژن در ارتباط مستقیم بوده، با زیادشدن میزان نیتروژن گیاه، میزان کاروتنوئیدها هم افزایش می‌یابد. کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه، دسترسی بیشتر گیاه به نیتروژن را به همراه دارد و این عنصر غذایی پرمصرف که در ترکیب اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک، ریبوزوم‌ها، پروتئین‌ها مشارکت داشته و جزء مهمی از مولکول‌های کلروفیل و روبیسکو می‌باشد، با افزایش رشد سبزینه‌ای گیاه، اثرات مستقیمی بر میزان عملکرد اقتصادی محصول دارد (Gul et al., 2015). همچنین افزایش وزن خشک ذرت و میزان کلروفیل برگ گندم در نتیجه تلقیح باکتری‌های افزاینده رشد گیاه گزارش شده است (Shaharoon et al., 2006). دلیل این تفاوت، میزان نیتروژن در دسترس گیاه می‌باشد، چون نیتروژن تأثیر مستقیم و قطعی در ساختمان کلروفیل دارد لذا تأمین کافی نیتروژن از طریق استفاده از کود شیمیایی نیتروژنه و همچنین تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم باعث افزایش میزان فتوسنتز و همچنین میزان تولید کلروفیل گردید (Amani et al., 2016). گزارش‌ها نشان داده که تلقیح باکتریایی نسبت به شاهد بر گیاه آفتابگردان، فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان رنگدانه‌های کلروفیل a, b و کاروتنوئیدها افزایش در نهایت رشد آفتابگردان زیادت‌ر شد (Marius et al., 2005). دستگاه فتوسنتز یکی از فرایندهای فیزیولوژیکی حساس به گرما و محدودیت آب بوده (Wahid et al., 2007) و کم‌شدن میزان فتوسنتز به دلیل تنش گرما سبب کاهش رشد گیاه و در نهایت عملکرد دانه در گندم می‌شود (Talukder et al., 2014). علت کم‌شدن کاهش میزان فتوسنتز در تنش گرمایی از طریق تخریب در عملکرد و ساختمان کلروپلاست و کم‌شدن در میزان کلروفیل (Xu et al., 1995)، پیری زودرس در برگ (Talukder et al.,

گیاه شده که این امر سبب افزایش بیوماس می‌گردد (Bilal et al., 2017). نشان داده شده‌است که در باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، بیوماس گندم به دلیل جذب عناصر غذایی افزایش یافته که علت این موضوع را به جهت نقش این عناصر غذایی در کارکردهای فیزیولوژیکی (افزایش میزان فتوسنتز) گیاه عنوان کردند (Nasari et al., 2017).

### نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد دانه ارقام گندم به واسطه همکاری با باکتری‌های آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در شرایط دیم، افزایش یافت. با بررسی نتایج صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی مشخص گردید که در تمامی ارقام مورد استفاده و در حضور باکتری حداکثر صفات فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی بدست آمد، به‌طوری‌که رقم گندم جدید ریژا $\times$  تحت کاربرد باکتری آزوسپریلیوم+ ازتوباکتر+ ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن دارای بیشترین رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای آب نسبی برگ، فعالیت آنزیم‌های گلوکاتیون‌سنتاز، آسکوربات-پراکسیداز، آنزیم سوپر اکسیداسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز و کمترین میزان مالون دی‌آلدئید و پراکسید هیدروژن در این تیمار مشاهده شد. بنابراین با توجه به اینکه در زراعت دیم استان ایلام که میزان بارندگی مورد نیاز تامین نمی‌شود، لازم و ضروری است که گندم از نظر بالابودن خصوصیات فیزیولوژیکی و داشتن فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در سطح بالایی باشد، که بتواند عملکرد قابل قبولی را تولید نماید، که این امر توسط باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه قابل دسترس می‌باشد.

و کم‌شدن میزان سطح سبز برگ که در فاز زایشی گیاه اتفاق می‌افتد که متعاقب آن روی رشد و عملکرد دانه اثر منفی می‌گذارد (Wang et al., 2011). در مطالعات Ansary و همکاران (۲۰۱۲) بر ذرت نشان داده شد که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه دارای اثر معنی‌داری بر صفات فیزیولوژیکی می‌باشد، به گونه‌ای که در حضور این باکتری‌ها میزان پرولین افزایش نشان داد. در گزارش‌ها Naveed و همکاران (۲۰۱۴) نشان داده شد که محتوای آب نسبی در زمان استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه افزایش یافت. کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان تحت شرایط کم‌آبی باعث محدودشدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آن‌ها می‌گردد (Heidari, 2013 and Karami, 2013). Maghsoudi و همکاران (۲۰۱۴) افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود زیستی را افزایش ظرفیت نگهداری آب، فعالیت‌های کودزیستی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در خاک عنوان کردند. استفاده از ازتوباکتر موجب تحریک رشد و استقرار گیاه در ابتدای فصل رشد و دستیابی به حداکثر سطح برگ از طریق افزایش فعالیت آنزیم نیتروژناز در ریشه گندم گردیده و سبب فراهمی بیشتر نیتروژن و از این طریق عملکرد دانه را افزایش می‌دهد (Hassanpour and Zand, 2014). Amani و همکاران (۲۰۱۶) افزایش عملکرد دانه ذرت با کاربرد کود زیستی نیتروکسین را گزارش نمودند و علت آن را در دسترس نمودن عناصر غذایی توسط میکروارگانیزم‌ها از طریق ترشح مواد محرک رشد از جمله اکسین، جیبرلین و سیتوکنین و افزایش رشد ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی برای گیاه اعلام کردند که منتج به افزایش عملکرد می‌شوند. باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی مثل تثبیت‌کنندگی نیتروژن و تولید برخی ویتامین‌ها، موجب جذب آب و عناصر غذایی برای

## References

- Almeselmani, M., Deshmukh, P.S. and Sairam, R.K. (2009).** High temperature stresstolerance in wheat genotypes: role of antioxidant defence enzymes. *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 57: 1-14.
- Arnon, A.N. (1976).** Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal*. 23: 112-121.
- Amani, N., Sohrabi Y. and Heidari, G. (2016).** Yield and Some Physiological Characteristics in Maize by Application of Bio and Chemical Fertilizers Under Drought Levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 27 (2): 65-83.
- Ansary, M.H., Asadi Rahmani, H., Ardakani, M.R., Paknejad, F., Habibi, D. and Mafakheri, S. (2012).** Effect of *Pseudomonas fluorescent* on Proline and Phytohormonal Status of Maize (*Zea mays* L.) under Water Deficit Stress. *Annals of Biological Research*. 3(2):1054-1062.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. (1973).** Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39 (1): 205-207.
- Bilal, M., Ayub, M., Tariq, M., Tahir, M. and Nadeem, M.A. (2017).** Dry matter yield and forage quality traits of oat (*Avena sativa* L.) under integrative use of microbial and synthetic source of nitrogen. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 16: 236-241.
- Bradford, M.M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Chakraborty, U., Chakraborty, B.N., Chakraborty, A.P. and Dey, P.L. (2013).** Water stress amelioration and plant growth promotion in wheat plants by osmotic stress tolerant bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 29: 789-803.
- Chance, B. and Maehly, A.C. (1955).** Assays of Catalases and Peroxidases. In: *Methods in Enzymology*. (Colowick SP, Kaplan NO, eds.). Academic Press, New York, II, 764-775.
- Dhindsa, R.S. (1981).** Leaf senescence: correlated with increased levels of membrane permeability and lipid peroxidation, and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*. 32 (1): 93-101.
- Gul, S., Khan, M.H., Khanday, B.A. and Nabi, S. (2015).** Effect of sowing methods and NPK levels on growth and yield of rainfed maize (*Zea mays* L.). *Scientifica*. 1-6.
- Hassanpour, J. and Zand, B. (2014).** Effect of wheat (*Triticum aestivum* L.) seed inoculation with bio-fertilizers on reduction of drought stress damage. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*. 1(2): 1-12.
- Heidari, M. and Karami, V. (2013).** Study the effect of drought stress and mychorizal strains on grain and its components of chlorophyll content and biochemical componends in sufflower. *Envirenmental Stresse in Crop Sciences*. 6 (1): 17-26.
- Islam, F., Yasmeen, T., Ali, Q., Ali, S., Arif, M.S., Hussain, S. and Rizvi, H. (2014).** Influence of *Pseudomonas aeruginosa* as PGPR on oxidative stress tolerance in wheat under Zn stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 104: 285-93.
- Kaur, R., Bains, T.S., Bindumadhava, H. and Nayyar, H. (2015).** Responses of mungbean (*Vigna radiata* L.) genotypes to heat stress: Effects on reproductive biology, leaf function and yield traits. *Scientia Horticulturae*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.015>.
- Kaushal, N., Awasthi, R., Gupta, K., Gaur, P., Siddique, K.H.M. and Nayyar, H. (2013).** Heat-stress induced reproductive failures in chickpea (*Cicer arietinum* L.) are associated with impaired sucrose metabolism in leaves and anthers. *Functional Plant Biology*. 40: 1334-1349.
- Kumar, S., Kaur, R., Kaur, N., Bhandhari, K., Kaushal, N., Gupta, K., Bains, T.S. and Nayyar, H. (2011).** Heat-stress induced inhibition in growth

- and chlorosis in mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) is partly mitigated by ascorbic acid application and is related to reduction in oxidative stress. *Acta Physiologiae Plantarum*. 33: 2091-2101.
- Luna, C.M., Pastori, G.M., Driscoll, S., Groten, K., Bernard, S. and Foyer, C.H. (2005).** Drought controls on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> accumulation, catalase (CAT) activity and CAT gene expression in wheat. *Journal of Experimental Botany*. 56: 417-423.
- Mac-Adam, J.W., Nelson, C.J. and Sharp, R.E. (1992).** Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. *Plant Physiology*. 99(3): 872-878.
- Maghsoudi, E., Ghalavand, A. and Aghaalikhani, M. (2014).** Effect management strategies fertilizer nitrogen and biological on morphological traits, yield and quality traits corn (S.C. 704). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 12(2): 273-282.
- Marius, S., Octavita, A., Eugen, U. and Vlad, A. (2005).** Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistanian Journal of Biological Science*. 6 (6): 539-543.
- Nakano, Y., and Asada, K. (1981).** Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*. 22: 867-880.
- Nasari, R., Soleymani Fard, A., Mirzaeir, A., Darabi, F. and Fathi, A. (2019).** The effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria on activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics and root growth of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land conditions of Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research*. 10 (2): 62-76.
- Nasari, R., Barary, M., Zarea, M.J., Khavazi, K. and Tahmasebi, Z. (2017).** Effect of Phosphate Solubilizing Bacteria and Mycorrhizal fungi on some activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics of wheat under dry land conditions. *Iranian Journal of Dryland Agriculture*. 6 (1): 1-34.
- Naveed, M., Baqir Hussain, M., Zahir, Z.A., Mitter, B. and Sessitsch, A. (2014).** Drought stress amelioration in wheat through inoculation with *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. *Plant Growth Regular*. 73: 121-131.
- Saghafi, K., Ahmadi, J., Asgharzadeh, A. and Bakhtiari, S. (2013).** The effect of microbial inoculants on physiological responses of two wheat cultivars under salt stress. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 1(4): 421-431.
- Sandhya, V., Ali, S.Z., Grover, M., Reddy, G., and Venkateswarlu, B. (2010).** Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. On compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation*. 62:21-30.
- Schutz, M. and Fangmeir, E. (2001).** Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO<sub>2</sub> and water limitation. *Environmental Pollution*. 114: 187-194.
- Sharifi, P. and Amirusefi, M. (2017).** Effects of nitrogen and azotobacter on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Roushan. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*. 27 (2): 125-144.
- Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z.A. and Khalid, A. (2006).** Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*. 38 (9): 2971-2975.
- Sheligi, H.Q. (1986).** Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal*. 47-51.
- Soomro, M., Markhand, H. and Soomro, B.A. (2011).** Screening Pakistani cotton for drought tolerance. *Pakistan Journal of Botany*. 44 (1): 383-388.



- Stewart, R.R. and Bewley, J.D. (1980).** Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. *Plant Physiology*. 65 (2): 245-248.
- Talukder, A.S.M.H.M., McDonald, G.K. and Gill, G.S. (2014).** Effect of short-term heat stress prior to flowering and early grain set on the grain yield of wheat. *Field Crops Research*. 160:54-63.
- Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M. and Foolad, M.R. (2007).** Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany*. 61: 199-223.
- Wang, X., Cai, J., Jiang, D., Liu, F., Dai, T. and Cao, W. (2011).** Pre-anthesis high-temperature acclimation alleviates damage to the flag leaf caused by post-anthesis heat stress in wheat. *Journal of Plant Physiology*. 168: 585-593.
- Tewari, A.K. and Tripathy, B.C. (1998).** Temperature-stress-induced impairment of chlorophyll biosynthetic reactions in cucumber and wheat. *Plant Physiology*. 117: 851-858.
- Young, L.S., Hameed, A., Peng, S.Y., Shan, Y.H. and Wu, S.P. (2013).** Endophytic establishment of the soil isolate *Burkholderia* sp. CC-A174 enhances growth and P-utilization rate in maize (*Zea mays* L.). *Applied Soil Ecology*. 66: 40-47.
- Xu, Q.A., Paulsen, A.Q., Guikema, J.A. and Paulsen, G.M. (1995).** Functional and ultrastructural injury to photosynthesis in wheat by high-temperature during maturation. *Environmental Journal of Experimental Botany*. 35: 43-54.
- Zahir, Z.A., Munir, A., Asghar, H.N., Arshad, M. and Shaharoon, B. (2008).** Effectiveness of rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promotion of peas (*Pisum sativum*) under drought conditions. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 18: 958-963.