

اثر کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عناصر دانه ارقام نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط دیم کرمانشاه

فردین مؤمنی^۱، علیرضا ابدالی مشهدی^{۲*}، سید عطاءاله سیادت^۳، بابک پاکدامن سردرود^۴ و مختار قبادی^۵

(۱) دانشجوی دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

(۲) دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

(۳) استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

(۴) استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، اهواز، ایران.

(۵) دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

*نویسنده مسئول: alirezaabdali@asnrukh.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲۸

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۱۵

چکیده

در این آزمایش اثر کودهای زیستی (عدم کاربرد کودهای زیستی، باکتری بیوسوپرفسفات، باکتری بیوسولفور، باکتری ریزوبیومی و قارچ میکوریز) و محلول پاشی اسید سالیسیلیک (عدم کاربرد، مصرف نیم و یک میلی مولار) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عناصر دانه دو رقم نخود (بیونیک و آزاد) به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط دیم در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در کرمانشاه انجام شد. بیشترین میزان پروتئین در ارقام بیونیک و آزاد در تیمار اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی مولار همراه با بیوسوپرفسفات (به ترتیب ۰/۴۹ و ۰/۴۸ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ)، بالاترین میزان قند محلول برگ در تیمار یک میلی مولار اسید سالیسیلیک در ارقام بیونیک همراه با میکوریز و آزاد همراه با ریزوبیوم (به ترتیب ۲/۴۹ و ۲/۴۸ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ) و بیشترین میزان پروتئین محلول در تیمار یک میلی مولار اسید سالیسیلیک و همراه با میکوریز و بیوسولفور (به ترتیب ۰/۱۷۲ و ۰/۱۶۷ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ) به دست آمد. بالاترین میزان پروتئین دانه در رقم آزاد با کاربرد بیوسولفور و میکوریز (۲۴/۸۳ درصد)، بیشترین رافینوز دانه (۰/۸۵۳ درصد) در رقم آزاد و با تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی، بیشترین میزان پنتاسیم دانه (۹۷۱/۶۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم) در تیمار یک میلی مولار اسید سالیسیلیک همراه با قارچ میکوریز، بالاترین عملکرد دانه (۱۸۲۱) کیلوگرم در هکتار) با محلول پاشی اسید سالیسیلیک نیم میلی مولار به همراه ریزوبیوم در رقم بیونیک به دست آمد. محلول پاشی ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک همراه با باکتری ریزوبیومی و قارچ میکوریز علاوه بر بهبود ویژگی بیوشیمیایی و محتوای عناصر، منجر به افزایش ۳۱ درصدی عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد گردید که به لحاظ اقتصادی بسیار قابل توجه بود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، رافینوز، ریزوبیوم، عملکرد دانه و نیتروژن.

مقدمه

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک، نخود زراعی^۱ مهم‌ترین گیاه از تیره بقولات است (Awari et al., 2017). در سال زراعی ۱۳۹۷ سطح زیرکشت نخود دیم در ایران ۵۳۱۴۳۱ هکتار بود که از این میزان ۲۲۰۰۲ هکتار آبی و ۵۰۹۴۳۰ هکتار دیم بود (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۸). تنش خشکی، رشد گیاه را با ایجاد دگرگونی‌های ریخت‌شناختی در ساختار گیاه و نیز با تأثیر بر چندین فرآیند زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، تنفس، متابولیسم عناصر غذایی و جذب، تراوایی غشاهای سلولی و پایداری آن‌ها و روابط آبی تحت تأثیر قرار می‌دهد (Jaleel et al., 2009). اسید سالیسیلیک به‌عنوان یک آنتی اکسیدانت غیرآنزیمی بالقوه و یک سیگنال مولکولی مهم برای تغییر پاسخ‌های گیاه سویا به تنش محیطی عمل می‌کند (Simaei et al., 2011). نقش اسید سالیسیلیک در بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی مانند پروتئین‌های محلول، پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی و میزان هورمون‌های گیاهی در نتیجه افزایش عملکرد گیاه جو در شرایط تنش شوری نشان داده شده است (Pakar et al., 2016). یکی از ساز و کارهای گیاهان در برابر تنش، انباشت پرولین در سلول است. نقش پرولین در تنظیم اسمزی، پایداری غشاء و دفع مسمومیت یون‌های زیانبار در گیاهان تنش دیده است (Ashraf and Foolad, 2007). پرولین حلالیت پروتئین‌ها و آنزیم‌های گوناگون را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از تغییر ماهیت آنها جلوگیری می‌کند (نورزاد و همکاران، ۱۳۹۴). اصطلاح کود زیستی به انبوه متراکم یک یا چند نوع جاندار سودمند و یا فرآورده متابولیکی آن‌ها گفته می‌شود که برای فراهم کردن عناصر غذایی و نیازهای هورمونی گیاه تولید و عرضه می‌شوند (لطیفی و امیدی، ۱۳۹۸). کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (گرگینی شبانکاره و خراسانی نژاد، ۱۳۹۶). کاربرد برخی کودهای زیستی و استفاده از موادی مانند اسید سالیسیلیک شاید تا اندازه‌ای جذب عناصر غذایی توسط گیاه و انباشت آن‌ها در اندام‌های گوناگون آن را افزایش دهند. یکی از راه‌های افزایش قابلیت جذب فسفر استفاده از مواد زیستی می‌باشد (پزشکپور و همکاران، ۱۳۹۳). در این زمینه اثر مثبت میکوریز در سیستم‌های زراعی در ارتباط با نقش مؤثر این قارچ در جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر می‌باشد (Roesti et al., 2006). میکوریز در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب عناصر غذایی غیر متحرک، به‌ویژه فسفر و چندین ریزمغذی دیگر تأثیر سودمندی دارد. بنابراین قارچ‌های میکوریز دارای کارکرد چند منظوره در بوم نظام‌های زراعی هستند، به‌گونه‌ای که به بهبود کیفیت فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک می‌انجامند (Abdul-Jaleel et al., 2007). با نگرش به‌مواد غذایی ارزشمند نخود و فراهم کردن عناصر غذایی قشر فقیر جامعه با مصرف این محصول، نخود را در رده محصولات غذایی پر مصرف در ایران قرار داده است.

1- *Cicer arietinum* L.

با توجه به اینکه عملکرد تولید نخود در ایران نزدیک به یک‌دوم میانگین عملکرد جهانی است، بهبود عملکرد این محصول با روش‌های به زراعی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. از این رو، این پژوهش برای بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک بر ویژگی زیست شیمیایی، انباشت عناصر و عملکرد دانه دو رقم نخود (بیونیک و آزاد) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی در شهر کرمانشاه اجرا شد. شهرستان کرمانشاه با ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا دارای میانگین بلند مدت بارندگی ۴۵۰-۴۸۰ میلی‌متر است. در این آزمایش، دو رقم بیونیک (محلی) و آزاد (اصلاح شده) از نخود، سه سطح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (عدم کاربرد، مصرف نیم و یک میلی‌مولار) و کودهای زیستی در پنج سطح شاهد، باکتری بیوسوپرفسفات^۱، باکتری بیوسولفور^۲، باکتری ریزوبیوم^۳ و قارچ میکوریز^۴ در آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شرایط دیم اجرا شد. اعمال تیمارهای محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک روی برگ‌ها، نزدیک دو هفته قبل از گل‌دهی آغاز و به مدت ۲۰ روز ادامه یافت (رجبی و همکاران، ۱۳۹۱). اعمال تیمارهای کودهای زیستی هنگام کشت بذر انجام شد. باکتری بیوسولفور به میزان شش کیلوگرم در هکتار به همراه ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بنتونیت-دار ۹۰ درصد و کود دامی پوسیده به روش شیاری در زیر و کنار بذر (پیرو راهنمایی فنی کارشناسان شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیای تهران) به کار گرفته شد. قارچ میکوریز به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و اختلاط با خاک منطقه گسترش ریشه (پیرو راهنمایی فنی شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیای تهران) به کار گرفته شد. دانه‌های ارقام نخود با بهره‌گیری از محلول چسباننده (صمغ عربی) و به روش پاششی^۵ با زادمایه باکتری ریزوبیوم به میزان هفت گرم زادمایه که هر گرم آن ۱۰^۷ عدد باکتری زنده و فعال است و در بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب خالص‌سازی شده بود آغشته و بلافاصله پس از خشک شدن سطح دانه‌ها کشت شدند. کود مایع بیوسوپرفسفات تهیه شده از شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا به روش پاششی بر روی بذور ارقام نخود پاشیده و بعد از خشک شدن سطح بذور، به کشت آن‌ها اقدام شد. برای آمیختن و مایه‌زنی دانه‌ها با کودهای زیستی، نخست دانه‌ها روی پلاستیک پاکیزه گسترانیده شدند، سپس با پاشش آرام مقدار مناسب زادمایه (یک لیتر یا یک کیلوگرم به ازای ۶۰ کیلوگرم دانه) بر روی دانه‌ها و با به هم زدن آن‌ها، دانه‌ها به گونه یکنواختی پوشش داده شدند. سپس دانه‌های مایه‌زنی شده در سایه گسترانیده شدند و پس از خشک شدن،

1- *Pseudomonas + Enterobacter*

2- *Thiobacillus spp.*

3- *Mesorhizobium ciceri*

4- *Rhizophagus irregularis*

5- Sprinkle application

آماده کشت شدند. در هر واحد آزمایشی به مساحت شش متر مربع (چهار متر طول و یک و نیم متر عرض) شش ردیف کشت با فاصله بوته ۱۰ سانتی‌متر از هم (تراکم ۴۰ بوته در متر مربع) وجود داشت. بذرها به عمق هفت سانتی‌متر در ۲۹ اسفندماه کشت شدند. پیش از کاشت، دو نمونه مرکب خاک به روش نمونه‌برداری از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری تهیه و طبق جدول‌های ۱ و ۲ آنالیز شدند. وضعیت هواشناسی محل انجام آزمایش نیز در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مربوط به خاک محل آزمایش گیاه نخود تحت شرایط دیم کرمانشاه

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	مواد خنثی شونده (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته
۳۰-۰	رسی	۶۰	۳۴	۶	۳۰	۱/۱	۷/۶
۳۰-۶۰	رسی	۵۶	۳۵	۹	۳۴	۱/۳	۷/۶

جدول ۲: برخی از ویژگی‌های خاک محل اجرای آزمایش گیاه نخود تحت شرایط دیم کرمانشاه

عمق خاک (سانتی‌متر)	کربن آلی	نیترژن کل	گوگرد	فسفر	پتاسیم	منگنز	آهن	روی	مس
	(درصد)					(میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
۳۰-۰	۰/۹	۰/۰۸	۰/۰۳	۱۰/۴	۴۳۰	۶/۸	۶/۱	۰/۴۱	۱/۰۴
۶۰-۳۰	۰/۶	۰/۰۶	۰/۰۲	۸	۳۹۰	۴/۶	۵	۰/۱۴	۰/۷۵

جدول ۳: میزان بارندگی و میانگین حداقل و حداکثر دما در طول کاشت تا برداشت گیاه نخود تحت شرایط دیم کرمانشاه

تاریخ کاشت	تاریخ برداشت	طول دوره رشد (روز)	شاخص‌های هواشناسی	ماه‌های سال			مجموع	میانگین ماهیانه
			میزان بارندگی (میلی‌متر)	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	۵۱/۶۵
۹۵/۱۲/۲۹	۹۶/۰۴/۰۱	۹۵	میانگین دمای حداقل (درجه سلسیوس)	۴۹/۷	۱۳۴/۵	۲۲/۴	۰	۸/۳۷
			میانگین دمای حداکثر (درجه سلسیوس)	۵/۸	۶/۵	۹/۵	۱۱/۶۶	۲۲/۵

پس از اعمال تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و در مرحله به نیام رفتن، اندازه‌گیری میزان پرولین برگ‌ها (مقدار ۰/۵ گرم از جوان‌ترین برگ توسعه یافته) به روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و با استفاده از معرف ناین هیدرین و اسید فسفریک انجام شد. میزان پروتئین محلول پس از اعمال تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و در مرحله به نیام رفتن، با استفاده از روش Bradford (۱۹۷۶) اندازه‌گیری شد. همچنین اندازه‌گیری میزان پروتئین دانه شامل استخراج پروتئین‌های ذخیره‌ای در بذر و اندازه‌گیری مقدار کمی این پروتئین‌ها از طریق اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۹۵ نانومتر بود (کاظمی پور و اروین، ۱۳۷۸). اندازه‌گیری میزان قندهای محلول پس از اعمال تیمار محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و در مرحله به نیام رفتن، از روش Kochert (۱۹۸۷) با استفاده از اسپکتروفتومتر و در طول موج ۴۸۵ نانومتر انجام شد. میزان نیترژن دانه با استفاده از روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فسفر در گیاه به روش کالریمتری و پس از هضم نمونه‌ها به روش خاکستر کردن انجام شد (امامی، ۱۳۷۵). برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، بوته‌های موجود در دو

ردیف میانی هر کرت پس از حذف حاشیه برداشت شد و تا زمان ثبات وزن خشک، در آون در دمای ۷۲ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس دانه‌ها جدا و توسط ترازوی دیجیتالی عملکرد دانه اندازه‌گیری گردید. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها علاوه بر حالت کلی، برهم‌کنش سه گانه آن‌ها نیز از طریق برش دهی (برهم‌کنش تیمارهای کود زیستی و اسید سالیسیلیک بطور جداگانه با ارقام بیونیک و آزاد) با روش LSD صورت گرفت.

نتایج و بحث

برهم‌کنش سه‌گانه رقم $\times$ اسید سالیسیلیک $\times$ کودهای زیستی بر صفات محتوای پرولین برگ، قند و پروتئین محلول برگ، پروتئین، فسفر، گوگرد و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴).

میزان پرولین محلول

در رقم بیونیک، بیشترین میزان پرولین محلول در تیمار کاربرد باکتری بیوسوپرفسفات و تیمار نیم میلی‌مولار اسید-سالیسیلیک به میزان ۰/۰۴۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ به‌دست آمد. کاربرد باکتری بیوسولفور و محلول یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به کمترین میزان پرولین محلول به میزان ۰/۰۲۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه برگ انجامید که حدود ۶۰ درصد کمتر از تیمار کاربرد باکتری بیوسوپرفسفات و تیمار نیم میلی‌مولار اسیدسالیسیلیک بود (جدول ۵). ساختار نیتروژنی پرولین موجب می‌شود که مصرف برخی کودهای تأمین‌کننده نیتروژن به تولید بیشتر آن در گیاه کمک کند (نورزاد و همکاران، ۱۳۹۴). به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به پیدایش تنش اسمزی می‌انجامد و به-دنبال آن، تولید اسمولیت‌هایی مانند پرولین و قندهای محلول افزایش می‌یابد. در درون یاخته گیاهی، پرولین به‌عنوان ماده حفظ تعادل اسمزی بین سیتوپلاسم و واکوئل عمل می‌کند، کاهش مصرف پرولین جهت ساخت پروتئین در زمان تنش شاید دلیل احتمالی انباشت پرولین باشد (سعادت‌مند و انتشاری، ۱۳۹۱). با توجه به دسترسی عناصر غذایی در تیمارهای مصرف کود زیستی و افزایش انباشتگی پرولین به دنبال بهره‌گیری از کودهای زیستی، می‌توان پی برد که گیاه به هنگام دسترسی به عناصر غذایی، از پرولین و دیگر ترکیبات نیتروژنی برای تنظیم اسمزی بهره می‌برد. انباشتگی پرولین به‌علت تخریب پروتئین سینتتاز و کاهش تبدیل پرولین به پروتئین بوده که منجر به کاهش رشد می‌گردد. از این روی در هنگام تنش، پروتئین گیاه برای تولید پرولین به کار گرفته می‌شود و در نتیجه رشد گیاه کاهش و در نهایت متوقف خواهد شد (Mittler, 2006). دستاوردهای برخی دیگر از بررسی‌ها با نتایج این مطالعه منطبق بود. برای نمونه در بررسی بر روی گیاه عدس مشخص شد که اسید سالیسیلیک به انباشتگی پرولین در شرایط تنش انجامید (Heidari et al., 2006). افزایش اسمولیت‌هایی از قبیل پرولین و قندها نشان‌دهنده کاهش آسیب اکسیداتیو و نقش اسید سالیسیلیک در افزایش تحمل در برابر شرایط نامساعد محیطی می‌باشد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ۴: تجزیه واریانس صفات بیوشیمیایی برگ تازه، عناصر غذایی دانه نخود و عملکرد دانه در واکنش به سطوح مختلف ارقام اسید سالیسیلیک و کودهای زیستی گیاه نخود تحت شرایط دیم کرمانشاه

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	پرواين برک	فند محلول برک	پرواين محلول برک	پرواين دانه	رافينوز دانه	نيتروژن دانه	پتاسيم دانه	فسفر دانه	گوگرد دانه	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۰۰۰۰۰ MS	۰/۰۰۰۰۰ MS	۰/۰۰۰۰۰ MS	۰/۰۰۰۰۰ MS	۰/۰۰۰۰۲ MS	۰/۰۰۰۰۵ MS	۰/۰۰۰۰۳ MS	۵۵/۳ MS	۳۳/۱ MS	۱۲۸۷۲ MS
رقم	۱	۰/۰۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۰۴ MS	۰/۰۰۰۰۱۰ MS	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۲۴۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۰۰۰ MS	۱۶۲۸۰۰۰**
اسيد ساليسيلک	۲	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰*	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۲۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۰۱۰۰۰**	۲۸۵۴۰۰**
کودهای زیستی	۴	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۷۹/۸**	۰/۰۰۰۰۰۱۰۰ MS	۲۸۰۸۸۴**
رقم × اسيد ساليسيلک	۲	۰/۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰۳ MS	۰/۰۰۰۰۰۲۰*	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰۳ MS	۰/۰۰۰۰۰۳ MS	۲۷۵ MS	۰/۰۰۰۰۰۳۰۰*	۲۲۱۱۴**
رقم × کودهای زیستی	۴	۰/۰۰۰۰۰۷**	۰/۰۰۰۰۰۵ MS	۰/۰۰۰۰۰۳۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰۰**	۶۴۴**	۰/۰۰۰۰۰۹۰۰**	۱۰۰۰۰۶ MS
اسيد ساليسيلک × کودهای زیستی	۸	۰/۰۰۰۰۰۲۰**	۰/۰۰۰۰۰۶۰**	۰/۰۰۰۰۰۴۰**	۰/۰۰۰۰۰۴ MS	۰/۰۰۰۰۰۴ MS	۰/۰۰۰۰۰۲۰ MS	۰/۰۰۰۰۰۴۰**	۳۹۲**	۰/۰۰۰۰۰۴۰۰**	۲۳۴۸۱**
رقم × اسيد ساليسيلک × کودهای زیستی	۸	۰/۰۰۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰۰*	۰/۰۰۰۰۰۲۰**	۰/۰۰۰۰۰۴ MS	۰/۰۰۰۰۰۴ MS	۰/۰۰۰۰۰۲۰ MS	۰/۰۰۰۰۰۲۰**	۳۵۹*	۰/۰۰۰۰۰۲۰۰*	۱۴۸۷۳*
خطای آزمایش	۵۸	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۶۰	۰/۰۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۰۱۰	۰/۰۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۰۴ MS	۱۷۰	۰/۰۰۰۰۰۱۰۰	۲۲۹۱
ضرب تغییرات (درصد)	۴/۱۰	۳/۸۹	۶/۳۲	۱/۱۲	۲/۱۵	۱/۱۲	۰/۸۸	۳/۶۵	۱/۳۵	۱/۳۵	۶/۱۷

میزان قندهای محلول

بالاترین میزان قند محلول در برگ در رقم بیونیچ در تیمار کاربرد یک میلی مولار اسید سالیسیلیک به همراه کاربرد میکوریز به میزان ۲/۴۹ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ حاصل شد در حالی که در رقم آزاد بیشترین میزان قند محلول (۲/۴۸ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ) در تیمار کاربرد یک میلی مولار اسید سالیسیلیک به همراه کاربرد باکتری ریزوبیوم به دست آمد (جدول ۵). مقدار قند در بافت برگ یکی از ویژگی های مهم گیاه است، چون به طور مستقیم در ارتباط با فرایندهای فیزیولوژیک مانند فتوسنتز و انتقال مواد تنفسی است (Banerjee et al., 2012). افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در ترکیب با کاربرد کودهای زیستی، تولید قندهای محلول را به میزان بیشتری افزایش داد. تغییرات ترکیبات نیتروژنی و قندها برای حفظ تعادل کربن و نیتروژن از جمله عوامل سرنوشت ساز در بقاء گیاه در شرایط تنشی می باشند (Schubert et al., 1995). افزایش غلظت قندها علاوه بر اینکه به منفی تر شدن پتانسیل اسمزی در سیتوپلاسم می انجامد، در حفاظت اسمزی غشاها و پروتئین ها و همچنین جاروب کردن رادیکال های آزاد اکسیژن نیز نقش دارد (Kerepesi and Galiba, 2000). در این بررسی، میزان قندهای محلول در رقم بیونیچ و در تیمار کاربرد میکوریز به همراه کاربرد اسید سالیسیلیک (با غلظت یک میلی مولار) به افزایش ۶۸ درصدی میزان قندهای محلول همسنگی با تیمار شاهد انجامید. با این همه، در رقم بیونیچ و در سطح تیمار اسید سالیسیلیک (یک میلی مولار) کاربرد باکتری ریزوبیوم میزان تولید قندهای محلول را در همسنگی با عدم کاربرد هر دو تیمار یاد شده ۶۵ درصد افزایش داد. Poor و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که افزودن اسید سالیسیلیک به محیط کشت، قندهای محلول در گوجه فرنگی را افزایش می دهد. اسید سالیسیلیک سبب تحریک هیدرولیز قندها می شود و با افزایش ترکیباتی مانند قندهای محلول همراه با ایجاد یک منبع اسمزی به کاهش زیان تنش می انجامد (نظام دوست و همکاران، ۱۳۹۵). افزایش میزان قندهای محلول می تواند به علت انباشتگی آن ها در برگ ها به دلایل کاهش بارگیری آوند آبکش، کاهش ظرفیت انتقال آسمیلات ها و یا کاهش سرعت بهره گیری از آن ها در اندام های مخزن باشد (Alaousi-Sosse et al., 2004). فارچ میکوریز و باکتری ریزوبیوم بیشترین اثر مثبت را بر افزایش میزان قندهای محلول در ارقام نخود داشتند. اثر این ریزجانداران بیشتر می تواند به دلیل افزایش قابلیت جذب عناصری از قبیل نیتروژن، بیوسنتز بیش تر کلروفیل و فتوسنتز در برگ گیاهان تیمار شده با کودهای زیستی باشد که از دلایل تولید بیش تر قندها در برگ ها است (Ram Rao et al, 2007).

پروتئین محلول

در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک، کمترین میزان پروتئین محلول به میزان ۰/۰۷۶ میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ در دو رقم بیونیچ و آزاد به دست آمد. بالاترین میزان پروتئین محلول در رقم بیونیچ به میزان ۰/۱۷۲

میلی گرم بر گرم وزن تازه برگ در سطح تیمار اسید سالیسیلیک (یک میلی مولار) و کاربرد قارچ میکوریز حاصل شد که حدود ۶۵ درصد کمتر از تیمار قبلی بود (جدول ۵). پاداش و همکاران (۱۳۹۵) گزارش نمودند که کاربرد اسید سالیسیلیک به افزایش میزان پروتئین محلول در گیاه ریحان انجامید. برخی دیگر از پژوهشگران نیز افزایش میزان پروتئین محلول در پی کاربرد اسید سالیسیلیک را گزارش نمودند (Pirasteh-Anosheh *et al*, 2016).

جدول ۵: مقایسه میانگین و برش دهی برهم کنش سه گانه رقم، اسید سالیسیلیک و کود زیستی در

برگ تازه گیاه نخود بر صفات مورد آزمایش تحت شرایط دیم کرمانشاه

رقم	تیمارها اسید سالیسیلیک	کود زیستی	پرولین محلول	قند محلول	پروتئین محلول
			(میلی گرم بر گرم وزن تازه)		
		عدم کاربرد	۰/۰۲۱ lmn(hi)	۱/۴۸ m(h)	۰/۰۷۶ m(i)
		بیوسوپرفسفات	۰/۰۲۲ lm(hi)	۱/۵۷ klm(gh)	۰/۰۷۸ m(i)
	عدم کاربرد	بیوسولفور	۰/۰۲۴ l(h)	۱/۵۹ klm(gh)	۰/۱۳۴ d-h(def)
		ریزوبیوم	۰/۰۳۷ h(e)	۱/۶۹ jk(fg)	۰/۱۱۹ i-l(gh)
		میکوریز	۰/۰۴۰ g(d)	۱/۴۸ m(h)	۰/۱۳۰ e-i(efg)
		عدم کاربرد	۰/۰۴۸ ab(ab)	۱/۷۸ ij(ef)	۰/۱۰۶ l(h)
		بیوسوپرفسفات	۰/۰۴۹ a(a)	۲/۲۲ c-f(bcd)	۰/۱۳۸ c-g(c-f)
بیونج	۰/۵ میلی مولار	بیوسولفور	۰/۰۴۶ bc(bc)	۲/۱۱ fg(d)	۰/۱۴۲ c-f(cde)
		ریزوبیوم	۰/۰۴۶ cd(c)	۲/۳۰ cd(b)	۰/۱۴۸ cd(cd)
		میکوریز	۰/۰۴۵ cde(c)	۲/۱۶ ef(cd)	۰/۱۴۴ cde(cde)
		عدم کاربرد	۰/۰۳۱ ij (fg)	۱/۸۹ hi(e)	۰/۱۲۶ g-j(fg)
		بیوسوپرفسفات	۰/۰۳۳ i(f)	۲/۲۶ cde(bc)	۰/۱۳۷ c-g(c-f)
	۱ میلی مولار	بیوسولفور	۰/۰۲۰ mn(i)	۲/۴۵ ab(a)	۰/۱۵۰ bc(bc)
		ریزوبیوم	۰/۰۳۰ j(g)	۲/۴۴ ab(a)	۰/۱۶۴ ab(ab)
		میکوریز	۰/۰۳۳ i (f)	۲/۴۹ a(a)	۰/۱۷۲ a(a)
		عدم کاربرد	۰/۰۲۰ n(f)	۱/۴۹ m(i)	۰/۰۷۶ m(g)
		بیوسوپرفسفات	۰/۰۲۰ mn(f)	۱/۵۹ klm(ghi)	۰/۱۲۱ h-k(e-f)
	عدم کاربرد	بیوسولفور	۰/۰۲۲ lmn(f)	۱/۵۷ klm(ghi)	۰/۱۴۱ c-f(bc)
		ریزوبیوم	۰/۰۴۳ ef(bc)	۱/۶۸ jk(g)	۰/۱۱۵ j-l(ef)
		میکوریز	۰/۰۴۱ fg(c)	۱/۵۲ lm(hi)	۰/۱۲۵ g-j(de)
		عدم کاربرد	۰/۰۴۳ ef(bc)	۱/۶۵ kl(gh)	۰/۱۰۹ kl(f)
		بیوسوپرفسفات	۰/۰۴۸ ab(a)	۲/۱۵ ef(e)	۰/۱۳۵ d-g(cd)
	۰/۵ میلی مولار	بیوسولفور	۰/۰۴۸ ab(a)	۲/۲۴ cde(cde)	۰/۱۴۰ c-f(bc)
		ریزوبیوم	۰/۰۴۴ de(b)	۲/۲۲ c-f(cde)	۰/۱۵۰ c(b)
		میکوریز	۰/۰۴۴ de(b)	۲/۱۸ def(de)	۰/۱۲۹ f-j(cde)
		عدم کاربرد	۰/۰۲۲ lmn(f)	۲/۰۰ gh(f)	۰/۱۲۶ g-j(de)
		بیوسوپرفسفات	۰/۰۳۱ ij(d)	۲/۳۴ bc(bc)	۰/۱۴۲ c-f(bc)
	۱ میلی مولار	بیوسولفور	۰/۰۲۲ lmn(f)	۲/۳۰ cd(cd)	۰/۱۶۷ a(a)
		ریزوبیوم	۰/۰۲۷ k(e)	۲/۴۸ a(a)	۰/۱۶۵ a(a)
		میکوریز	۰/۰۳۱ ij (d)	۲/۴۴ ab(ab)	۰/۱۶۴ a(a)

وجود حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال خطای ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرهای متقابل کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین به روش برش دهی را نشان می دهد.

کاربرد اسید سالیسیلیک به همراه کودهای زیستی گوناگون میزان تولید پروتئین محلول در برگ ارقام نخود را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. افزایش غلظت اسید سالیسیلیک به افزایش تولید پروتئین محلول انجامید. در رقم بیونچ کاربرد قارچ میکوریز در سطح تیمار اسید سالیسیلیک (۱ میلی مولار) تولید پروتئین محلول را نسبت به سطوح صفر و ۰/۵ میلی مولار اسید سالیسیلیک به ترتیب ۲۵ و ۱۷ درصد افزایش داد. کاربرد قارچ میکوریز در همراهی با محلول پاشی ۱ میلی مولار اسید سالیسیلیک، تولید پروتئین محلول را در رقم بیونچ نسبت به تیمار عدم کاربرد آن‌ها نزدیک به ۶۶ درصد افزایش داد (جدول ۵). افزایش میزان پروتئین محلول به دنبال کاربرد کودهای زیستی در کارهای سایر پژوهشگران نیز دیده شده است. کاربرد کودهای زیستی، با تثبیت زیستی بیشتر نیتروژن، سنتز اسیدهای آمینه در برگ‌ها را افزایش داده و به انباشتگی پروتئین در برگ‌ها یاری می‌دهد (نصری و قادری، ۱۳۹۳). کاهش در محتوای پروتئینی می‌تواند به دلیل کاهش در ساخت برخی پروتئین‌ها و یا شاید افزایش فعالیت آنزیم‌های شکافنده پروتئین‌ها باشد (Khudsar et al., 2001). همچنین، شکافت پروتئین‌ها به عنوان یک فرآیند مهم همراه با اکسیداسیون پروتئین به کاهش محتوای پروتئین می‌انجامد (Palma et al., 2002). افزایش محتوای پروتئین‌های محلول با جلوگیری از تخریب آنها یا انگیزش ساخت آن‌ها، یکی از سازوکارهای اسیدسالیسیلیک برای القای تحمل به تنش گزارش شده است (Pirasteh-Anosheh et al., 2016). همچنین، افزایش مقدار پروتئین کل در برگ‌ها با افزودن کودهای زیستی شاید به علت جذب بیشتر و در دسترس نهادن نیتروژن و فسفر باشد (Ram Rao et al., 2007). اثر دوگانه رقم $\times$ اسیدسالیسیلیک بر صفات رافینوز، پتاسیم، گوگرد و عملکرد دانه معنی‌دار شد، اما برهم‌کنش دو گانه رقم $\times$ کودهای زیستی بر همه صفات بجز قند محلول برگ و عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۴).

پروتئین دانه

میزان پروتئین دانه در رقم آزاد و کاربرد کودهای زیستی بیوسولفور و میکوریز (۲۴/۸۳ درصد) بیشتر از دیگر تیمارها بود. در حالی که در رقم بیونچ، میزان پروتئین دانه با کاربرد ریزوبیوم (۲۴/۶۵ درصد) بیشتر از دیگر تیمارها بود. در رقم بیونچ کمترین میزان پروتئین دانه با عدم کاربرد کودهای زیستی (۲۳/۶۴ درصد) و در رقم آزاد با کاربرد کود زیستی بیوسوپرفسفات و ریزوبیوم (۲۴/۳۲ درصد) در پیوند بود (جدول ۶). با افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن، میزان پروتئین دانه نیز افزایش می‌یابد (Ghani et al., 2000). با این همه، با نگرش به خشکی محیط در شرایط دیم، دما و رطوبت نیز بر میزان انباشت مواد در دانه تأثیر دارند و به کاهش انتقال مواد به دانه می‌انجامد (داودی و همکاران، ۱۳۹۵؛ سیدی و همکاران، ۱۳۹۷). کودزیستی بر بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه تأثیر مثبت دارد که به دنبال مایه‌زنی باکتری‌ها، کارایی تنظیم‌کنندگی مناسب رویش، کنشگری فیزیولوژیکی و متابولیکی در گیاه افزایش می‌یابد و به افزایش میزان پروتئین دانه می‌

انجامد (Ram Rao *et al.*, 2007). امیری و همکاران (۱۳۹۶) دریافتند که کاربرد کود زیستی بیوسولفور به افزایش ۱۱ درصدی پروتئین دانه گیاه گاوزبان و کاربرد اسید سالیسیلیک و میکوریز به افزایش میزان گوگرد در دانه نخود می‌انجامد و میزان پروتئین دانه را نیز افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد که برخی ریزجانداران در کودهای زیستی شاید با انحلال فسفات نامحلول و افزایش مقدار فسفر در دسترس گیاه، باعث افزایش تثبیت نیتروژن شده و با توجه به نقش نیتروژن در پروتئین دانه، به افزایش پروتئین دانه می‌انجامد (Olivera *et al.*, 2002).

رافینوز دانه

در این بررسی، بیشترین و کمترین میزان رافینوز دانه در رقم بیونج به‌ترتیب در تیمار کاربرد قارچ میکوریز (۰/۸۵۱ درصد) و در تیمار شاهد (۰/۷۷۲ درصد) به‌دست آمد که اختلاف بین آنها حدود ۱۰ درصد بود. در حالی که در رقم آزاد به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان رافینوز دانه در تیمار شاهد (۰/۸۵۳ درصد) و در تیمار کاربرد میکوریز (۰/۸۳۴ درصد) بود و از این دیدگاه، این دو رقم واکنش یکسانی به کاربرد کودهای زیستی از خود نشان ندادند (جدول ۶). از سویی کاربرد محلول نیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در رقم بیونج به بیشترین میزان رافینوز دانه (۰/۸۳۲ درصد) انجامید، با این همه، بیشترین میزان رافینوز دانه در رقم آزاد (۰/۸۵۳ درصد) در تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به‌دست آمد (جدول ۷). افزایش مقاومت گیاهان در برابر شرایط نامساعد با افزایش مقدار قندهای محلول در ارتباط است و قندهایی مانند رافینوز، ساکاروز و سوربیتول نخستین زیرواحدهای محافظت‌کننده گیاه هستند و افزایش مقدار این قندها، گیاه را در برابر شرایط نامساعد محیطی مقاوم می‌سازد (Ranney *et al.*, 1991). در مورد افزایش رافینوز در اثر کاربرد کودهای زیستی می‌توان به اثر مثبت کودهای زیستی بر سوخت و ساز قند و در پی آن افزایش رویش گیاه اشاره کرد (Escalada and Ratilla, 1998).

نیتروژن دانه

میزان نیتروژن دانه در رقم بیونج با کاربرد کودهای زیستی نسبت به عدم کاربرد آن‌ها افزایش یافت. در این رقم بیشترین میزان نیتروژن دانه در تیمار کاربرد ریزوبیوم (۳/۹۴ درصد) در همسنگی با تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی (۳/۷۸ درصد) به میزان پنج درصد بیشتر بود. همچنین در رقم آزاد بیشترین میزان نیتروژن دانه در تیمار کاربرد کود-زیستی میکوریز (۳/۹۷ درصد) به‌دست آمد و هر چند که اختلاف معنی‌دار با بیوسولفور و عدم کاربرد کود زیستی نداشت، به اندازه دو درصد از میزان نیتروژن دانه در تیمار بیوسوپرفسفات و ریزوبیوم (۳/۸۹ درصد) بیشتر بود (جدول ۶). کاربرد کودهای زیستی دارای باکتری‌های افزاینده رشد به افزایش ۸/۸ درصدی محتوای نیتروژن دانه ذرت انجامید (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳). یکی از دلایل برتری تیمار کودهای زیستی به تیمار شاهد را می‌توان به افزایش میزان نیتروژن خاک در

پی فعالیت باکتری‌ها و هم‌چنین افزایش توسعه سطح ریشه برای جذب نیتروژن از خاک دانست که به بالا رفتن میزان نیتروژن در دانه گیاه می‌انجامد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۳). در پی کاربرد باکتری افزاینده رشد آزوسپیریلیوم^۱ به افزایش ۴۰/۱ درصدی پروتئین دانه در رقم آزاد نخود انجامید (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۶).

پتاسیم دانه

در ارقام بیونج و آزاد بالاترین میزان پتاسیم دانه به ترتیب به میزان ۹۵۷/۴۹ و ۹۶۳/۳۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در تیمار کاربرد قارچ میکوریز حاصل شد که اختلاف بین آن‌ها کمتر از یک درصد بود و عدم کاربرد کودهای زیستی به کاهش انباشت پتاسیم در دانه هر دو رقم انجامید، هر چند که در رقم بیونج با تیمار کاربرد بیوسوپرفسفات ناهمسانی معنی‌داری نداشت (جدول ۶). نتایج همچنین نشان داد که برهم‌کنش دوگانه اسید سالیسیلیک × کودهای زیستی بر میزان پتاسیم دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم × اسید سالیسیلیک نشان داد که میزان پتاسیم دانه در رقم بیونج با کاربرد اسید سالیسیلیک بیشتر از عدم کاربرد آن بود و در رقم آزاد بیشترین میزان پتاسیم دانه با غلظت یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست آمد. بیشینه و کمینه مقدار پتاسیم دانه به‌ترتیب در رقم آزاد به-میزان ۹۶۴/۴۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در تیمار کاربرد اسید سالیسیلیک (یک میلی‌مولار) و در رقم بیونج به‌میزان ۹۳۸/۳۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک به‌دست آمد که اختلاف بین آنها حدود ۳/۵ درصد بود (جدول ۷). با کاربرد محلول نیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک کمترین میزان پتاسیم دانه در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی به‌دست آمد (جدول ۸). دلیل افزایش جذب پتاسیم در کاربرد تیمار کودزیستی، می‌تواند مربوط به رویش و گسترش زود و بسیار ریشه باشد و این امر مؤید این نکته است که واکنش خوب گیاه به پتاسیم زمانی دیده می‌شود که اندازه مناسبی از نیتروژن و فسفر قابل جذب در خاک موجود باشد (Han et al., 2006). همچنین، افزایش غلظت پتاسیم با کاربرد کودهای زیستی را می‌توان پیامد اثرهای سودمند این ریزجانداران در افزایش فتوسنتز، رویش گیاه، افزایش انبوهی، در ازای ریشه موئین و جذب سطحی ریشه گیاه دانست. همچنین سیتوکینین تولید شده به‌وسیله کودهای-زیستی منبع بزرگی جهت جذب عناصری مانند آهن، منیزیم و پتاسیم است (Lalitha et al., 2012). امیری و همکاران (۱۳۹۶) نیز افزایش میزان پتاسیم دانه گلرنگ در واکنش به کاربرد اسید سالیسیلیک را گزارش نمودند. علت افزایش در جذب پتاسیم در شرایط تنش را سازوکار جذب فعال این یون گزارش شده که گیاه، جهت افزایش مقاومت خود، برخلاف پدیده انتشار، با صرف انرژی غلظت پتاسیم را در اندام‌ها بالا می‌برد (ساکي‌نژاد و بخشنده، ۱۳۸۸). در این بررسی کاربرد اسید سالیسیلیک با اثر مثبت بر جذب پتاسیم از این فرآیند جلوگیری می‌نماید. اسید سالیسیلیک از طریق تنظیم بیان و

1- *Azospirillum brasilense*

فعالیت پمپ‌های پروتونی، باعث افزایش غلظت یون‌های پتاسیم و کاهش یون‌های سدیم در سیتوپلاسم می‌شود (امیری، ۱۳۹۷).

جدول ۶: مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم × کودهای زیستی از نظر صفات مورد آزمایش دانه نخود در شرایط دیم منطقه کرمانشاه

رقم	کودهای زیستی	پروتئین دانه (درصد)	رافینوز دانه (درصد)	نیتروژن دانه (درصد)	پتاسیم دانه (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)
بیونج	عدم کاربرد	۲۳/۶۴d	۰/۷۷۲c	۳/۷۸d	۹۳۰/۰۲c
	بیوسوپرفسفات	۲۴/۱۷c	۰/۷۷۷c	۳/۸۶c	۹۲۸/۵۰c
	بیوسولفور	۲۴/۲۲c	۰/۸۴۴ab	۳/۸۷c	۹۵۵/۷۷ab
	ریزوبیوم	۲۴/۶۵ab	۰/۸۴ab	۳/۹۴ab	۹۵۲/۷۳b
	میکوریز	۲۴/۴۲bc	۰/۸۵۱ab	۳/۹۰bc	۹۵۷/۴۹ ab
آزاد	عدم کاربرد	۲۴/۶۲ab	۰/۸۵۳a	۳/۹۳ab	۹۵۳/۸۴b
	بیوسوپرفسفات	۲۴/۳۲c	۰/۸۴۰ab	۳/۸۹c	۹۵۶/۸۸ab
	بیوسولفور	۲۴/۷۰a	۰/۸۵۲ab	۳/۹۵a	۹۵۹/۲۷ab
	ریزوبیوم	۲۴/۳۲c	۰/۸۴۷ab	۳/۸۹c	۹۵۹/۳۳ab
	میکوریز	۲۴/۸۳a	۰/۸۳۴b	۳/۹۷a	۹۶۳/۳۹a

وجود حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد براساس آزمون LSD است.

جدول ۷: مقایسه میانگین برهم‌کنش ارقام × اسید سالیسیلیک از نظر رافینوز و پتاسیم دانه نخود در شرایط دیم منطقه کرمانشاه

رقم	اسید سالیسیلیک	رافینوز دانه (درصد)	پتاسیم دانه (میلی گرم در ۱۰۰ گرم)
بیونج	عدم کاربرد	۰/۷۹۹ d	۹۳۸/۳۵ d
	نیم میلی مولار	۰/۸۳۲ bc	۹۴۷/۷۵ c
	یک میلی مولار	۰/۸۱۹ c	۹۴۸/۶۱ c
آزاد	عدم کاربرد	۰/۸۵۳ a	۹۵۵/۳۱ b
	نیم میلی مولار	۰/۸۴۳ ab	۹۵۵/۸۹ b
	یک میلی مولار	۰/۸۳۹ b	۹۶۴/۴۳ a

وجود حروف مشابه به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون LSD است.

جدول ۸: مقایسه میانگین برهم‌کنش اسید سالیسیلیک × کودهای زیستی از نظر پتاسیم دانه نخود (بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم) در شرایط دیم منطقه کرمانشاه

اسید سالیسیلیک			
کودهای زیستی	عدم کاربرد	نیم میلی مولار	یک میلی مولار
عدم کاربرد	۹۴۰/۱۳ ef	۹۳۹/۱۷ ef	۹۴۶/۵۰ de
بیوسوپرفسفات	۹۳۵/۴۵ f	۹۵۲/۵۰ cd	۹۴۰/۱۲ ef
بیوسولفور	۹۵۱/۸۷ cd	۹۵۴/۵۰ cd	۹۶۶/۱۸ ab
ریزوبیوم	۹۵۳/۳۸ cd	۹۵۶/۵۷ bc	۹۵۸/۱۵ bc
میکوریز	۹۵۳/۳۰ cd	۹۵۶/۳۷ c	۹۷۱/۶۵ a

وجود حروف مشابه به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد

براساس آزمون LSD است.

فسفر دانه

در رقم بیونج، در تیمار کاربرد اسید سالیسیلیک (یک میلی مولار)، کاربرد کودهای زیستی قارچ میکوریز و ریزوبیوم به کاهش میزان فسفر دانه در همسنجی با تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی انجامید، اما کاربرد کودهای بیوسوپرفسفات و بیوسولفور میزان فسفر دانه را نسبت به تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی افزایش داد (جدول ۹). نتایج همچنین نشان داد که در رقم آزاد بین سطوح مختلف کودهای زیستی و عدم کاربرد کودهای زیستی در سطح تیمار اسید سالیسیلیک صفر، نیم و یک میلی مولار از نظر میزان فسفر دانه تفاوت معنی داری وجود نداشت هر چند که بیشترین محتوای فسفر دانه در تیمار اسید سالیسیلیک یک میلی مولار به همراه کاربرد میکوریز به میزان $376/53$ میلی گرم در 100 گرم بود (جدول ۹). همچنین در رقم آزاد، ناهمسانی معنی داری میان سطوح گوناگون کودهای زیستی و عدم کاربرد کودهای زیستی در سطوح تیمار اسید سالیسیلیک (صفر، نیم، و یک میلی مولار) از دیدگاه میزان فسفر دانه نبود، هر چند که بیشترین محتوای فسفر دانه در تیمار اسید سالیسیلیک یک میلی مولار به همراه کاربرد قارچ میکوریز به میزان $376/53$ میلی گرم در 100 گرم به-دست آمد. رقم آزاد نیز کاربرد قارچ میکوریز ($376/5$ میلی گرم در 100 گرم) میزان فسفر دانه را نسبت به تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک ($353/7$ میلی گرم در 100 گرم) به میزان هفت درصد افزایش داد. با توجه به نقش باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در افزایش محلولیت و میزان فراهمی فسفر و همچنین گسترش سامانه ریشه‌ای و به‌دنبال آن بهبود جذب فسفر توسط گیاه، این امر قابل توجیه می‌باشد (امیرآبادی و همکاران، ۱۳۸۸). با مصرف کودهای زیستی ریزجانداران حل‌کننده فسفر، انواع گوناگونی از اسیدهای آلی مانند اسید کربوکسیلیک را ترشح نموده و میزان فسفر قابل جذب گیاه را افزایش می‌دهند (Ravikumar et al., 2014). گرگینی شبانکاره و خراسانی نژاد (۱۳۹۶) در مطالعه خود عنوان داشتند که کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک در گیاه دارویی آکلیل کوهی سبب افزایش ۱۵ درصدی غلظت عنصر فسفر نسبت به تیمار شاهد شده است. افزایش میزان فسفر دانه در رقم آزاد با کاربرد قارچ میکوریز به دلیل دسترسی بیشتر گیاه به فسفر تحت کاربرد این قارچ می‌باشد (Zaidi and Khan, 2006). افزایش میزان فسفر دانه نیازمند افزایش جذب فسفر از خاک بوده که این مستلزم وجود ریشه‌های با کارایی بالا است که در این مطالعه، با کاربرد کودهای زیستی به خصوص میکوریز و بیوسولفور این کارایی افزایش یافته است. افزایش میزان فسفر دانه در کلزا تحت تأثیر کاربرد قارچ میکوریز نیز مشاهده شد (غنایی و چگنی، ۱۳۹۸)، که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت داشت.

گوگرد دانه

در رقم بیونج بالاترین میزان گوگرد دانه در تیمار کاربرد اسید سالیسیلیک یک میلی مولار به همراه کاربرد باکتری ریزوبیوم به میزان $0/255$ درصد و کمترین میزان گوگرد دانه در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و عدم کاربرد اسید

سالیسیلیک (۰/۲۳۴ درصد) به دست آمد (جدول ۹). میزان افزایش گوگرد دانه در رقم بیونج و در تیمار اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار به همراه باکتری ریزوبیوم (۰/۲۵۵ درصد) در همسنجی با تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و اسید-سالیسیلیک (۰/۲۳۴ درصد)، نزدیک به ۸ درصد بود. افزایش جذب عناصر غذایی میکرو مانند گوگرد توسط گیاه در پی مایه زنی با کودهای زیستی از قبیل آزوسپیریلیوم به دلیل افزایش رشد ریشه و گسترش تارهای کشنده در اثر هورمون‌ها و برخی ماکرومولکول‌های تولید شده توسط باکتری می‌باشد (Naidu et al., 2003). کاربرد کودهای زیستی در خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، مواد غذایی خاک و قابلیت جذب آنها توسط گیاه را افزایش می‌دهد (Ewulo, 2005). کاربرد اسیدسالیسیلیک شاید با افزایش جذب و انباشت عناصری مانند گوگرد همراه باشد. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی با ساز و کارهای گوناگونی مانند تولید سیدروفورها، پادزی‌ها، و هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که اتیلن را در گیاه تنظیم می‌کنند، به افزایش جذب برخی عناصر و در پی آن انگیزش رویش گیاه می‌انجامد (Cardoso and Kuyper, 2006). در این پژوهش، کاربرد اسیدسالیسیلیک به افزایش جذب برخی عناصر میکرو انجامید که با یافته‌های امیری (۱۳۹۷) مطابقت داشت.

عملکرد دانه

بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه رقم بیونج به ترتیب ۱۸۲۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد باکتری ریزوبیوم به همراه کاربرد اسید سالیسیلیک (نیم میلی‌مولار) و ۱۲۰۴ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی در سطح تیمار اسیدسالیسیلیک یک میلی‌مولار بود. همچنین، بیشترین و کمترین میزان عملکرد دانه رقم آزاد به ترتیب ۱۴۵۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک و ۸۶۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی و سطح تیمار اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار بود (جدول ۹). همزیستی قارچ میکوریز با ریشه گیاه از طریق ایجاد شرایط مناسب تغذیه‌ای، بهبود جذب آب و برخی عناصر غذایی و رشد گیاه، تسریع گل‌دهی و افزایش تعداد واحدهای زایشی منجر به افزایش عملکرد دانه گیاه شویید شده است (حسین زاده نمین و همکاران، ۱۳۹۳). کاربرد کودهای زیستی افزون بر اثر مثبت بر جذب برخی عناصر، توان تولید نخود را با ترشح سایر متابولیت‌ها یا سوخت سازه‌ها مانند ایندول استیک اسید و سیدروفورها و نیز افزایش فعالیت سایر ریزجانداران خاکی، به افزایش عملکرد می‌انجامد (Yu et al., 2014). نقش کاهنده اسید سالیسیلیک در سطح یک میلی‌مولار به عنوان غلظتی سمی برای عملکرد دانه نیز روشن بود. اسید سالیسیلیک در غلظت‌های پایین در رفع آسیب اکسایشی نقش کارآمدی دارد و بر کارکرد گیاه می‌افزاید ولی غلظت‌های بالای آن فرآیندهای گیاهی را با اختلال روبرو می‌سازد (کشاورز و همکاران، ۱۳۹۱) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت.

جدول ۹: مقایسه میانگین و برش‌دهی برهم‌کنش سه گانه رقم، اسید سالیسیلیک و کود زیستی در دانه نخود از نظر صفات مورد آزمایش در شرایط دیم کرمانشاه

رقم	تیمارها اسید سالیسیلیک	کود زیستی	فسفر دانه (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)	گوگرد دانه (درصد)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
عدم کاربرد	عدم کاربرد	عدم کاربرد	۳۲۵/۵۷ g(d)	۰/۲۳۴ f(d)	۱۳۹۲ f-j(de)
		بیوسوپرفسفات	۳۱۶ g(d)	۰/۲۳۴ f(d)	۱۴۷۷ c-g(cd)
		بیوسولفور	۳۵۳/۸۳ def(bc)	۰/۲۴۴ cd(c)	۱۴۷۸ c-g(cd)
		ریزوبیوم	۳۵۳/۹ def(bc)	۰/۲۴۳ cd(c)	۱۷۴۶ a(a)
		میکوریز	۳۵۹/۹ a-e(ab)	۰/۲۴۵ cd(c)	۱۵۹۹ bc(bc)
		عدم کاربرد	۳۲۶/۴۳ g(d)	۰/۲۴۶ bcd(bc)	۱۴۹۸ c-g(cd)
بیونینج	نیم میلی مولار	بیوسوپرفسفات	۳۳۲/۹۷ fg(cd)	۰/۲۴۴ cd(c)	۱۵۳۷ cde(c)
		بیوسولفور	۳۶۴/۸ a-e(ab)	۰/۲۴۴ cd(c)	۱۵۷۸ bcd(bc)
		ریزوبیوم	۳۷۰/۷۳ a-e(ab)	۰/۲۴۶ bcd(bc)	۱۸۲۱ a(a)
		میکوریز	۳۵۵/۱۳b-e(ab)	۰/۲۵۰ ab(ab)	۱۶۹۵ ab(ab)
		عدم کاربرد	۳۵۸/۶۷ a-e (ab)	۰/۲۴۵ bcd(bc)	۱۲۰۴ lmn(f)
		بیوسوپرفسفات	۳۷۲/۷۷ a-d(ab)	۰/۲۴۵ bcd(bc)	۱۳۸۴ f-j(de)
یک میلی مولار	یک میلی مولار	بیوسولفور	۳۷۶/۲ab(a)	۰/۲۴۳ cd(c)	۱۵۰۱ c-g(cd)
		ریزوبیوم	۳۵۷/۵ a-e(ab)	۰/۲۵۵ a(a)	۱۵۱۵ c-f(cd)
		میکوریز	۳۵۳/۸def(bc)	۰/۲۴۳ cd(c)	۱۳۲۹ h-l(ef)
		عدم کاربرد	۳۵۳/۷ def(c)	۰/۲۴۳ cd(ab)	۱۰۳۳ o(h)
		بیوسوپرفسفات	۳۵۹ a-e(abc)	۰/۲۴۵ bcd(ab)	۱۲۱۴ lmn(efg)
		بیوسولفور	۳۶۵/۲ a-e(abc)	۰/۲۴۸ bc(a)	۱۱۶۹ mno(fgh)
عدم کاربرد	عدم کاربرد	ریزوبیوم	۳۵۴/۶ cde(bc)	۰/۲۳۷ ef(c)	۱۴۵۳ d-h(a)
		میکوریز	۳۶۰/۱۳ a-e(abc)	۰/۲۴۱ de(bc)	۱۲۹۳ i-m(b-f)
		عدم کاربرد	۳۷۵/۸۳a-e (abc)	۰/۲۴۸ bc(a)	۱۲۷۳ j-m(c-f)
		بیوسوپرفسفات	۳۶۳/۹۷ a-e(abc)	۰/۲۴۴ cd(ab)	۱۲۶۴ j-m(c-f)
		بیوسولفور	۳۶۷/۱۷ a-e(abc)	۰/۲۴۴ cd(ab)	۱۳۱۸ h-l(a-e)
		ریزوبیوم	۳۶۲/۶۳ a-e(abc)	۰/۲۴۳ cd(ab)	۱۴۳۲ e-i(ab)
آزاد	نیم میلی مولار	میکوریز	۳۵۰/۷۷ e-f(c)	۰/۲۴۵ bcd(ab)	۱۳۶۹ g-k(a-d)
		عدم کاربرد	۳۷۵/۸۳ abc(ab)	۰/۲۴۸ bc(a)	۸۶۳ p(i)
		بیوسوپرفسفات	۳۶۳/۹۷ a-e(abc)	۰/۲۴۷ bcd(ab)	۱۳۰۷ i-m(b-f)
		بیوسولفور	۳۶۴/۸ a-e(abc)	۰/۲۴۵ bcd(ab)	۱۱۱۵ no(gh)
		ریزوبیوم	۳۶۰/۹ a-e(abc)	۰/۲۴۴ cd(ab)	۱۳۷۸ f-j(abc)
		میکوریز	۳۷۶/۵۳ a(a)	۰/۲۴۶ bcd(ab)	۱۲۳۶ k-n(d-g)

وجود حروف مشابه در هر ستون به منزله عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد براساس آزمون LSD است.

حروف بیرون پرانتز مقایسه میانگین اثرهای برهم‌کنش کلی و حروف درون پرانتز مقایسه میانگین برهم‌کنش به روش برش‌دهی را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، کاربرد محلول نیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک تولید پرولین را افزایش داد، اما تولید قندهای محلول در تیمار اسید سالیسیلیک یک میلی‌مولار بیشتر بود و تولید این اسمولیت‌ها با کاربرد کودهای زیستی افزایش بیشتری یافت. تولید رافینوز، نیتروژن، پتاسیم، فسفر و گوگرد در واکنش به کاربرد کودهای زیستی و اسید سالیسیلیک افزایش

یافت. همچنین عملکرد دانه در دو رقم بیونج و آزاد نیز به ترتیب در تیمارهای اسید سالیسیلیک نیم میلی‌مولار و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک همراه با کاربرد باکتری ریزوبیوم بیشترین میزان را دارا بود. با توجه به این یافته‌ها، مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه ریزوبیوم و قارچ میکوریز به همراه کاربرد اسید سالیسیلیک در سطح نیم میلی‌مولار می‌تواند به بهبود انباشت اسمولیت‌ها، انباشت عناصر در دانه و افزایش ۳۱ درصدی عملکرد دانه در ارقام نخود تحت شرایط دیم در کرمانشاه بینجامد.

منابع

- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. جلد اول. نشریه فنی شماره ۹۸۲. انتشارات مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران، ایران.
- امیرآبادی، م.، رجالی، ف.، اردکانی، م. ر. و برجی، م. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد مایه تلقیح از تو باکتر و قارچ میکوریزا بر جذب برخی عناصر معدنی توسط ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش‌های خاک، علوم خاک و آب. ۲۳(۱): ۱۱۵-۱۰۷.
- امیری، ج. ۱۳۹۷. تأثیر اسیدسالیسیلیک بر ترکیب عناصر غذایی برگ در انگور رقم بیدانه سفید در شرایط تنش شوری. تحقیقات کاربردی خاک. ۶(۲): ۱۳۰-۱۱۹.
- امیری، م. ب.، رضوانی مقدم، پ. و جهان، م. ۱۳۹۶. اثرات اسیدهای آلی، میکوریزا و ریزوباکترها بر عملکرد و برخی ویژگی فیتوشیمیایی گاو زبان ایرانی در نظام زراعی کم نهاده. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۷(۱): ۶۱-۴۵.
- پاداش، ع.، قنبری، ا. و اصغری پور، م. ر. ۱۳۹۵. اثر اسیدسالیسیلیک بر غلظت برخی عناصر غذایی، پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ریحان تحت تنش سرب. زیست شناسی گیاهی ایران. ۸(۲۷): ۳۲-۱۷.
- پزشکپور، پ.، اردکانی، م. ر. و پاکنژاد، ف. و وزاد، س. ۱۳۹۳. اثر کاربرد ورمی‌کمپوست، همزیستی میکوریزایی و حل‌کننده فسفات زیستی بر صفات فیزیولوژیکی و عملکرد نخود. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶(۲۳): ۶۵-۵۳.
- حسین زاده نمین، پ. و امینی دهقی، م. ۱۳۹۳. اثر کاربرد تلفیقی کودهای فسفات بیولوژیکی و شیمیایی بر رشد، عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه شوید (*Foeniculum vulgare* Mill). مجله زیست‌شناسی ایران. ۲۷(۴): ۵۹۲-۶۰۲.

- داودی، ع.، میرشکاری، ب.، شیرانیراد، ا. ح.، فرحوش، ف. و رشیدی، و. ۱۳۹۵. بررسی اثر کاربرد سلیوم بر کمیت و کیفیت روغن دانه ارقام کلزا در شرایط کشت تأخیری. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸(۳۱): ۱۴۳-۱۲۹.
- رجبی، ل.، سجادی، ن.ا. و روشندل، م. ۱۳۹۱. برهمکنش سالیسیلیک اسید و سوپر جاذب بر خصوصیات زراعی و درصد پروتئین نخود رقم هاشم در شرایط دیم. تولیدات گیاهان زراعی در شرایط تنش های محیطی. ۴(۱): ۳۷-۴۸.
- ساکی نژاد ط و بخشنده ع. م. ۱۳۸۸. اثر رژیم های آبیاری بر روند انتقال و انباشت عناصر غذایی در ریشه ذرت. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز ۱۱(۱): ۱-۱۲.
- سعادت مند، م. و انتشاری، ش. ۱۳۹۱. اثر طول زمان پیش تیمار با سیلیکون بر تحمل شوری در گیاه گاوزبان ایرانی. علوم و فنون کشت های گلخانه ای. ۱۲: ۵۶-۴۵.
- سیدی، س. ر.، امیرشکاری، ح.، امید، ح. و ربیعی، م. ۱۳۹۷. اثر کاربرد اتفن و زمان برداشت بر عملکرد، ریزش و درصد روغن دانه کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰(۳۹): ۱۱۳-۱۳۰.
- غنائی، ص. و چگنی، ه. ۱۳۹۸. اثر ترکیب خاک فسفات همراه با میکروارگانیزم های حل کننده فسفر بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱(۴۴): ۹۰-۷۷.
- کاظمی پور، ن. و آروین، س. م. ج. ۱۳۷۸. اثر شوری و خشکی روی جوانه زنی و برخی صفات های رشد پیاز خوراکی. هشتمین کنفرانس زیست شناسی ایران. ص: ۸۱۰-۸۰۰.
- کشاورز، ح.، مدرس ثانوی، س.ع.م.، زرین کمر، ف.، دولت آبادان، ا.، پناهی، م. و ساداج اصلیان، ک. ۱۳۹۱. ارزیابی اثر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) تحت شرایط تنش سرما. علوم کشاورزی ایران. ۴۲: ۷۲۳-۷۳۴.
- گرگینی شبانکاره، ح. و خراسانی نژاد، س. ۱۳۹۶. اثر کودهای زیستی و اسیدسالیسیلیک بر عملکرد و ویژگی های کیفی گیاه دارویی اکلیل کوهی تحت رژیم های کم آبی. به زراعی کشاورزی. ۱۹(۲): ۴۹۱-۴۷۵.
- لطیفی، س.ع. و امید، ح. ۱۳۹۸. اثر پرایمینگ بر خصوصیات جوانه زنی بذر و گیاهچه برنج رقم عنبر بو، تحت تنش کم آبی. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۱(۴۴): ۲۱-۵.
- مرکز آمار ایران. ۱۳۹۸. چکیده نتایج طرح آمارگیری زراعت. ۳۳ صفحه.

مقصودی، ع.، قلاوند، ا. و آقا علیخانی، م. ۱۳۹۳. تأثیر راهبردهای مدیریتی نیتروژن و کود زیستی بر صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۲(۲): ۲۸۲-۲۷۳.

میرزایی، ا.، ناصری، ر.، میری، س. م. ت.، سلیمانی فرد، ع. و فتحی، ا. ۱۳۹۶. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) به کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه و کود شیمیایی نیتروژن در شرایط دیم. نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد یازدهم. ۴ (۴۴): (۷۷۵-۷۹۰).

نصری، ف. و قادری، ن. ۱۳۹۳. اثر سالیسیلیک اسید بر جوانه‌زنی و رشد چمن فستوکا (*Festuca rubra*) و لولیوم (*Lolium perenne*) تحت شرایط تنش شوری. نشریه فن‌آوری و تولیدات گیاهی، ۶ (۲): ۱۴۸-۱۳۹.

نظام‌دوست، س.، فرخزاد، ع. و رسولی صدقیانی، م. ۱۳۹۵. تأثیر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی انگور رقم "بیدانه سفید" تحت سمیت بور. پژوهش در میوه‌کاری. ۱۵(۱): ۲۹-۲۹.

نورزاد، ش.، احمدیان، ا. و مقدم، م. ۱۳۹۴. بررسی میزان پرولین، شاخص کلروفیل، کربوهیدرات و مقدار جذب عناصر غذایی در گیاه دارویی گشنیز تحت تأثیر تنش خشکی و تیمار کودی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۳(۱): ۱۳۹-۱۳۱.

Abdul-Jaleel, C.P., Manivannan, B., Sankar, A., Kishorekumar, R., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhanced biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 60: 7-11.

Alaoui – sosse, B., Genet, p., vinit – Dunand, F., Toussaint, M. L., Eproh, D. and Badot, P.M. 2004. Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationship with carbohydrate accumulation and change in ion contents. Plant Science 166: 1213-1218.

Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant a biotic stress resistance. Environmental and Experimental Journal of Botany. 59: 206-216.

Awari, V.R., Dalvi, U.S., Lokhande, P.K., Pawar, V.Y., Mate, S.N., Naik, R.M. and Mhase, L.B. 2017. Physiological and biochemical basis for moisture stress tolerance in chickpea under pot study. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6(5): 1247-1259.

Banerjee, A., Datta, J.K. and Mondal, N.K. 2012. Biochemical changes in leaves of mustard under the influence of different fertilizers and cycocel. Journal of Agricultural Technology. 8(4): 1397-1411.

Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*. 39: 205-207.

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(1-2): 248-254.

Cardoso, I.M. and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 116(1-2): 72-84.

Escalada, R.G., Ratilla, B.C. 1998. Effects of *Leucaena* biomass application in conjunction with fertilizers on cassava and taro yields in the Philippines. *Agroforestry Systems*. 41: 251-266.

Ewulo, B. S. 2005. Effect of poultry dung and cattle manure on chemical properties of clay and sandy clay loam soil. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 4(10): 839-841.

Ghani, A., Hussain, M. and Hassan, A. 2000. Interactive effect of nitrogen and water stress on leaf area of sunflower (*Heliantus annus* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 3: 989-990.

Han, H.S., Supanjani, D. and Lee, K.D. 2006. Effect of coin circulation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant, Soil Environ*. 52(3): 130-136.

Hashempour, A., Ghasemzhad, M., Fotouhi, G. and Sohani, M. M. 2014. The physiological in addition, biochemical response to freezing stress olive plants treated with salicylic acid. *Russian Journal of Plant Physiology*. 61(4): 443-450.

Heidari, R., Zare, S. and Norastehnia, A. 2006. Antioxidant response of two salt-stressed barley varieties in the presence or absence of exogenous proline. *General and Applied Plant Physiology*. 32(3-4): 233-251.

Jaleel, C.A, Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal of Agriculture and Biology*. 11: 100-105.

Kerepesi, I. and Galiba, G. 2000. Osmotic and salt stress induced alternation in solute carbohydrate content in wheat seedlings. *Crop Science*. 40: 482-487.

Khudsar, T., Zafar, M. and Iqbal, M. 2001. Cadmium-induced changes in leaf epidermis, photosynthetic rate and pigment concentrations in *Cajanus Cajan*. *Biologia Plantarum*. 44(1): 59-64.

Kochert, G. 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Helebust, Journal of Agricultural Craig, J.S. (Ed): *Handbook of Physiological Method*, 56-97, Cambridge University Press, Cambridge.

Lalitha, M., Karunakar Babu, M., Ravisankar, C. and Ashoka Rani, Y. 2012. Effect of bioregulators on chlorophyll content and keeping quality of betelvine (*Piper betel* L.). Journal of South Indian Horticulture. 52: 270-276.

Mittler, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Trends in Plant Science. 11: 15–19.

Naidu, V. S. G. R., Panwar, J. D. S. and Annapurna, K. 2003. Yield response in rice to auxin application and inoculation with *Azospirillum brasilense*. Indian Journal of Plant Physiology. 8: 96–98.

Olivera, M., Tejera, N., Iribarne, C., Ocan, A. and Lluch, C. 2002. Effect of phosphorous on nodulation and nitrogen fixation by *Phaseolus vulgaris*. Proceedings of the 1th international Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain. p:157–160.

Pakar, N., Pirasteh-Anosheh, H. and Emam, Y. 2016. Barley growth, yield, antioxidant enzymes and ion accumulation as affected by PGRs under salinity stress conditions. Journal of Plant Nutrition. 39(10): 1372-1379.

Palma, J. M., Sandalio, L. M., Corpas, F. J., Romero-Puertas, M. C., McCarthy, I. and Rio, L. A. 2002. Plant proteases, protein degradation and oxidative stress: role of peroxisomes. Plant Physiology and Biochemistry. 40(6): 521-530.

Pirasteh-Anosheh, H., Ranjbar, G., Pakniyat, H. and Emam, Y. 2016. Physiological Mechanisms of Salt Stress Tolerance in Plants; an Overview. p. 141-160. In: Azooz, M. M. and P. Ahmad (Eds.). Plant Environment Interaction: Responses and Approaches to Mitigate Stress. John Wiley & Sons, London.

Poor, P., Gemes, K., Horvath, F., Szepesi Simon, L. and Tari, I. 2010. Salicylic acid treatment via the rooting medium interference with stomatal response, CO₂ fixation rate and carbohydrate metabolism in tomato, and decreases harmful effects of subsequent salt stress. Plant Biology. 13(1): 105-114.

Ram Rao, D.M., Kodandaramaiha, J., Reddy, M.P., Katiyar R.S. and Rahmathulla, V.K. 2007. Effect of VAM fungi and bacterial biofertilizers on mulberry leaf quality and silkworm cocoon characters under semi-aride conditions. Caspian Journal of Environmental Science. 5(2): 111-117.

Ranney, T.G., Bassuk, N. L. and Whitlow, T. H. 1991. Osmotic adjustment and solute constituents in leaves and roots of water-stressed cherry (*Prunus*) trees. The American Society for Horticultural Science. 116(4): 684-688.

Ravikumar, S., Shanthy, S., Kalaierasi, A. and Sumaya, M. 2014. The biofertilizer effect of halophilic phosphate solubilising bacteria on *Oryza sativa*. Middle East Journal of Scientific Research. 19(10): 1406-1411.

Roesti, D., Gaur, R., Johri, B. N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K. and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry. 38(5): 1111–1120.

Schubert, S., Serray, R., Plies-Balzer, E. and Mengel, K. 1995. Effect of drought stress on growth sugar concentration and amino acid accumulation in N₂ Fixing alfalfa (*Medicago sativa*). Journal of Plant Physiology. 146(4): 541-546.

Simaei, M., Khavri – Nejad, R. A., Saadatmand, S. Bernard, f. and Fahimi, H. 2011. Effect of salicylic acid and nitric oxid on antioxidant capacity and proline accumulation in Glycine max l. Treated with NaCl Salinity. African journal of Agriculture Research. 6 (16): 3775 – 3782.

Yu, X., Liu, X. and Zhu, T. 2014. Walnut growth and soil quality after inoculating soil containing rock phosphate with phosphate-solubilizing bacteria. Science Asia. 40(1): 21–27.

Zaidi, A., and Khan, M.S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-*Bradyrhizobium*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30(3): 223- 230.

The effect of application of biofertilizer and salicylic acid on biochemical characteristics and grain elements of chickpea cultivars under rainfed conditions in Kermanshah

F. Momeni¹, A. Abdali Mashhadi^{2*}, S. A. Siadat³, B. Pakdaman Sardrood⁴ and M. Ghobadi⁵

- 1) Graduate (PhD) Student in agronomy, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Khozestan, Ahvaz, Iran.
- 2) Associate Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Khozestan, Ahvaz, Iran.
- 3) Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Khozestan, Ahvaz, Iran.
- 4) Assistant Professor, Plant protection, Agricultural Sciences and Natural Resources Khozestan, Ahvaz, Iran.
- 5) Associate Professor, Department of Plant Production and Genetic Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran.

*Corresponding authors: alireza.abdali1384@gmail.com

Received date: 2020.02.04

Accepted date: 2020.05.17

Abstract

In order to investigate the effect of foliar application of salicylic acid (non-application, 0.5 and 1 mM) and biofertilizers (non-application of biofertilizers, biosuperphosphate bacteria, biosulfur bacteria, Rhizobium bacterium, and mycorrhizal fungus) on biochemical properties and some elements in seed grain of chickpea cultivars (Bivanij and Azad) a factorial experiment based on randomized complete block design under rainfed conditions in Kermanshah during the crop-season 2016-17. The results showed that the highest amount of proline was obtained in Bivanij and Azad cultivars in 0.5 mM salicylic acid, with application of biosuperphosphate (0.049 and 0.048 mg/g, respectively). The highest amount of soluble sugar was obtained in Bivanij cultivar treated with salicylic acid (1 mM), and Azad cultivar treated with the application of mycorrhiza and rhizobium (2.49 and 2.48 mg/g, respectively). Also, the highest by using of salicylic acid (1 mM), with mycorrhizal and biosulfur (0.172 and 0.167 mg/g, respectively). Grain protein content in Azad cultivar with biosulfur and mycorrhizal application was higher than other treatments (24.83%) while raffinose in this cultivar showed the highest amount in non-application of biological fertilizers (0.853%). The highest grain Potassium (971.65 mg/100 g) was obtained in using of 1 mM salicylic acid, with the application of mycorrhiza. In Bivanij cultivar, the highest grain yield (1821 kg/ha) was obtained in using of 0.5 mM salicylic acid, with Rhizobium bacteria. This study has shown that the use of salicylic acid 0.5 mM, with the application of biofertilizers containing rhizobium and mycorrhiza, could have effected on the improvement of biochemical characteristics and elemental content, increased grain yield by 31% in comparison with control that is very bold in spect of economic.

Keywords: Proline, Raffinose, Rhizobium, Grain yield and Nitrogen.