تأثیر تلقیح با میکوریز و پیش تیمار با سالیسیلیک اسید در سطوح مختلف خشکی بر خصوصیات مورفولوژی و عملکرد بزرک

آیدا انصاری[۱*]، جمشید رزمجو[۱]، حسن کریم مجنی[۱] و مهدی زارعی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۲/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۱)

چکیده

استفاده از هورمون‌های رشد گیاهی و کاربرد میکروارگانیسم‌های مفید از جمله روش‌های مقابله با خشکی هستند. این تحقیق با هدف بررسی تیمار با سالیسیلیک اسید و تلقیح با میکوریز در سطوح مختلف آبیاری در گیاه بزرک به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در اتاقک رشد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و در سال ۱۳۹۰- ۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری در ۳ سطح (۱۰۰٪، ۷۰٪ و ۴۰٪ رطوبت ظرفیت زراعی)، میکوریز در ۳ سطح (عدم تلقیح و تلقیح با ۲ گونه گلوموس موسه و گلوموس اینترارادیسز) و تیمار بذر با سالیسیلیک اسید در ۲سطح (تیمار با غلظت ۲۵۰ میکرومولار و بدون تیمار) بودند. سطح ۴۰٪ظرفیت زراعی باعث کاهش تعداد برگ، طول ریشه، ارتفاع، وزن خشک ریشه، ساقه، برگ و کل اندام هوایی، تعداد دانه در کپسول، تعداد و وزن کپسول و عملکرد دانه در بوته و افزایش قطر وزیکول و کلنیزاسیون شد. هر دو گونه میکوریز در هر ۳ سطح آبیاری اثرات مثبتی بر صفات مورد بررسی داشتند. به‌طوری‌که تحمل به خشکی گیاهان بزرک تلقیح شده با میکوریز بخصوص توسط گلوموس موسه نسبت به گیاهان بدون تلقیح افزایش یافت. سالیسیلیک اسید بیشتر صفات مورد بررسی را کاهش داد. هم‌چنین تلقیح با میکوریز و تیمار با سالیسیلیک اسید باعث کاهش صفات مورد بررسی نسبت به شرایط تلقیح با میکوریز و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید شد. به‌طورکلی سطح ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و گلوموس موسه بترتیب بهترین سطح آبیاری و بهترین قارچ میکوریز بودند. از این‌رو پیشنهاد می‌شود که کاربرد قارچ‌های میکوریز بخصوص گونه گلوموس موسه در کشت گیاه بزرک بدون تیمار با سالیسیلیک اسید به ویژه در شرایط تنش خشکی، افزایش یابد، زیرا علاوه بر افزایش عملکرد، در مصرف آب نیز صرفه‌جویی شده و گیاه را نسبت به بروز شرایط تنش مانند تنش خشکی متحمل‌تر می‌سازد.

واژه‌های کلیدی: خشکی، عملکرد، کلنیزاسیون، گلوموس موسه، گلوموس اینترارادیسز

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲. بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: aida_ansari@yahoo.com

مقدمه

بزرک (لینوم یوزیتاتیسیموم)(*Linum usitatissimum* L.) گیاهی یک ساله است که به عنوان ششمین گیاه دانه روغنی در دنیا کشت می‌شود و دانه آن دارای ۴۵-۴۰ ٪ روغن و ۳۴-۲۳ ٪ پروتئین می‌باشد. از دانه بزرک در صنایع تولید روغن صنعتی و خوراکی، صنایع تولید فرآورده‌های غذایی، مصارف دارویی و از فیبرهای موجود در ساقه‌های آن در صنایع تولید کفپوش و کاغذهای محکم مانند کاغذ اسکناس استفاده می‌شود (۲۲). از سطح زیر کشت بزرک در ایران طی سال‌های اخیر اطلاعی در دسترس نیست ولی در سال ۱۳۵۵ حدود ۱۴۰۰۰ هکتار تخمین زدند (۱۵). از طرفی امروزه کمبودآب، محدودیت شدید محیطی را در قابلیت تولید گیاهان فراهم می‌کند. کاهش در عملکرد محصول زراعی توسط خشکی، شاید به مراتب بیشتر از دیگر تنش‌ها، تلفات ایجاد کند (۹). در زمینه تأثیر خشکی بر تمام فرآیندهای رشد گیاه و کاهش محصول گیاه می‌توان به مطالعات (۱۹ و ۳۰) اشاره کرد.

امروزه استفاده از کودهای بیولوژیک به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان، یک مسئله مهم در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار است (۲). همزیستی قارچ میکوریز با اغلب گیاهان منجر به تولید کلنی‌هایی در بخش خارجی ریشه شده و تحت شرایط تنش خشکی باعث بهبود تولید تعدادی از گیاهان زراعی می‌شود (۲۹). مطالعات متعددی مبنی بر بهبود خصوصیات گیاهان زراعی تلقیح شده با میکوریز نسبت به گیاهان بدون تلقیح انجام شده است (۱، ۳۱ و ۲۷).

سالیسیلیک اسید یک مشتق فنلی می‌باشد که آثار وسیع و مختلفی روی سازگاری به تنش و نیز گسترش آسیب در گیاهان (۲۱) دارد که آثار آن بستگی به غلظت به کار رفته (۲۱ و ۱۳)، گیاه (۱۳)، گونه (۲۱ و ۱۳)، دوره رشدی، شرایط محیطی (۱۳)، روش و زمان استعمال سالیسیلیک اسید (۲۱) دارد. از مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر مثبت و منفی هورمون سالیسیلیک اسید می‌توان به مطالعه فریدودین و همکاران (۸) در تأثیر منفی غلظت‌های 10^{-4} و 10^{-3} مولار و تأثیر مثبت غلظت 10^{-5} مولار سالیسیلیک اسید بر روی وزن خشک، تعداد غلاف و عملکرد دانه در کلزا، مطالعه بلخدی و همکاران (۴) در تأثیر مثبت غلظت‌های ۲۵۰ و ۱۰۰۰ میکرو مولار سالیسیلیک اسید بر طول ریشه و ارتفاع ساقه گیاه لینوم یوزیتاتیسیموم و مطالعه خان و همکاران (۱۶) در عدم تأثیر سالیسیلیک اسید بر طول ریشه گیاهان ذرت و سویا، تأثیر منفی غلظت 10^{-3} مول بر لیتر بر وزن خشک سویا و تأثیر مثبت غلظت 10^{-5} مول بر لیتر بر سطح برگ سویا، اشاره کرد. اوزگونن و همکاران (۲۳) بیان نمودند که حضور سالیسیلیک اسید و تلقیح با میکوریز باعث کاهش وزن خشک گیاه و ریشه، ارتفاع ساقه، طول ریشه و درصد کلنیزاسیون در گوجه فرنگی نسبت به عدم حضور سالیسیلیک اسید و تلقیح با میکوریز، شد. بیلیلو و همکاران (۵) بیان نمودند که کاربرد بیرونی سالیسیلیک اسید روی ریشه‌های برنج تلقیح شده با میکوریز، کلنیزاسیون ریشه را کاهش می‌دهد. لذا با توجه به محدودیت آب و افزایش نیاز کشور به محصولات روغنی، می‌توان با تقویت مکانیسم‌های مقاومت به خشکی نقش مهمی را در تولید محصولات زراعی بخصوص دانه‌های روغنی ایفا نمود. از این رو این آزمایش جهت بررسی تأثیر همزیستی میکوریزی و تیمار بذور با سالیسیلیک اسید در سطوح مختلف آبیاری بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد دانه بزرک اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار با استفاده از بذرهای بزرک ژنوتیپ اس ای-۱۳ (SE-13) در اتاقک رشد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان و در سال ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل رژیم آبیاری در ۳ سطح (۱۰۰٪، ۷۰٪ و ۴۰٪ رطوبت ظرفیت زراعی)، میکوریز در ۳ سطح (عدم تلقیح، تلقیح با ۲ گونه گلوموس موسه(*Glomus mosseae*) و

گلوموس اینترارادیسز(*G. intraradices*)) و تیمار بذر با سالیسیلیک اسید در ۲ سطح (بذور تیمار شده با غلظت ۲۵۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید به مدت ۸ ساعت (۴) و بذرهای بدون تیمار) بودند. برای تلقیح با میکوریز، در ابتدا گلدان‌ها از خاک پر گردید و بعد ۶۰ گرم مایه تلقیح اضافه شد و سپس ۲ سانتی‌متر خاک روی آن ریخته و بذور را روی خاک قرار داده و در نهایت با ۲ سانتی‌متر خاک، روی بذرها پوشانده شد. مایه تلقیح هر دو میکوریز از دانشگاه شیراز، گروه خاک‌شناسی (آقای دکتر زارعی) تهیه شد و پتانسیل مایه تلقیح قارچ‌های مورد استفاده شامل ۱۲ عدد اسپور در هر گرم بستره و کلنیزاسیون ریشه ۸۰٪ بود که از خصوصیات هر دو مایه تلقیح می‌باشد (۳۵). برای ضدعفونی بذرها، از محلول هیپوکلرید سدیم ۵٪ به مدت۳۰ ثانیه استفاده شد. بذور در گلدان‌هایی به ارتفاع و قطر ۳۰-۲۵ سانتی‌متر که با خاک اتوکلاو شده (به مدت ۱ساعت در دمای ۱۲۱درجه سانتی‌گراد و فشار بخار ۱ اتمسفر) پر شده بودند، کاشته شدند. خصوصیات خاک شامل بافت لومی‌رسی، ۳۵۷=پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۴/۵=فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۰/۰۸٪=نیتروژن و ۳۶/۸٪=ظرفیت مزرعه بود.

شرایط محیطی در اتاقک رشد بصورت طول روز بمدت ۱۶ ساعت با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و طول شب به‌مدت ۸ ساعت با دمای ۱۷ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۷۰٪ و نور ۳۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه تنظیم شد. سطوح آبیاری بر اساس ظرفیت نگهداری آب در خاک و به وسیله توزین گلدان‌ها برای تعیین مقدار آب آبیاری، تعیین و اعمال شدند. همه گلدان‌ها در مدت ۴۰ روز اول پس از کاشت از نظر رطوبتی در حد ظرفیت مزرعه نگه داشته شده و تیمارهای تنش آب پس از این مدت اعمال شدند. رطوبت گلدان‌ها در هر ۳سطح تا اتمام آزمایش در سطوح تعیین شده نگهداری شد. صفات ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک ساقه، برگ، ریشه و کل اندام هوایی در زمان گلدهی، طول ریشه با استفاده از اسکنر کامپیوتری و نرم افزار دلتا تی اسکن (Delta T-scan)، درصد کلنیزاسیون ریشه به وسیله روش تلاقی خطوط مشبک(Grindline Intersect)، قطر هیف و وزیکول با استفاده از نرم فزار میکرو ایمیج پروسز (micro-image process software EDN-2)، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن کپسول در بوته و عملکرد دانه در بوته اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری صفات با نرم‌افزار کامپیوتری SAS انجام گرفت و در صورت معنی‌دار بودن اثر عوامل آزمایشی، برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار(LSD) در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تلقیح با میکوریز تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح با هر دو نوع میکوریز باعث افزایش صفات نسبت به حالت بدون تلقیح شد. با اینکه تفاوت معنی‌داری بین دو گونه میکوریز وجود نداشت، گونه گلوموس موسه در افزایش تعداد برگ، وزن خشک برگ، ساقه و کل اندام هوایی، ارتفاع، تعداد و وزن کپسول در بوته و عملکرد دانه در بوته و گونه گلوموس اینترارادیسز در افزایش تعداد دانه در کپسول، طول و وزن خشک ریشه سهم بیشتری را دارا بودند (جدول ۲). نتایج حاصل از تأثیر میکوریز بر صفات مورد مطالعه در این تحقیق با مطالعات یوسفی‌راد و همکاران (۳۴) در جو، هاوکینز و جورج (۱۱) در گندم، گوپتا و روتاری (۱۰) در ذرت، علیزاده و همکاران (۱) در ذرت و تامپسون (۳۱) در بزرک مطابقت داشت. نتایج نشان داد که بیشترین قطر وزیکول و قطر هیف مربوط به گونه گلوموس موسه بود. گونه گلوموس اینترارادیسز با ۸۵/۵۲٪ بیشترین کلنیزاسیون را به خود اختصاص داد (جدول ۲). نتایج این تحقیق مبنی بر کلنیزاسیون بیشتر توسط گونه گلوموس اینترارادیسز با نتایج سادات و همکاران (۲۸) در گندم و مبنی بر کلنیزاسیون بالاتر در گیاهان میکوریزی با نتایج ساجدی و

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات تعداد برگ، ارتفاع، طول ریشه، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و کل اندام هوایی،قطر هیف و وزیکول، درصد کلنیزاسیون، تعداد و وزن کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه در بوته بزرک در شرایط تنش آبی و تلقیح با میکوریز و تیمار با سالیسیلیک اسید

		میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه	ارتفاع	تعداد برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک کل اندام هوایی
تکرار	۲	۳۶/۱۲۵^{ns}	۱۷۳/۷۲۴**	۷۱/۹۵۲***	۰/۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۷۰۲**	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۱۶۳**
میکوریز	۲	۳۰۰/۲۲۱***	۱۴۷۰/۸۵***	۲۷۴/۲۲۷***	۰/۰۱۲***	۰/۴۲۹***	۰/۳۳۳۲***	۱/۵۳۴***
خشکی	۲	۴۰۲/۰۰۵***	۸۰۸/۲۴۷***	۱۳۴/۰۷۹***	۰/۰۱۴***	۰/۴۱۹***	۰/۱۲۹***	۱/۰۳۶***
میکوریز×خشکی	۴	۴/۶۶۹^{ns}	۱۸۳/۹۱۹**	۶۵/۵۴۷***	۰/۰۰۲***	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۵۸^{ns}
سالیسیلیک اسید	۱	۱۳۳/۶۷۵**	۸۳۲/۶۱***	۲۲۹/۳۴۶***	۰/۰۱***	۰/۳۱۵***	۰/۲۲۰۷***	۱/۰۹۵***
میکوریز×سالیسیلیک اسید	۲	۲۶/۱۹۷^{ns}	۵۰/۷۷۳^{ns}	۷۵/۶۲۹***	۰/۰۰۳***	۰/۱۰۴***	۰/۰۷۲***	۰/۳۶۲***
سالیسیلیک اسید×خشکی	۲	۱۱/۷۴۴^{ns}	۵۳/۷۷۰^{ns}	۰/۱۱۷^{ns}	۰/۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۴۳^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}
میکوریز×خشکی×سالیسیلیک اسید	۴	۳۵/۹۸۸*	۱۳۵/۲۷۱**	۹/۱۶۶^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}
خطا	۳۴	۱۳/۳۵۶	۳۲/۸۳۱	۸/۱۹۴	۰/۰۰۰۲۶	۰/۰۱۰۳	۰/۰۰۵۲	۰/۰۳۰۹

ns، * ، **، *** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ و ۰/۱ درصد

ادامه جدول ۱. تجزیه واریانس صفات تعداد برگ، ارتفاع، طول ریشه، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و کل اندام هوایی،قطر هیف و وزیکول، درصد کلنیزاسیون، تعداد و وزن کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه در بوته بزرگ در شرایط تنش آبی و تلقیح با میکوریز و تیمار با سالیسیلیک اسید

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قطر وزیکول	قطر هیف	کلنیزاسیون	تعداد دانه در کپسول	وزن کپسول در بوته	تعداد کپسول در بوته	عملکرد دانه در بوته
تکرار	۲	۰/۰۰۰۰۱۸^{ns}	۰^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۶۵۱^{ns}	۰/۰۰۰۲۳^{ns}	۰/۰۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۰۲۴^{ns}
میکوریز	۲	۰/۰۰۷۲***	۰/۰۰۰۱۰۹***	۴/۵۷۷***	۶۶/۴۲۱***	۰/۰۰۰۸**	۰/۰۴۲***	۰/۰۰۰۶**
خشکی	۲	۰/۰۰۰۲۴۴***	۰/۰۰۰۰۰۰۱۵^{ns}	۰/۰۳۵*	۳۲/۳۶۹***	۰/۰۰۲۲***	۰/۰۹۶***	۰/۰۰۱۴***
میکوریز×خشکی	۴	۰/۰۰۰۱۷***	۰/۰۰۰۰۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۲۹*	۱۷/۶۲۶***	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۸*	۰/۰۰۰۱۱^{ns}
سالیسیلیک اسید	۱	۰/۰۰۰۰۲۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱۱**	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۶۲۴^{ns}	۰/۰۰۰۲۹^{ns}	۰/۰۰۵۷^{ns}	۰/۰۰۰۱۹^{ns}
میکوریز×سالیسیلیک اسید	۲	۰/۰۰۰۲۴۸***	۰/۰۰۰۰۰۱۲***	۰/۰۲۷^{ns}	۱۳/۱۸۹***	۰/۰۰۰۶۳*	۰/۰۲۳***	۰/۰۰۰۲۷^{ns}
سالیسیلیک اسید×خشکی	۲	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۶*	۰/۰۹۶***	۰/۱۵۷^{ns}	۰/۰۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۵۸^{ns}	۰/۰۰۰۱۳^{ns}
میکوریز×خشکی×سالیسیلیک اسید	۴	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۲۹^{ns}	۰/۰۲۶*	۳/۷۷۸**	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۲۶^{ns}	۰/۰۰۰۱۴^{ns}
خطا	۳۴	۰/۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۰۰۱۳	۰/۰۰۹۱	۰/۶۴۶	۰/۰۰۰۱۴	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۰۱۲۷

ns، *، **، *** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ و ۰/۱ درصد

جدول ۲. مقایسه میانگین‌های اثر تلقیح با میکوریز، خشکی و سالیسیلیک اسید بر صفات مورد بررسی در گیاه بزرک

تیمارهای آزمایشی	تعداد برگ	ارتفاع (cm)	وزن خشک ساقه (g plant^{-1})	وزن خشک برگ (g plant^{-1})	وزن خشک کل (g plant^{-1})	وزن خشک ریشه (g plant^{-1})	طول ریشه (cm)	قطر ویزیکول (mm)	قطر هیف (mm)	کلنیزاسیون ٪	تعداد بذر در کپسول	وزن کپسول در بوته (g plant^{-1})	تعداد کپسول در بوته	عملکرد دانه در بوته (g plant^{-1})
میکوریز														
بدون تلقیح	۱۵۲^{b}	۴۲/۸^{b}	۰/۱۵^{b}	۰/۰۸^{b}	۰/۲۳^{b}	۰/۰۲^{b}	۱۵۴^{b}	۰^{c}	۰^{c}	۶/۷۳^{c}	۳/۸۳^{b}	۰/۰۴^{b}	۱/۳۱^{b}	۰/۰۲^{b}
Glomus mosseae	۳۷۵^{a}	۵۸/۵^{a}	۰/۴۳^{a}	۰/۳۳^{a}	۰/۷۶^{a}	۰/۰۶^{a}	۳۷۷^{a}	۰/۰۳۶۴^{a}	۰/۰۰۴۴^{a}	۷۲/۴^{b}	۶/۸۸^{a}	۰/۱۱^{a}	۴/۰۹^{a}	۰/۱^{a}
Glomus intraradices	۳۱۷^{a}	۵۸/۴^{a}	۰/۴^{a}	۰/۳^{a}	۰/۷^{a}	۰/۰۷^{a}	۳۸۸^{a}	۰/۰۳۲۷^{b}	۰/۰۰۴۱^{b}	۸۵/۵^{a}	۷/۲۲^{a}	۰/۱^{a}	۳/۴۹^{a}	۰/۰۶^{a}
خشکی														
۱۰۰درصد ظرفیت زراعی	۳۴۹^{a}	۵۹/۹^{a}	۰/۴۹^{a}	۰/۳۲^{a}	۰/۸۲^{a}	۰/۰۸^{a}	۵۱۰^{a}	۰/۰۲۰۱^{b}	۰/۰۰۳۹^{a}	۵۰/۲^{b}	۷/۳^{a}	۰/۱۶^{a}	۵/۶۸^{a}	۰/۱۲^{a}
۷۰درصد ظرفیت زراعی	۲۹۶^{b}	۵۳/۲^{b}	۰/۳^{b}	۰/۲۳^{b}	۰/۵۳^{b}	۰/۰۴^{b}	۲۳۲^{b}	۰/۰۲۱۸^{b}	۰/۰۰۲۷^{a}	۵۷^{a}	۵/۹۲^{b}	۰/۰۶^{b}	۲/۳^{b}	۰/۰۵^{b}
۴۰درصد ظرفیت زراعی	۱۹۸^{c}	۴۶/۵^{c}	۰/۱۹^{c}	۰/۱۶^{c}	۰/۳۴^{c}	۰/۰۲^{c}	۱۷۸^{b}	۰/۰۲۷۱^{a}	۰/۰۰۲۹^{a}	۵۷/۵^{a}	۴/۶۲^{c}	۰/۰۲^{c}	۰/۹^{c}	۰/۰۲^{c}
سالیسیلیک اسید														
بدون تیمار	۳۵۹^{a}	۴۹/۳^{b}	۰/۴^{a}	۰/۳^{a}	۰/۷۱^{a}	۰/۰۶^{a}	۳۷۰^{a}	۰/۰۲۳۷^{a}	۰/۰۰۳۰^{a}	۵۳/۶^{a}	۵/۸۴^{a}	۰/۱^{a}	۳/۶۱^{a}	۰/۰۸^{a}
تیمار با سالیسیلیک اسید	۲۰۳^{b}	۵۷/۱^{a}	۰/۲۵^{b}	۰/۱۷^{b}	۰/۴۲^{b}	۰/۰۴^{b}	۲۴۳^{b}	۰/۰۲۲۳^{a}	۰/۰۰۲۷^{b}	۵۶/۲^{a}	۶/۰۵^{a}	۰/۰۶^{a}	۲/۳۱^{a}	۰/۰۴^{a}

در هر ستون، برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل میکوریز و سالیسیلیک اسید بر صفات تعداد برگ، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و کل اندام هوایی در گیاه بزرک

تیمارهای آزمایشی		تعداد برگ	وزن خشک ساقه (g plant $^{-1}$)	وزن خشک برگ (g plant $^{-1}$)	وزن خشک کل (g plant $^{-1}$)	وزن خشک ریشه (g plant $^{-1}$)
بدون تلقیح	بدون تیمار	۱۵۶^{d}	۰/۱۶^{d}	۰/۰۸^{d}	۰/۲۴^{d}	۰/۰۲^{c}
بدون تلقیح	تیمار با سالیسیلیک اسید	۱۴۹^{d}	۰/۱۴^{d}	۰/۰۸^{d}	۰/۲۲^{d}	۰/۰۲^{c}
تلقیح با گلوموس موسه	بدون تیمار	۵۴۱^{a}	۰/۵۹^{a}	۰/۴۵^{a}	۱/۰۵^{a}	۰/۰۹^{a}
تلقیح با گلوموس موسه	تیمار با سالیسیلیک اسید	۲۰۸^{c}	۰/۲۷^{c}	۰/۲^{c}	۰/۴۷^{c}	۰/۰۳^{c}
تلقیح گلوموس اینترارادیسز	بدون تیمار	۳۸۱^{b}	۰/۴۶^{b}	۰/۳۷^{b}	۰/۸۲^{b}	۰/۰۸^{a}
تلقیح گلوموس اینترارادیسز	تیمار با سالیسیلیک اسید	۲۵۳^{c}	۰/۳۴^{c}	۰/۲۴^{c}	۰/۵۸^{c}	۰/۰۶^{b}

در هر ستون، برای هر تیمار میانگین هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

ادامه جدول ۳. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل میکوریز و سالیسیلیک اسید بر صفات قطر هیف و وزیکول، درصد کلنیزاسیون، تعداد و وزن کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول گیاه بزرک

تیمارهای آزمایشی		تعداد دانه در کپسول	وزن کپسول در بوته ($g\ plant^{-1}$)	تعداد کپسول در بوته	کلنیزاسیون٪	قطر هیف (mm)	قطر وزیکول (mm)
بدون تلقیح	بدون تیمار	۲/۶۴^{d}	۰/۰۲^{c}	۰/۷۵^{c}	۶/۷۱^{d}	۰^{c}	۰^{d}
بدون تلقیح	تیمار با سالیسیلیک اسید	۴/۸۳^{c}	۰/۰۵^{bc}	۱/۸۷^{b}	۶/۷۴^{d}	۰^{c}	۰^{d}
تلقیح با گلوموس موسه	بدون تیمار	۷/۳۳^{a}	۰/۱۵^{ab}	۵/۳۸^{a}	۷۲/۱^{c}	۰/۰۰۴۹^{a}	۰/۰۴۱۱^{a}
تلقیح با گلوموس موسه	تیمار با سالیسیلیک اسید	۶/۴۳^{b}	۰/۰۷^{b}	۲/۷۹^{b}	۷۱/۹^{c}	۰/۰۰۳۹^{b}	۰/۰۳۱۶^{c}
تلقیح گلوموس اینترارادیسز	بدون تیمار	۷/۵۴^{a}	۰/۱۴^{a}	۴/۷۱^{a}	۸۱/۱^{b}	۰/۰۰۴۱^{b}	۰/۰۳۰۱^{c}
تلقیح گلوموس اینترارادیسز	تیمار با سالیسیلیک اسید	۶/۸۹^{ab}	۰/۰۶^{bc}	۲/۲۷^{b}	۸۹/۸^{a}	۰/۰۰۴۱^{b}	۰/۰۳۵۳^{b}

در هر ستون، برای هر تیمار میانگین هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

مدنی (۲۹) در ذرت و هاوکینز و جورج (۱۱) در بزرک مطابقت داشت. قارچ میکوریز از طریق گسترش هیف و توسعه سیستم ریشه، سطح جذب آب بیشتری برای گیاه فراهم می‌کند و به دنبال جذب آب بیشتر، مواد غذایی بیشتری جذب شده که منجر به تولید و تجمع ماده خشک بیشتری در گیاه می‌شود. از طرفی افزایش جذب آب در گیاهان میکوریزی باعث افزایش تقسیم و کشیدگی سلولی نسبت به گیاهان تلقیح نشده می‌شود (۳، ۶و۳۳).

تنش خشکی نیز تأثیر معنی‌داری بر همه صفات به جزء قطر هیف داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت خشکی، ارتفاع، تعداد برگ در بوته، وزن خشک برگ، ساقه و کل اندام هوایی، طول و وزن خشک ریشه، تعداد کپسول در بوته، وزن کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه در بوته کاهش نشان دادند؛ به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار به‌ترتیب مربوط به سطح آبیاری ۱۰۰٪ و۴۰٪ ظرفیت زراعی بود. نتایج نشان داد که بیشترین قطر وزیکول در سطح آبیاری ۴۰٪ مشاهده شد و کمبود آب در خاک باعث افزایش درصد کلنیزاسیون شد (جدول ۲). نتایج حاصل از تأثیر خشکی بر صفات مورد مطالعه در این تحقیق با نتایج حسین و همکاران (۱۲)، کاتیولی و همکاران (۷)، کیانگ شنگ و رنکسو (۲۴)، ما و همکاران (۱۹)، ساجدی و مدنی (۲۹)، خرجید (۱۸) و علیزاده و همکاران (۱) مطابقت داشت. خشکی بطور غیر مستقیم، میزان مواد فتوسنتزی صادر شده از برگ‌ها را کاهش می‌دهد و از طرفی کاهش پتانسیل آب نیز از انتقال و ذخیره مواد فتوسنتزی می‌کاهد که این امر، آسیب‌پذیری تشکیل دانه را در شرایط کم آبی افزایش می‌دهد (۱۴). کاهش در صفات فوق و رشد گیاه ممکن است به دلیل کاهش جذب آب، عناصر غذایی، سطح برگ و ترکیبات فتوسنتزی و افزایش هزینه سوخت و ساز در گیاه برای تطابق با خشکی باشد. هم‌چنین نتایج این تحقیق نشان داد که میکوریز در شرایط کمی آب برای زنده ماندن قطر وزیکول خود را افزایش داده است.

اثر سالیسیلیک اسید بر ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک ساقه، برگ، ریشه و کل اندام هوایی، قطر هیف و طول ریشه معنی‌دار

گردید و بر بقیه صفات تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). تیمار بذر با سالیسیلیک اسید باعث کاهش صفات تعداد برگ، وزن خشک ریشه، برگ، ساقه و کل اندام هوایی، طول ریشه و قطر هیف و افزایش ارتفاع گیاهان نسبت به عدم کاربرد سالیسیلیک اسید شد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد که سالیسیلیک اسید از طریق کاهش قطر هیف بر قارچ میکوریز تأثیر منفی داشته است. نتایج این تحقیق مبنی بر افزایش ارتفاع با نتایج خان و همکاران (۱۶) و بلخدی و همکاران (۴) و مبنی بر کاهش وزن خشک با گزارشات فریدودین و همکاران (۸) در کلزا در حضور سالیسیلیک اسید مطابقت داشت. غلظت‌های بالای سالیسیلیک اسید باعث تغییراتی در اندامک‌های سلولی می‌شود که می‌تواند باعث آسیب به رشد و متابولیسم گیاه شود (۳۲). رائو و دویس (۲۵) گزارش کردند که تجمع سالیسیلیک اسید بیش از اندازه می‌تواند یک مسیر مرگ سلولی برنامه‌ریزی شده را القا کند. هم‌چنین اوزونووا و پوپووا (۳۲) بیان کردند که مهمترین تغییرات مورفولوژیکی در شرایط تیمار با سالیسیلیک اسید، کاهش گسترش برگ در گیاه می‌باشد.

بلخدی و همکاران (۴) در مطالعه خود از دو غلظت سالیسیلیک اسید (۱۰۰۰ و ۲۵۰ میکرومولار) استفاده کرده بودند که هر دو غلظت تأثیر مثبتی را در آزمایش آنها نشان دادند، لذا ما کمترین غلظت (۲۵۰ میکرومولار) را برای اجرای تحقیق خود انتخاب کردیم. از طرف دیگر، مطالعه بلخدی و همکاران (۴) در اتاقک رشدی با شرایط نور ۲۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه با طول روز ۱۶ ساعت، طول شب ۸ ساعت، دمای روز ۲۳ درجه سانتی‌گراد، دمای شب ۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی تقریبا ۷۵٪ انجام شد و پیش تیمار بذرهای بزرک با غلظت ۲۵۰ میکرومولار در این شرایط محیطی در تحقیق آنها دارای اثر مثبتی بر خصوصیات بزرک بود. با توجه به اینکه شرایط محیطی تنظیم شده در اتاقک رشد در تحقیق ما، متفاوت از شرایط محیطی اتاقک رشد در آزمایش بلخدی و همکاران (۴) بود، لذا بنظر می‌رسد تأثیر منفی سالیسیلیک اسید در این تحقیق نه تنها به علت غلظت بالای سالیسیلیک اسید نمی‌باشد بلکه به علت تفاوت در شرایط محیطی اتاقک رشد نسبت به مطالعه بلخدی و همکاران (۴) می‌باشد. در واقع این نتیجه بیانگر این مطلب است که تأثیر سالیسیلیک اسید بستگی به شرایط محیطی در محل رشد گیاه دارد. سالیسیلیک اسید در این آزمایش بر بیشتر صفات مورد بررسی به خصوص بر تعداد برگ و وزن خشک برگ تأثیر منفی داشته و از مقدار آنها نسبت به شرایط نبود سالیسیلیک اسید کاسته است که این نتایج با نتایج اوزونووا و پوپووا (۳۲) در رابطه با صفت برگ مطابقت داشت. بنظر می‌رسد سالیسیلیک اسید بکار رفته در این تحقیق باعث تغییراتی در اندامکهای سلولی، کارکرد و ترکیبات موجود در ساختار اندامک‌ها شده است که در نهایت توانسته باعث آسیب به رشد و متابولیسم گیاه شود. از طرفی این احتمال وجود دارد که در شرایط محیطی تنظیم شده برای اتاقک رشد در این تحقیق، سالیسیلیک اسید تأثیر منفی نشان داده و باعث ریزش برگ از طریق مرگ سلولی شده و در نهایت تعداد برگ را کاهش داده است. با کاهش تعداد برگ، سطح فتوسنتز کننده و مواد فتوسنتزی لازم برای رشد گیاه، کاهش یافته و در نهایت وزن خشک و عملکرد گیاه نیز کاهش یافته است.

اثر متقابل بین میکوریز و سالیسیلیک اسید بر وزن کپسول در بوته،تعداد برگ، وزن خشک ساقه، برگ، ریشه و کل اندام هوایی، قطر هیف و وزیکول، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول معنی‌دار شد و در بقیه صفات تأثیر معنی‌داری را نداشت (جدول ۱). تیمار با سالیسیلیک اسید آثار کاهنده بیشتری در گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان بدون میکوریز در صفات تعداد برگ، وزن خشک ساقه، برگ،ریشه و کل اندام هوایی داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار با سالیسیلیک اسید در گیاهان میکوریزی باعث کاهش و در گیاهان بدون میکوریز باعث افزایش تعداد دانه در کپسول، تعداد و وزن کپسول در بوته نسبت به عدم تیمار با سالیسیلیک اسید شد (جدول ۳). تیمار با سالیسیلیک اسید باعث کاهش قطر هیف و قطر وزیکول گونه گلوموس موسه

و افزایش قطر وزیکول گونه گلوموس اینترارادیسز نسبت به عدم تیمار با سالیسیلیک اسید شد (جدول ۳). این نتایج مبنی بر کاهش صفات وزن خشک ساقه، برگ، ریشه و کل اندام هوایی با نتایج اوزگونن و همکاران (۲۳) در گوجه فرنگی مطابقت داشت. مدینا و همکاران (۲۰) گزارش کردند که محتوای سالیسیلیک اسید در گیاهان، میکوریزی شدن را کاهش می‌دهد و افزایش سطوح سالیسیلیک اسید در گیاهان کلنیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریز را به‌تأخیر می‌اندازد. هم‌چنین آنها بیان کردند که تغییرات سطوح سالیسیلیک اسید در گیاهان بر گونه گلوموس موسه در طول استقرار قارچ اثر دارد، ولی، سطح نهایی کلنیزاسیون ریشه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، در صورتیکه این حالت در گونه گلوموس اینترارادیسز دیده نشد.

با این‌که اثر سالیسیلیک اسید بر کلنیزاسیون در این طرح تفاوت معنی‌داری را ایجاد نکرده بود ولی مشاهده روند کاهش کلنیزاسیون توسط گلوموس موسه در این آزمایش با گزارش مدینا و همکاران (۲۰)، اوزگونن و همکاران (۲۳) در گوجه فرنگی و بیلیلو و همکاران (۵) در برنج مطابقت داشت. از طرفی در این آزمایش بنظر می‌رسد تأثیر منفی سالیسیلیک اسید بر قارچ‌های میکوریز بخصوص گلوموس موسه از طریق کاهش قطر هیف در میکوریز باشد. خاساد و همکاران (۱۷) گزارش کردند که غلظت بالای سالیسیلیک اسید باعث کاهش قابلیت گیاهان در کلنیزاسیون با میکوریز می‌شود. اوزگونن و همکاران (۲۳) گزارش کردند که سالیسیلیک اسید و ترکیبات وابسته به آن در گیاه گوجه فرنگی اثر منفی روی قارچ میکوریز دارد. در این تحقیق به نظر می‌رسد که تیمار با سالیسیلیک اسید باعث کاهش توانایی میکوریز برای کلنیزاسیون با گیاهان بزرگ از طریق کاهش قطر هیف شده است، در نتیجه تأثیرات مفید قارچ میکوریز را در افزایش رشد گیاهان میکوریزی کاهش داده است.

برهمکنش بین میکوریز و خشکی بر تعداد برگ، وزن خشک ریشه، قطر وزیکول و تعداد دانه در کپسول، ارتفاع، کلنیزاسیون و تعداد کپسول در بوته معنی‌دار گردید، ولی، تأثیر معنی‌داری بر صفات وزن خشک ساقه، برگ و کل اندام هوایی نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد برگ در سطح ۴۰٪ ظرفیت زراعی مربوط به گونه گلوموس اینترارادیسز و در سطح آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی مربوط به گونه گلوموس موسه بود (جدول ۴). بیشترین مقدار برای ارتفاع، وزن خشک ریشه،تعداد دانه در کپسول و قطر وزیکول در سطح آبیاری ۱۰۰٪ مربوط به گلوموس اینترارادیسز و در سطح ۴۰٪ مربوط به گلوموس موسه بود. بیشترین درصد کلنیزاسیون در سطوح آبیاری ۱۰۰٪ و ۴۰٪ظرفیت زراعی مربوط به گونه گلوموس اینترارادیسز بود و با افزایش خشکی درصد کلنیزاسیون در هر ۲ گونه زیاد شد (جدول ۴). در سطوح آبیاری۱۰۰٪ و ۴۰٪ ظرفیت زراعی گلوموس موسه بیشترین تعداد کپسول در بوته را به خود اختصاص داده بود. نتایج این تحقیق مبنی بر افزایش وزن خشک ریشه، ارتفاع و تعداد برگ با نتایج یوسفی راد و همکاران (۳۴) و علیزاده و همکاران (۱) و مبنی بر افزایش درصد کلنیزاسیون توسط قارچ‌های میکوریز در شرایط خشکی بخصوص در گونه گلوموس موسه با نتایج رویز–لوزانو و همکاران (۲۷) مطابقت داشت. این نتایج مبنی بر افزایش تعداد دانه در کپسول با گزارشات ریچنبچ و همکاران (۲۶) در بزرک مطابقت داشت. در واقع میکوریز هم در شرایط بدون تنش و هم در شرایط تنش خشکی باعث بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده و رشد گیاه را در هر دو شرایط افزایش می‌دهد.

نتایج نشان داد که اثر متقابل بین سالیسیلیک اسید و خشکی فقط بر صفات کلنیزاسیون و قطر هیف معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار با سالیسیلیک اسید در همه سطوح آبیاری باعث کاهش قطر هیف نسبت به شاهد شد. در سطوح آبیاری ۱۰۰٪ و ۷۰٪، تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش و در سطح آبیاری ۴۰٪ باعث کاهش کلنیزاسیون نسبت

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل میکوریز و خشکی بر صفات تعداد برگ، ارتفاع، وزن خشک ریشه، قطر وزیکول، درصد کلنیزاسیون، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول بزرک

تیمارهای آزمایشی		تعداد برگ	وزن خشک ریشه (g plant $^{-1}$)	ارتفاع (cm)	قطر وزیکول (mm)	کلنیزاسیون ٪	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته
بدون تلقیح	۱۰۰درصد ظرفیت زراعی	۳۲۷^{ab}	۰/۰۴^{cd}	۵۴/۸^{c}	۰^{c}	۷/۱^{d}	۶/۷۱^{b}	۲/۹۲^{bc}
بدون تلقیح	۷۰درصد ظرفیت زراعی	۹۰/۴^{c}	۰/۰۱^{e}	۴۱/۱^{d}	۰^{c}	۷/۹^{d}	۴/۲۴^{c}	۰/۸۸^{de}
بدون تلقیح	۴۰درصد ظرفیت زراعی	۴۱/۱^{c}	۰/۰۰۴^{e}	۳۲/۳^{e}	۰^{c}	۵/۱^{d}	۰/۲۵^{d}	۰/۱۲^{e}
تلقیح با گلوموس موسه	۱۰۰درصد ظرفیت زراعی	۴۰۴^{ab}	۰/۰۷^{b}	۵۸/۴^{bc}	۰/۰۲۹۹^{b}	۶۲/۶^{c}	۷/۲۸^{ab}	۸/۸۸^{a}
تلقیح با گلوموس موسه	۷۰درصد ظرفیت زراعی	۴۴۹^{a}	۰/۰۷^{b}	۶۲/۵^{ab}	۰/۰۳۱۶^{b}	۷۸/۱^{b}	۶/۳۷^{b}	۱/۸^{cd}
تلقیح با گلوموس موسه	۴۰درصد ظرفیت زراعی	۲۷۱^{b}	۰/۰۴^{cd}	۵۴/۵^{c}	۰/۰۴۷۶^{a}	۷۶/۶^{b}	۷^{ab}	۱/۵۸^{cd}
تلقیح گلوموس اینترارادیسز	۱۰۰درصد ظرفیت زراعی	۳۱۸^{ab}	۰/۱۲^{a}	۶۶/۳^{a}	۰/۰۳۰۳^{b}	۸۰/۸^{b}	۷/۹۱^{a}	۵/۲۴^{b}
تلقیح گلوموس اینترارادیسز	۷۰درصد ظرفیت زراعی	۳۵۰^{ab}	۰/۰۵^{c}	۵۶/۱^{bc}	۰/۰۳۳۹^{b}	۸۴/۹^{ab}	۷/۱۴^{ab}	۴/۲۲^{b}
تلقیح گلوموس اینترارادیسز	۴۰درصد ظرفیت زراعی	۲۸۳^{b}	۰/۰۳^{d}	۵۲/۶^{c}	۰/۰۳۳۸^{b}	۹۰/۸^{a}	۶/۵۹^{b}	۱/۰۱^{d}

در هر ستون، برای هر تیمار میانگین‌هایی که دارای حرف مشابه هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

به شاهد شد (داده‌ها نشان داده نشد). در واقع سالیسیلیک اسید در شرایط تنش خشکی شدید باعث کاهش کلنیزاسیون ریشه بزرک شده است. اثر متقابل سه گانه بین میکوریز و خشکی و سالیسیلیک اسید فقط بر صفات ارتفاع، تعداد دانه در کپسول، طول ریشه و درصد کلنیزاسیون معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح با گلوموس اینترارادیسز در سطح آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی و تیمار با سالیسیلیک اسید بیشترین و گیاهان بدون تلقیح در سطح آبیاری ۴۰٪ و بدون تیمار با سالیسیلیک اسید کمترین ارتفاع را به خود اختصاص دادند. بیشترین طول ریشه و تعداد دانه در کپسول در شرایط تلقیح با گلوموس اینترارادیسز در سطح آبیاری ۱۰۰٪ و بدون تیمار با سالیسیلیک اسید و کمترین مقدار نیز در شرایط بدون تلقیح در سطح آبیاری ۴۰٪ و تیمار با سالیسیلیک اسید به‌دست آمد. بیشترین کلنیزاسیون مربوط به گلوموس اینترارادیسز در سطح آبیاری ۴۰٪ و تیمار با سالیسیلیک اسید و کمترین مقدار مربوط به گیاهان بدون تلقیح بود (داده‌ها نشان داده نشد).

نتیجه‌گیری

گیاهانی که با سالیسیلیک اسید تیمار می‌شوند، تغییراتی با درجات مختلف نشان می‌دهند که به غلظت به کار رفته، نوع گونه و رقم گیاه، دوره رشدی گیاه، شرایط محیطی، روش و زمان اعمال سالیسیلیک اسید بستگی دارد. لذا ملاحظه می‌شود که همه این موارد به جزء شرایط محیطی اتاقک رشد، با مطالعه مذکور در بخش‌های مواد و روش و نتایج و بحث، یکسان می‌باشد. با توجه به اینکه شرایط محیطی (دما، نور و دیگر شرایط لازم برای رشد گیاه) تنظیم شده در اتاقک رشد در تحقیق ما، متفاوت از شرایط محیطی اتاقک رشد در مطالعه قبلی بود، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در این تحقیق تأثیر منفی سالیسیلیک اسید نه تنها به علت غلظت بالای سالیسیلیک اسید نمی‌باشد بلکه به علت تفاوت در شرایط محیطی اتاقک رشد نسبت به مطالعه قبلی است. در واقع این نتیجه بیانگر این مطلب می‌باشد که تأثیر سالیسیلیک اسید بستگی به شرایط محیطی در محل رشد گیاه دارد. سطح آبیاری ۱۰۰٪ بدلیل بهبود صفات مورد بررسی بخصوص عملکرد و اجزای آن به عنوان بهترین سطح آبیاری بود. تحمل به خشکی در گیاهان بزرک تلقیح شده با هر دو نوع میکوریز بخصوص گلوموس موسه نسبت به گیاهان بدون تلقیح افزایش یافت. تلقیح با هر دو گونه میکوریز در کنار تیمار با سالیسیلیک اسید باعث افزایش صفات نسبت به شرایط بدون تلقیح و بدون تیمار شد ولی نسبت به شرایط تلقیح با میکوریز و عدم کاربرد سالیسیلیک اسید، صفات مورد بررسی را کاهش داد که این حالت نشان دهنده عدم وجود اثر افزایشی بین میکوریز و سالیسیلیک اسید می‌باشد. لذا با ترویج و کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی قارچ‌های میکوریز می‌توان نتایج مثبتی را در رشد و عملکرد گیاه بزرک به‌دست آورد. از این‌رو پیشنهاد می‌شود، کاربرد قارچ‌های میکوریز به‌خصوص گونه گلوموس موسه در کشت گیاه بزرک بدون تیمار با سالیسیلیک اسید به ویژه در شرایط تنش خشکی، افزایش یابد، زیرا علاوه بر افزایش عملکرد، در مصرف آب و کودهای شیمیایی نیز صرفه‌جویی شده و گیاه را نسبت به بروز شرایط تنش مانند تنش خشکی متحمل‌تر می‌سازد و از اثرات منفی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نیز جلوگیری می‌نماید.

منابع مورد استفاده

1. Alizadeh, A., A. Majidi, H. A. Nadian, GH. Noormohammadi and M. R. Amerian. 2007. Effects of mycorrhizal inoculation at different levels of irrigation and nitrogen on morphological and physiological characteristics of corn. *Journal of Modern Agriculture* 1(4): 309-319. (In Farsi).
2. Arbab, A., H. Aliabadi Farahani and B. Abbaszadeh. 2008. The effects of super phosphate triple, water deficit stress and *Glomus hoi* biological fertilizer on some quantity and quality characteristics of *Coriandrum sativum* L.

Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 18-30. (In Farsi).
3. Auge, R. M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal of Soil Science* 84: 373-381.
4. Belkhadi, A., H. Hediji, Z. Abbes, I. Nouairi, Z. Barhoumi, M. Zarrouk, W. Chaibi and W. Djebali. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid contentin *Linum usitatissimum* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 1004–1011.
5. Blilou P, J. A. Bueno and J. Ocampo Garcia-Garrido. 2000. Induction of catalase and ascorbate peroxidase activities in tobacco roots inoculated with the arbuscular mycorrhizal *Glomus mosseae*. *Mycological Research* 104: 722-725.
6. Cardoso, I. and M. T. W. Kuyper. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agricultural Ecosystems and Environment* 116: 72-84.
7. Cattivelli, L., F. Rizza, F. W. Badeck, E. Mazzucotelli, A. M. Mastrangelo, E. Francia, C. Mare, A. Tondelli and A. M. Stanca. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrative view from breeding to genomics. *Field Crops Research* 105: 1–14.
8. Fariduddin, Q., S. Hayat and A. Ahmad. 2003. Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. *Photosynthetica* 41: 281–284.
9. Farooq, M., A. Wahid, N. Kobayashi, D. Fujita and S.M.A. Basra. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185–212.
10. Gupta, N. and S. Rutaray. 2005. Growth and development of AM fungi and maize under salt and acid stress. *Acta Agricultural Scandinavia, Section B, Soil and Plant Science* 55:151-157.
11. Hawkins, H. J. and E. George. 1997. Hydroponic culture of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* with *Linum usitatissimum* L., *Sorghum bicolor* L. and *Triticum aestivum* L. *Plant and Soil* 196: 143–149.
12. Hussain M., M. A. Malik, M. Farooq, M. Y. Ashraf and M. A. Cheema. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. *Journal of Agronomy and Crop Science* 194: 193–199.
13. Iqbal, M., M. Ashraf, A. Jamil and U. R. M. Shafiq. 2006. Does seed priming induce changes in the levels of some endogenous plant hormones in hexaploid wheat plant under salt stress. *Journal of Integrative Plant Biology* 48 (2): 181-189.
14. Kafi, M., E. Zand, B. Kamkar, H. Sharifi and H. Goldani. 1999. Plant Physiology. Mashhad Jehad. Daneshgahi Press, 2nd ed., 379pp. Translated in Persian.
15. Khajehpour, M. R. 2004. Industrial Plants. Isfahan University of Technology Pub., Isfahan, Iran. 564 pp. (In Farsi).
16. Khan W., B. Prithiviraj and D. Smith. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology* 160: 485–492.
17. Khaosaad, T., J. M. Garcia-Garrido, S. Steinkellner and H. Vierheilig. 2007. Take-all disease is systemically reduced in roots of mycorrhizal barley plants. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 727–734.
18. Khorgade, P. W. 1992. Path analysis of yield attributes in linseed. *Agricultural Science Digest Karnel* 12: 76-78.
19. Ma, Q., S. R. Niknam and D. W. Turner. 2006. Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Australian Journal Agricultural Research* 57(2): 221-226.
20. Medina M. J. H., H. Gagnon, Y. Piche, J. A. Ocampo, J. M. G. Garrido and H. Vierheilig. 2003. Root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi is affected by the salicilic acid content of the plant. *Plant Science* 164 (6): 993-998.
21. Metwally, A., I. Finkemeier, M. Georgi and K. J. Dietz. 2003. Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Physiology and Biochemistry of Plant* 132: 272- 281.
22. Mohammadi Mirik, A. A., G. Saeidi, A. Rezai. 2009. Interaction effects of planting date with seeding rate on agronomic traits of different genotypes of flax. *Iranian Journal of Agricultural Research* 7(2): 219-228. (In Farsi).
23. Ozgonen, H., M. Bicici and A. Erkilic. 2001. The Effect of Salicyclic Acid and Endomycorrhizal Fungus Glomus etunicatum on Plant Development of Tomatoes and Fusarium Wilt Caused by Fusarium oxysporum f.sp lycopersici. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 25: 25-29.
24. Qiangsheng, W. And X. Renxue. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on leaf solutes and root absorption areas of trifoliate orange seedlings under water stress conditions. *Frontiers of Forestry in China* 3: 312−317.
25. Rao, M. V. and R. D. Davis. 1999. Ozone-induced cell death occurs via two distinct mechanisms in Arabidopsis: the role of salicylic acid. *Plant Journal* 17: 603–614.
26. Reichenbach, H., G. Von and F. Schonbeck. 1995. Influence of VA-mycorrhiza on drought tolerance of flax (*Linum usitatissimum* L.). 1. Influence of VAM on growth and morphology of flax and on physical parameters of the soil. *Angewandte Botanik* 69(1/2): 49–54.
27. Ruiz-Lozano, J. M., R. Azcon and M. Gomez. 1995. Effects of arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species on drought

tolerance: Physiological and Nutritional Plant Responses. *Applied and Environmental Microbiology* 61(2): 456-460.

28. Sadat, A., Gh. Savaghebi, F. Rejali, M. Farahbakhsh, K. Khavazi and M. Shirmardi. 2010. Effects of some arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil. *Journal of Water and Soil* 24(1): 53-62. (In Farsi).
29. Sajedi, N. A. and H. Madani. 2008. Interaction of drought stress, zinc and mycorrhiza on yield, yield components and harvest index of maize. *Journal of Modern Agriculture* 2(3): 272-284. (In Farsi).
30. Salehi, M., A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati. 2003. Leaf nitrogen and SPAD reading as indicator for drought stress in wheat. *Iranian Journal of Agricultural Research* 1(2): 199-204. (In Farsi).
31. Thompson, J. P. 1996. Correction of dual phosphorus and zinc deficiencies of linseed (*Linum usitatissimum* L.) with cultures of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 28(7): 941-951.
32. Uzunova, A. N. and L. P. Popova. 2000. Effect of salicylic acid on leaf anatomy and chloroplast ultrastructure of barley plants. *Photosynthetica* 38(2): 243-250.
33. Vamerali, T., M. Saccomani, S. Bona, G. Mosca, M. guarise and A. Ganis. 2003. A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. *Plant and Soil* 255: 157-167.
34. Yousefi Rad, M., GH. Noormohammadi, M. R. Ardakani, E. Majidi Hervan and S. J. Mirhadi. 2009. Effect of mycorrhiza on morphological characteristics and nutrients content of barley under different salinity levels. *Journal of New Agricultural Sciences* 5(16):105-114. (In Farsi).
35. Zarei, M. 2008. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in polluted soils with heavy metals and their effectiveness in phytoremediation, PhD. Thesis , College of Agriculture and Natural Resource, University of Tehran, Tehran, Iran, 220 pp. (In Farsi).