مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۲، تابستان ۱۴۰۰ / صفحات: ۹۴-۸۲
Doi: 10.30495/iper.2021.679540 Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.62.6.6

تأثیر میکوریزا و سالیسیلیک اسید بر عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت (*Zea mays*)

محسن پیمان یونس‌پور ، مرتضی سام دلیری ، پوریا مظلوم*، امیرعباس موسوی میرکلائی ، مرتضی مبلغی

گروه زراعت، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۲۸

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر عملکرد و رنگریزهای فتوسنتزی ذرت آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۸ طی دو سال زراعی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل میکوریزا گونه‌های (*G. mosseae*)، (*G. geosporum*) و (*G. intraradices*) در دو سطح (عدم مصرف و مصرف میکوریزا) و اسید سالیسیلیک در دو سطح (عدم مصرف و مصرف یک میلی‌مولار اسید سالیسیلیک) بود. نتایج نشان داد که اثرات دوگانه میکوریزا × سال و میکوریزا × اسید سالیسیلیک بر تمام صفات مورد بررسی تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت. بیشترین ارتفاع بوته در تیمار قارچ (*G. intraradices*) و در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به‌دست آمد. همچنین صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه، فسفر، پتاسیم و نیتروژن دانه و کلروفیل a و b در تیمار قارچ *G. mosseae* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک نتیجه بهتری نسبت به دیگر تیمارها مشاهده شد. به طور کلی، نتایج نشان داد که مصرف میکوریزا به همراه محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش رشد رویشی و زایشی می‌شود. این افزایش به دلیل افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش مواد فتوسنتزی بیشتری است که در جهت توسعه‌ی اندام‌های زایشی اختصاص داده شده است، که در نهایت موجب بهبود عملکرد ذرت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه، کلروفیلa، محلول‌پاشی، همزیستی میکوریزایی.

مقدمه

ذرت (*Zea mays*) یکی از مهمترین گیاهان زراعی می‌باشد که اهمیت بالایی در صنعت، تغذیه انسان، تعلیف دام و تغذیه طیور دارد (Zeidali et al., 2018). امروزه با افزایش سطح زیر کشت ذرت در کشور به همراه نیاز بالای ذرت به عناصر غذایی موجب شده است که علاوه بر مصرف بیش‌ازحد نهاده‌های شیمیایی، هزینه‌های تولید افزایش یافته و خطرات زیست‌محیطی ایجاد شود (Karami et al., 2018; Zeidali et al., 2018).

یکی از اصول کشاورزی پایدار در مدیریت منابع خاکی، بررسی موجودات خاکزی و روابط همزیستی متقابل مفید بین اجزای اکوسیستم در زنجیره‌های غذایی و چرخه حیاتی است (Karami Chame et al., 2016). با توجه به این‌که در اکثر موارد، کمیت و کیفیت میکروارگانیسم‌های خاکزی در حد مطلوب نیست، کودهای زیستی به‌منظور تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه تولید شده‌اند (Yazdani

*نویسنده مسئول: p_mazloom@iauc.ac.ir

et al., 2009). کودهای زیستی یا بیولوژیکی حاوی انواع میکروارگانیسم‌ها هستند که قادرند عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر را از طریق فرایندهای زیستی مانند تثبیت نیتروژن و محلول کردن فسفات از شکل غیرقابل دسترس به فرم دسترس جهت گیاه فراهم نمایند (Zeidali et al., 2018; Vessey, 2003).

قارچ میکوریزا با ایجاد نوعی رابطه همزیستی باریشه گیاهان، برای افزایش محصولات کشاورزی دارای اهمیت می‌باشد (Karami et al., 2018). قارچ‌های میکوریزا دارای روابط همزیستی باریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، افزایش جذب آب، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در می‌شوند (Sharma, 2002).

سالیسیلیک اسید از جمله ترکیبات فنولیکی است که نقش تنظیم‌کنندگی در فرایندهای زیستی و بیوشیمیایی گیاهان دارد (Khan et al., 2003) که از آن جمله می‌توان به تنظیم تعرق، بسته شدن روزنه‌ها، تراوایی غشاء، رشد و فتوسنتز اشاره کرد (Khan et al., 2003; Shakirova et al., 2003). سالیسیلیک اسید ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان تحت تنش‌های غیرزیستی را تنظیم نموده و نیز سبب مقاومت آن‌ها در برابر بیماری‌ها می‌شود (Hashempour et al., 2014). محققان در گزارش‌های جداگانه اظهار کردند که سالیسیلیک اسید بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف مانند نخود (Rajabi et al., 2013)، لوبیا (Karami Chame et al., 2016)، بابونه آلمانی (Sahraei et al., 2018)، کلزا (Maleki and Fathi, 2019) تأثیر معنی‌دار دارد. Fariduddin و همکاران (2003) گزارش کردند محلول‌پاشی گیاه کلزا با سالیسیلیک اسید بعد از ۶۰ روز از رشد، ماده خشک بیشتری نسبت به گیاهان شاهد داشتند. محققان گزارش کردند که مصرف میکوریزا سبب بهبود شرایط رشد و نمو گیاه می‌شود (Parsa Motlagh et al., 2010; Karami et al., 2018)، همچنین اگر این مصرف به همراه سالیسیلیک اسید باشد تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات فیزیولوژیکی آن می‌گذارد زیرا ازیک‌طرف این قارچ‌ها دارای ریسه‌های فراوانی بوده که این ریسه‌ها وارد سیستم ریشه‌های گیاه شده و بر وزن ریشه می‌افزایند که با جذب عناصر در خاک همراه است و از طرفی سالیسیلیک اسید با تأثیر بر فرایندهای فتوسنتزی، رشد گیاه را افزایش می‌دهد و در نهایت سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌گردد (Garg and Bharti, 2018; Taheri and Fathi, 2016; Quiroga et al., 2018).

با توجه به اهمیت دستیابی به روش‌های کشاورزی پایدار، نیاز به انجام مطالعه جهت بررسی اثرات متقابل گونه‌های میکوریزا و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید ضروری به نظر می‌رسید. لذا این آزمایش به‌منظور بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژیک ذرت انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ طی دو سال زراعی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، با موقعیت طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۶۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۴۰ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ۳ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل میکوریزا در دو سطح عدم تلقیح بذر یا شاهد، تلقیح بذر با گونه‌های (*G. mosseae*)، (*G. geosporum*) و (*G.*

intraradices) و اسید سالیسیلیک در دو سطح (عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی یک میلی مولار اسید سالیسیلیک در مرحله ۱۲ برگی) بود. به‌منظور تعیین خصوصیات خاک قبل از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر خاک صورت گرفت و نتایج تجزیه نمونه‌های خاک محل آزمایش در (جدول ۱) نشان داده شده است. هر کرت شامل ٦ خط کاشت و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۵ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد. در تیمارهای تلقیح بذر با قارچ میکوریزا، ماده تلقیح هم‌زمان با کاشت، به مقدار ۲۰ گرم، داخل هر یک از سوراخ‌های کاشت و در تماس مستقیم با بذر قرارگرفت. برداشت هنگامی صورت گرفت که در محل اتصال دانه چوب بلال با بلوغ فیزیولوژیک و پیدایش لایه سیاه ایجاد شد. در نمونه‌برداری دو ردیف کناری حذف و نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف نیز به‌عنوان اثر حاشیه حذف شدند و نمونه‌برداری از دو ردیف میانی صورت گرفت. تعداد پنج بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، وزن بلال، عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. جهت تعیین غلظت عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) ذرت، ابتدا از هر کرت آزمایشی سه بوته را به‌طور تصادفی انتخاب کرده و بذرهای آن بوته را جدا نموده و سپس در پاکت کاغذی گذاشته و با قرار دادن در دستگاه آون فن‌دار به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌دهیم و بعد از خشک شدن، توسط دستگاه آسیاب برقی پودر شده و در نهایت به روش هضم توسط اسیدسولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم، عصارهٔ آن‌ها تهیه شد (Emami, 1996) و برای اندازه‌گیری کلیه عناصر بذر از این عصاره استفاده شد.

میزان درصد نیتروژن بذر، به روش تیتراسیون بعد از تقطیر به کمک دستگاه سیستم اتوماتیک کجل تک اتو آنالیز (Tecator Kjltec auto 10 analyzer) (Bremner & Mulvaney, 1982)، میزان فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی (رنگ زرد مولیبدات-وانادات) و به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و میزان پتاسیم با استفاده از روش نشر شعله‌ای و به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شدند (Emami, 1996).

اندازه‌گیری میزان کلروفیل‌های a و b در برگ‌های جوان هر تیمار از روش Arnon (1975) به این صورت استفاده شد که یک برگ خرد شده همراه با ۰/۵ گرم کربنات منیزیم و ۲۰ سی‌سی استون Merck در یک بوته چینی قرار گرفته، در ظرف یخ ریخته و توسط هاون ساییده شد. سپس عصاره برگ را در داخل لوله‌های درب‌دار مخصوص سانتریفیوژ، به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور قرار داده شد تا عصاره‌ی یکنواختی از هر نمونه به‌دست آید و هموژن شود. سپس مقدار یک میلی‌لیتر از این عصاره هموژن و سوپرناتانت را در داخل سل‌های دستگاه اسپکتروفتومتر قرار داده و در طول موج‌های ٦٤٥ نانومتر برای کلروفیل a و ٦٦٣ نانومتر برای کلروفیل b میزان جذب نور محاسبه شد و با قرار گرفتن در فرمول‌های زیر میزان کلروفیل‌های a و b تعیین شد.

$$\text{کلروفیل a} = \text{mg.g}^{-1} = (0/0127\ E663) - (0/00259\ E645) \times V/W \times 1000$$

$$\text{کلروفیل b} = \text{mg.g}^{-1} = (0/0229\ E645) - (0/00469\ E663) \times V/W \times 1000$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه‌های آماری SAS و جهت مقایسه میانگین صفات مورد نظر از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق (سانتی‌متر)	بافت	pH	هدایت الکتریکی	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)
۰-۳۰	لومی- رسی- شنی	۷/۲	۱/۱۳	۱/۳	۰/۰۹	۱۱	۳۱٤

نتایج

ارتفاع بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد اثر متقابل سال× میکوریزا و میکوریزا× اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. سایر اثرات تفاوت معنی‌داری بر ارتفاع بوته ذرت نداشتند. نتایج مقایسه میانگین اثر سال×میکوریزا نشان می‌دهد بالاترین ارتفاع بوته در قارچ *G. geosporum* و *G. intraradices* در سال اول به ترتیب به میزان ۱۹۰/۹۰ و ۱۹۰/۵۳ سانتی‌متر مشاهده شد. کمترین ارتفاع بوته نیز در تیمار شاهد و قارچ *G. mosseae* مشاهده شد (جدول ۳). همچنین نتایج اثر متقابل میکوریزا و سالیسیلیک اسید نشان داد کاربرد اسید سالیسیلیک به همراه قارچ میکوریزا باعث افزایش ارتفاع بوته ذرت شد، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته ذرت در تیمار قارچ *G. intraradices* و *G. geosporum* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به ترتیب به میزان ۲۰۱ و ۱۹۳ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ٤).

وزن بلال: بر اساس نتایج به‌دست آمده از این آزمایش (جدول ۲) محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید و اثر متقابل میکوریزا × اسید سالیسیلیک در سطح پنج درصد و اثر متقابل سال× میکوریزا در سطح یک درصد بر وزن بلال معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین اثر سال × میکوریزا نشان می‌دهد بیشترین وزن بلال در قارچ *G. geosporum* در سال دوم به میزان ۱٦/۹۹ گرم در مترمربع مشاهده و کمترین وزن بلال نیز در تیمار شاهد در سال دوم به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین نتایج اثر متقابل میکوریزا و سالیسیلیک اسید نشان داد بیشترین وزن بلال ذرت در تیمار قارچ *G. geosporum* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و عدم محلول‌پاشی به ترتیب به میزان ۲٤ و ۲۵ گرم بر مترمربع به‌دست آمد. کمترین آن نیز در تیمار شاهد و در شرایط عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به میزان ۲۰/۰۸ گرم در مترمربع مشاهده شد (جدول ٤).

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر متقابل سال × میکوریزا در سطح یک درصد و میکوریزا × اسید سالیسیلیک در سطح ۵ درصد بر وزن هزار دانه ذرت معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر سال × میکوریزا بر وزن هزار دانه نشان می‌دهد بیشترین وزن هزار دانه در قارچ *G. mosseae* در سال دوم به میزان ۲۸۹/۳٤ گرم و کمترین وزن هزار دانه نیز در تیمار شاهد در سال اول به‌دست آمد (جدول ۳). همچنین نتایج اثر متقابل میکوریزا و سالیسیلیک اسید نشان داد بیشترین وزن هزار دانه ذرت در تیمار قارچ *G. mosseae* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و قارچ *G. intraradices* در شرایط عدم محلول‌پاشی به‌ترتیب به میزان ۲٦۹/۰٦ و ۲۵۷/۲۰ گرم به‌دست آمد که کمترین آن نیز در تیمار شاهد و در شرایط عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به میزان ۲۰۹/۱۷ گرم مشاهده شد (جدول ٤).

جدول ۲: تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ارتفاع بوته	وزن بلال	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	فسفر دانه	پتاسیم دانه	نیتروژن دانه	کلروفیل a	کلروفیل b
سال	۱	۳۵۷/۸۰ ns	۶/۴۸ ns	۶۸۱۳/۹۴ ns	۱۰۹۰۲۳۰۸/۳۸ ns	۰/۰۹ ns	۱۰/۹۶ ns	۰/۳۹ ns	۰/۰۳۳ ns	۰/۰۸۹ ns
تکرار (سال)	۴	۱۷۷/۷۵	۱۱/۱۶	۱۲۲۰/۳۹	۱۴۱۶۸۸۴/۴۳	۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰
میکوریزا	۳	۹۳۹/۵۶ ns	۱۳۲/۴۹ ns	۱۸۰۷/۰۷ ns	۲۸۹۱۳۰۵/۱۶ ns	۰/۰۳ ns	۲/۷۹ ns	۰/۱۰ ns	۰/۰۱۵ ns	۰/۰۳۲ ns
سال ×میکوریزا	۳	۳۹۷/۱۲*	۸۲/۷۶**	۵۸۸۶/۱۵**	۹۴۱۷۸۴۵/۸۹**	۰/۰۹**	۸/۷۰**	۰/۳۴**	۰/۰۳۴**	۰/۰۸۶**
سالیسیلیک اسید	۱	۱۹۴/۴۸ ns	۹۵/۶۶*	۱۵۴۹/۵۰ ns	۲۴۷۹۲۰۱/۲۴ ns	۰/۲۷ ns	۱/۹۲ ns	۰/۰۹ ns	۰/۰۳۵ ns	۰/۰۸۸ ns
سال ×سالیسیلیک اسید	۱	۳۶/۵۵ ns	۰/۴۷ ns	۶۶۷/۶۰ ns	۱۰۶۸۱۶۱/۷۷ ns	۰/۰۰ ns	۰/۶۶ ns	۰/۰۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲ ns
میکوریزا× سالیسیلیک اسید	۳	۹۷۲/۴۱*	۲۶/۱۸*	۲۲۱۰/۸۹*	۳۵۳۷۴۱۶/۷۲*	۰/۰۳*	۳/۱۳*	۰/۱۳*	۰/۰۲۲**	۰/۰۲۷*
سال ×میکوریزا ×سالیسیلیک اسید	۳	۴۹/۹۴ ns	۲/۲۳ ns	۲۳۸/۷۸ ns	۳۸۲۰۵۲/۷۴ ns	۰/۰۰ ns	۰/۲۵ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۰ ns	۰/۰۰۳ ns
خطای کل	۲۸	۱۱۰/۹۹	۳/۲۸	۱۱۹۱/۸۳	۱۵۹۶۲۸۹/۷۳	۰/۰۱	۰/۷۴	۰/۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۸/۵۱	۹/۳۲	۱۴/۳۶	۱۳/۱۴	۱۹/۱۹	۱۸/۲۶	۱۳/۱۴	۱۴/۲۰	۱۶/۹۳

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌داری.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر کاربرد قارچ میکوریزا و سال بر صفات ذرت

میکوریزا	سال	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن بلال (گرم در مترمربع)	وزن هزار دانه(گرم)	غلظت فسفر (٪)	غلظت پتاسیم (٪)	غلظت نیتروژن(٪)
G. geosporum	اول	۱۹۰/۹۰a	۱۹/۸۸b	۲۳۳/٤۸bc	۰/۳۹cde	٤/٤۰cde	۱/۷٦bc
	دوم	۱۸۳/۸۰ab	۱٦/۹۹a	۲٤٥/٤۸bc	۰/٤٤bc	٤/۹۲bc	۱/۸٥bc
G. intraradices	اول	۱۹۰/٥۳a	۱۸/۳۷b	۲٦۲/۷۱ab	۰/٥۱b	٥/٤٥b	۱/۹۸ab
	دوم	۱۸۹/٥٥ab	۱٦/٥۸cd	۲۳٦/۹۲bc	۰/٤۰cde	٤/٥۲bcde	۱/۷۹bc
G. mosseae	اول	۱٦٦/٥٥c	۱۲/٦۰bc	۲۰۸/۳۷c	۰/۳۲de	۳/٥۹de	۱/٥۷c
	دوم	۱۸٤/٤۸ab	۱۳/۱۰cd	۲۸۹/۳٤a	۰/٦۲a	٦/۷۷a	۲/۱۸a
شاهد	اول	۱٦٥/۹۰c	۱۹/۰٥cd	۲۰۹/۲۸c	۰/۳۱e	۳/٥٥e	۱/٥۸c
	دوم	۱۷۷/۸۹bc	۱۹/۷۸d	۲۳۷/٤۱bc	۰/٤۱bcd	٤/٦۰bcd	۱/۷۹bc

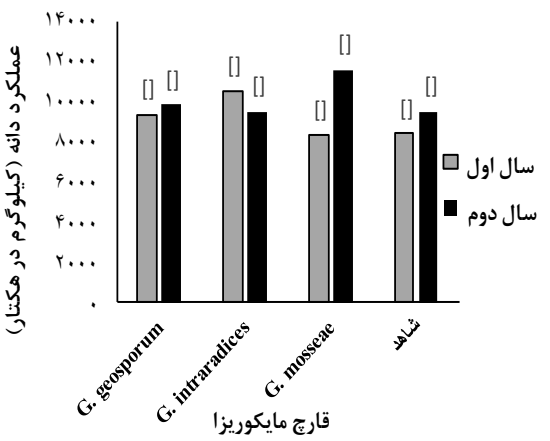
در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با هم دیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثر کاربرد میکوریزا و سالیسیلیک اسید بر صفات ذرت

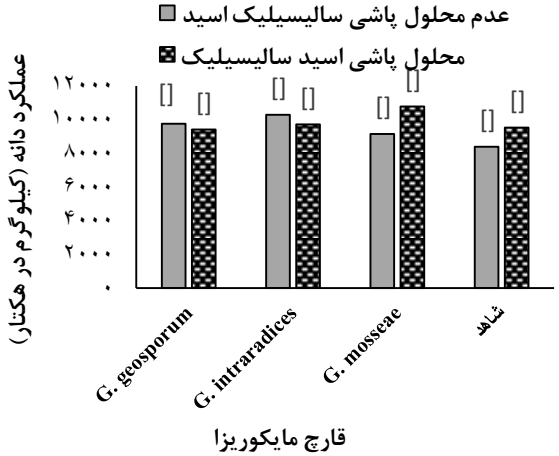
میکوریزا	سالیسیلیک اسید	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن بلال (گرم در مترمربع)	وزن هزار دانه (گرم)	غلظت فسفر (٪)	غلظت پتاسیم (٪)	غلظت نیتروژن (٪)
G. geosporum	عدم محلول‌پاشی	۱۸۱/٥۲bc	۲٥/۰٥a	۲٤۳/۷٥ab	۰/۳۸cd	٤/۸۷b	۱/۸٤abc
	محلول‌پاشی	۱۹۳/۱۹ab	۲٤/۱٥a	۲۳٥/۲۱ab	۰/٤٦bc	٤/٤٥bc	۱/۷۸abc
G. intraradices	عدم محلول‌پاشی	۱۷۸/٦٥cd	۱۹/٥۰bc	۲٥۷/۲۰a	۰/٤۳bcd	٥/۲٥ab	۱/۹٤ab
	محلول‌پاشی	۲۰۱/٤۲a	۱۸/۹۷bc	۲٤۲/٤۳ab	۰/٤۸b	٤/۷۲b	۱/۸۳abc
G. mosseae	عدم محلول‌پاشی	۱٦۷/٤٥d	۱۸/٦۸c	۲۲۸/٦٦ab	۰/۳٤de	٤/٤۳bc	۱/۷۳bc
	محلول‌پاشی	۱۸۳/٥۷bc	۱۸/۰۸bc	۲٦۹/۰٦a	۰/٦۰a	٥/۹۲a	۲/۰۳a
شاهد	عدم محلول‌پاشی	۱٦٦/۳٥d	۲۰/۰۸d	۲۰۹/۱۷b	۰/۲٦e	۳/٥٥c	۱/٥۸c
	محلول‌پاشی	۱۷۷/٤۳cd	۱٦/٤۷b	۲۳۷/٥۳ab	۰/٤۷bc	٤/٦۰b	۱/۷۹abc

در هر ستون میانگین‌های که دارای حروف مشابه هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد با هم دیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

عملکرد دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل سال × میکوریزا در سطح ۱٪ و میکوریزا × اسید سالیسیلیک در سطح ۵٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر سال × میکوریزا بر عملکرد دانه نشان می‌دهد بیشترین عملکرد دانه در قارچ *G. mosseae* در سال دوم و کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار شاهد در سال اول به‌دست آمد (شکل ۱) و همچنین نتایج اثر متقابل میکوریزا و سالیسیلیک اسید نشان داد بیشترین عملکرد دانه ذرت در تیمار قارچ *G. mosseae* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به میزان ۱۰۷٦۲ کیلوگرم و کمترین آن در تیمار شاهد و در شرایط عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به میزان ۸۳٦٦ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۲).



شکل ۱: اثر متقابل قارچ میکوریزا و سال بر عملکرد دانه ذرت



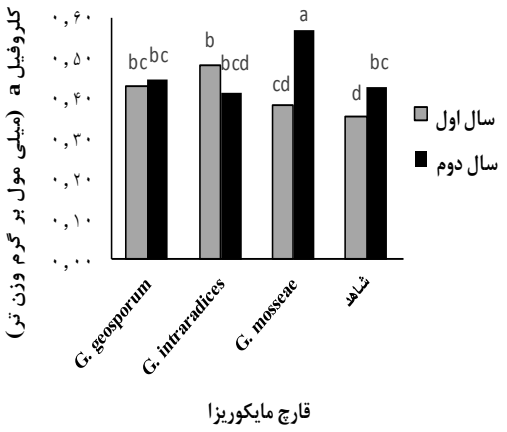
شکل ۲: اثر متقابل قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه ذرت

میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه: با توجه به نتایج تجزیه واریانس مشاهده می‌گردد که برهم‌کنش سال، میکوریزا بر غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم در سطح احتمال ۱٪ و برهم‌کنش میکوریزا × سالیسیلیک اسید بر غلظت نیتروژن، غلظت فسفر، غلظت پتاسیم در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین غلظت فسفر، پتاسیم و نیتروژن دانه در تیمار قارچ *G. mosseae* در سال دوم به میزان (۰/۶۰٪)، (۶/۷۷٪) و (۲/۱۸٪) و کمترین میزان فسفر، پتاسیم و نیتروژن دانه نیز از تیمار شاهد در سال اول به‌دست آمد (جدول ۳) و همچنین نتایج برهم‌کنش میکوریزا و سالیسیلیک اسید نشان داد بیشترین فسفر، پتاسیم و نیتروژن دانه به ترتیب از تیمار قارچ *G. mosseae* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به میزان ۰/۶۰٪، ۵/۹۲٪ و ۲/۰۳٪ و کمترین میزان آن از تیمار شاهد حاصل گردید (جدول ٤).

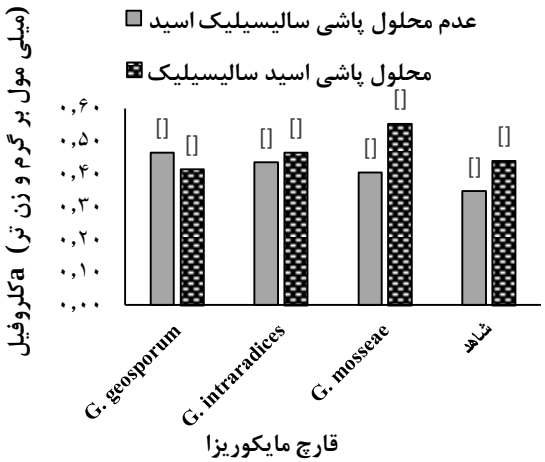
کلروفیل a: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سال× میکوریزا و همچنین قارچ میکوریزا× اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a در سطح یک درصد مثبت و معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر سال × میکوریزا نشان می‌دهد بیشترین کلروفیل a در قارچ *G. mosseae* در سال دوم و کمترین کلروفیل a نیز در تیمار شاهد در سال اول به‌دست آمد (شکل ۳). همچنین نتایج اثر متقابل میکوریزا و سالیسیلیک اسید نشان داد بیشترین کلروفیل a در تیمار قارچ *G. mosseae* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و کمترین آن نیز در تیمار شاهد و در شرایط عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ٤).

کلروفیل b: نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد قارچ میکوریزا و سالیسیلیک اسید بر کلروفیل b نشان می‌دهد که اثر متقابل سال× میکوریزا در سطح یک درصد و میکوریزا× اسید سالیسیلیک در سطح پنج درصد بر کلروفیل bتأثیر مثبت و معنی‌داری را نشان داد. سایر اثرات تفاوت معنی‌داری بر کلروفیل b نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر سال × میکوریزا بر کلروفیل b نشان می‌دهد که بیشترین مقدار کلروفیل b در قارچ *G. mosseae* در سال دوم مشاهده و کمترین کلروفیل b نیز در تیمار شاهد و

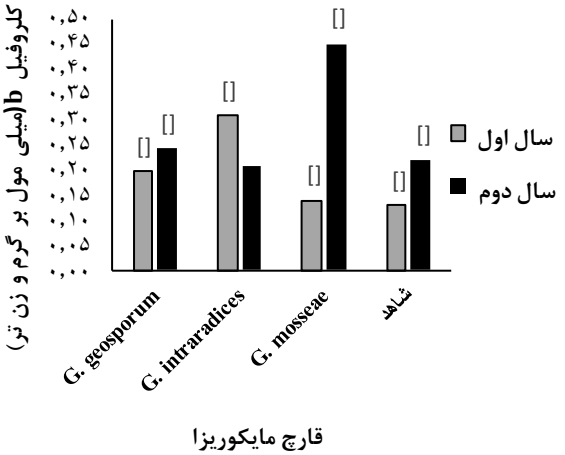
قارچ *G. mosseae* در سال اول به‌دست آمد (شکل ۵). همچنین نتایج اثر متقابل میکوریزا و سالیسیلیک اسید نشان داد بیشترین کلروفیل b در تیمار قارچ *G. mosseae* در شرایط محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک به‌دست آمد و کمترین آن نیز در تیمار شاهد، در شرایط عدم محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ٦).



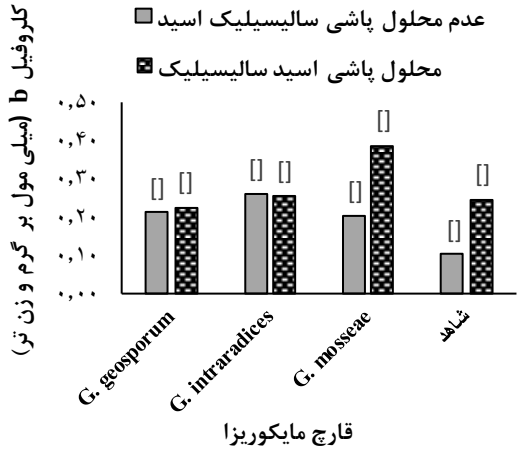
شکل ۳: اثر متقابل قارچ میکوریزا و سال بر کلروفیل a ذرت



شکل ٤: اثر متقابل قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر کلروفیل a ذرت



شکل ۵: اثر متقابل قارچ میکوریزا و سال بر کلروفیل b ذرت



شکل ٦: اثر متقابل قارچ میکوریزا و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر کلروفیل b ذرت

بحث

نتایج به‌دست آمده نشان داد کاربرد میکوریزا و اسید سالیسیلیک تأثیر معنی‌دار بر ارتفاع بوته و عملکرد دانه داشتند و کلیه صفات مورد بررسی را در مقایسه با شاهد افزایش دادند. محققان گزارش کردند کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش ارتفاع بوته ذرت می‌گردد (Taheri and Fathi, 2016) که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. قارچ میکوریزا به‌واسطه فراهم

نمودن فسفر غیرقابل جذب خاک برای گیاه ازیک‌طرف سبب کاهش مصرف فسفر و از طرف دیگر به دلیل افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب بهبود رشد گیاه و افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد. Ezati و همکاران (2020) نیز عنوان کرد کاربرد هورمون اسید سالیسیلیک تأثیر مثبتی بر ارتفاع بوته دارد. به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک تقسیم سلولی را درون مریستم گیاه افزایش داده و منجر به بهبود رشد و ارتفاع گیاه می‌گردد. Naghizadeh and Gholami Tooran Poshti (2014) گزارش نمودند که کاربرد اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۱۵ درصدی وزن هزار دانه گندم گردید. همچنین Ebrahimi and Jafari Haghghi (2012) گزارش دادند که سالیسیلیک اسید بر وزن هزار دانه ذرت اثر مثبت معنی‌داری داشت. Taheri and Fathi (2016) نشان داد که وزن صد دانه ذرت در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری افزایش یافته است. Rahmani (2015) عنوان کرد با کاربرد میکوریزا میزان عملکرد دانه افزایش معنی‌داری نشان داد و از میان گونه‌های مختلف میکوریزا، گونه گلوموس موسه منجر به تولید عملکرد دانه بیشتری شد. همچنین Neisi و همکاران (2018) بیان داشت ترکیب تیماری خاک‌ورزی رایج+اسید سالیسیلیک+تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد گردید که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش طول ریشه شده و زمینه لازم برای افزایش جذب آب و مواد غذایی را فراهم نموده و باعث افزایش فتوسنتز و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری را در جهت توسعه‌ی اندام‌های زایشی اختصاص داده است و در نتیجه باعث افزایش وزن دانه ذرت گردیده و به تبع افزایش وزن دانه، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد (Jirani et al., 2009). استقرار یافتن سریع گیاه با اعمال تیمار اسید سالیسیلیک و همزیستی قارچ میکوریزا که باعث تقویت رشد، افزایش سطح جذب گیاه از جمله جذب عناصر غذایی و یون‌های مورد نیاز، حفظ منابع فتوسنتز کننده در طول دوره رشد، دریافت انرژی تابشی و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه می‌شود، درمجموع به افزایش عملکرد دانه در گیاه منجر خواهد شد. Taheri and Fathi (2016) مشاهده کردند محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد دانه ذرت می‌گردد. Rahmani (2015) در مطالعه‌ای عنوان کرد کاربرد قارچ موسه باعث افزایش درصد فسفر در گیاه ذرت شده است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. تلقیح میکوریزا محتوای فسفر گیاه نخود را به طور معنی‌داری افزایش داد. در اکثر حالت‌ها افزایش جذب و بهبود تغذیه فسفر اولین علائم افزایش رشد و عملکرد در گیاهان میکوریزایی می‌باشد (Parsa Motlagh, 2010). از بارزترین اثرات تلقیح با قارچ میکوریزا افزایش جذب و بهبود تغذیه فسفر توسط گیاهان میکوریزایی می‌باشد. در این مطالعه نیز مشاهده شده است میزان جذب فسفر در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریزای افزایش یافته است که نشان دهنده جذب بیشتر فسفر توسط هیف های قارچ و انتقال آن به گیاه ذرت بوده است. نتایج آزمایشی نشان داد که گونه‌های اینترارادیس و موسه آب و مواد غذایی را به میزان بیشتری در اختیار گیاه ذرت قرار می‌دهند (Chen et al., 2004). Shehata and EL-Khawas (2003) تأثیر کود زیستی را بر عملکرد و کیفیت دانه آفتابگردان بررسی و گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش میزان نیتروژن دانه گردید. نتایج سایر تحقیقات نیز نشان داده است کاربرد میکوریزا موجب فعالیت آنزیم نیتروژناز در ریشه گیاهان تلقیح شده و در نتیجه موجب فراهمی نیتروژن برای گیاه می‌شود (Okon and Kapulnik, 1986). در این مطالعه نیز مشاهده شده است قارچ موسه با افزایش محتوای کلروفیل باعث بهبود جذب آب و مواد

غذایی در گیاه ذرت شده است و در نتیجه درصد نیتروژن در دانه افزایش یافته است. Amin و همکاران (2008) در گزارشی عنوان کردند اسید سالیسیلیک باعث افزایش جذب عنصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن در دانه گندم شده است که با نتایج این مطالعه همخوانی دارد. Parsa Motlagh (2010) در گزارشی عنوان کرد قارچ *G. mosseae*، مقدار کلروفیل کل را نسبت به شاهد ۳/۷ درصد افزایش داد که با قارچ *G. intraradices* تفاوت معنی‌داری نداشت نتایج آن‌ها با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. به دلیل افزایش هدایت روزنه‌ای در گیاهان میکوریزایی رشد ریشه‌ها و جذب آب و مواد غذایی افزایش می‌یابد که این امر منجر به افزایش کلروفیل a در ذرت گردید. گونه موسه به‌دلیل افزایش قندهای محلول و کلروفیل در برگ‌ها بیشترین وزن خشک برگ را در گیاه ریحان تولید کرد (Aslani et al., 2010). در مطالعه‌ای که توسط Khodary (2004) بر روی ذرت انجام گرفت مشخص شد محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید موجب افزایش شاخص‌های رشد، مقدار رنگیزه و سرعت فتوسنتز می‌گردد. Attarzadeh و همکاران (2015) نیز عنوان کرد استفاده از اسید سالیسیلیک باعث افزایش شاخص کلروفیل شده است. محققان دیگر در گزارشی بیان داشتند اسید سالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار در محتوای کلروفیل گندم (Amin et al., 2008) شده است. به نظر می‌رسد میکوریزا و اسید سالیسیلیک با افزایش میزان کلروفیل برگ‌های که در آغاز فرایند پیری هستند، می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد گردد. Mehrabian Moghaddam و همکاران (2011) عنوان کردند اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل در ذرت شد. به‌طور کلی می‌توان گفت میکوریزا و اسید سالیسیلیک با افزایش میزان کلروفیل برگ‌های که در آغاز فرایند پیری هستند می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد گردد. به‌طور کلی هر چه شرایط تغذیه‌ای و محیطی، از جمله عناصر غذایی، نور، رطوبت، آفات و بیماری‌ها برای رشد گیاه مناسب‌تر باشد، توان گیاه در تولید کلروفیل در برگ‌ها و تولید انرژی بیشتر می‌شود؛ ازاین‌رو عواملی که سبب بهبود این شرایط می‌شوند، احتمالاً بر میزان تولید کلروفیل نیز اثر دارند. شایان ذکر است که میزان کلروفیل برگ گیاهان، به ویژگی‌های ژنتیکی هر گیاه یا رقم، غلظت کلروفیل در برگ‌ها تغییر می‌کند (Demir, 2004). ازآنجاکه قارچ‌های میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کنند، می‌توانند سنتز کلروفیل را افزایش دهند (Giri et al., 2002). به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک نیز با افزایش میزان کلروفیل در برگ‌هایی که در آغاز فرایند پیری هستند، بتواند سبب دوام فتوسنتز و در نتیجه افزایش رشد شود. پیشتر، تأثیر مثبت کاربرد اسید سالیسیلیک در افزایش میزان کلروفیل برگ‌های عدسک آبی *Spirodela Polyrhiza* گزارش شده است (Popova et al., 1997). عامل سنتز بیشتر کلروفیل برگ‌ها و افزایش میزان فتوسنتز آن دانستند و اظهار داشتند. که این امر به افزایش جذب نیتروژن توسط گیاهان تلقیح شده با میکوریزا مرتبط است.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج نشان داد میکوریزا و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باعث افزایش شاخص‌های رشد، عملکرد و اجزای عملکرد می‌گردد. همچنین باعث بهبود صفات کیفی در گیاه ذرت شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، تلفیق تیمار قارچ *G. mosseae* و محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک نتایج بهتری نسبت به سایر تیمار داشته است و انتخاب این ترکیب در منطقه مورد مطالعه توصیه می‌گردد.

References

Amin, A.A., El-Sh.M. Rashad and F.A. Gharib. (2008). Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2 (2): 252-261.

Arnon, D.I. (1975). Physiological Principles of Dry land Crop Production. In, Physiological aspects of dry land farming. Gupta U.S. (Eds.), Oxford Press, 145 p.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadagiyani, M., Sefidkon, F., Barin, M., and Gheibi, S. (2010). Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum*) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 2(2): 109-117.

Attarzadeh, M., Torabi, B., and Madah Hosseini. S. (2015). Interaction of salicylic acid and high temperature stress on some physiological characteristics of maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of field crop Research, 12(4), 718-726.

Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. (1982). Methods of soil analysis, part 2 chemical and microbiological properties, 595-624.

Chen, B., Shen, H., Li, X., Feng, G. and Christie, P. (2004). Effects of EDTA application and arbuscular mycorrhizal colonization on growth and zinc uptake by maize (*Zea mays* L.) in soil experimentally contaminated with zinc. Plant and soil, 261(1-2): 219-229.

Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology, 28: 85-90.

Ebrahimi, M., and Jafari Haghghi, B. (2012). The effect of salicylic acid application on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in drought stress condition. Journal of Plant Eco physiology, 4(10), 1-13.

Emami, A. (1996). In the description of methods of analysis, Volume I, No. 982 technical publications. Soil Research Institute and Water p, 91-128.

Ezati, N., Maleki, A. Fathi, A. (2020). Effect of drought stress and spraying of gibberellic acid and salicylic acid on the quantitative and qualitative yield of Canola (*Brassica napus*). Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 4(56): 94-109.

Fariduddin, Q., Hayat, S. & Ahmad, A. (2003). Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *Brassica juncea*. Photosynthetica, 41: 281-284.

Garg, N., and Bharti, A. (2018). Salicylic acid improves arbuscular mycorrhizal symbiosis, and chickpea growth and yield by modulating carbohydrate metabolism under salt stress. Mycorrhiza, 28(8), 727-746.

Giri, B., Kapoor, R., and Mukerji, K.G. (2002). VA mycorrhizal techniques/ VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., & Singh, J. (eds) Techniques in mycorrhizal stueies Kluwer, Dordrecht. pp. 313-327.

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

Jirani, M., Sajedi, N., Madani, H., Sheikhi, M., (2009). Effects of growth regulators and water deficit stress on agronomic traits of wheat of Shahriar cultivar. New agricultural findings. 3(4): 333-344.

Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S.J., and Bahamin, S. (2016). Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). Sci Agri, 14(2): 234-238.

Karami, H., Maleki, A., Fathi, A. (2018). Determination Effect of Mycorrhiza and Vermicompost on Accumulation of Seed Nutrient Elements in Maize (*Zea mays*

L.) Affected by Chemical Fertilizer. Journal of Crop Nutrition Science, 4(3): 15-29.

Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D. (2003). Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Plant Physiol., 160: 485-92.

Khodary, A.S.E. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. International Journal of Agriculture and Biology. 226:1560–8530.

Maleki, A., and Fathi, A. (2019). Multivariate Statistical Analysis to Yield of Canola under Drought Stress and Spraying of Gibberellin and Salicylic Acid. Journal of Crop Nutrition Science, 5(3): 1-11.

Mehrabian Moghaddam, N., Arvin, M. J., Khajuee Nezhad, Gh. R., and Maghsoudi, K. (2011). Effect of Salicylic Acid on Growth and Forage and Grain Yield of Maize under Drought Stress in Field Conditions. Seed and Plant Production Journal, 27(1): 41-55.

Naghizadeh, M., and Gholami Tooran Poshti, M. (2014). Evaluation the effect of seed priming by salicylic acid on yield and yield components of wheat under drought stress conditions. Agroecology, *6*(1): 162-170.

Neisi, A., Parsaeian, M., Gholami, A., Baradaran Firouzabadi, M., and Hamid Abbasdokht, H. (2018). Effects of tillage systems, salicylic acid and mycorrhizal fungi on photosynthetic pigments and some traits of maize Iranian Journal of Field Crop Science, 50(1): 85-96.

Okon, Y. and Kapulnik, Y. (1986). Development and Functions of Azospirillum inoculated roots. Plant and soil, 90: 3-16.

Parsa Motlagh, B. (2010). Effect of Interaction of Irrigation Water Salinity, Mycorrhiza and Phosphorus Fertilizer on Growth Characteristics and Yield of Beans (*Phaseseolus vulgaris* L.). M.Sc. in Faculty of Agriculture, Birjand University.

Popova, L., Pancheva, T., and Uzunova, A. (1997). Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiology role. Plant Physiology, 23: 85-93.

Quiroga, G., Erice, G., Aroca, R., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M., and Ruiz-Lozano, J.M. (2018). Arbuscular mycorrhizal symbiosis and salicylic acid regulate aquaporins and root hydraulic properties in maize plants subjected to drought. Agricultural Water Management, 202: 271-284.

Rahmani, S. (2015). Effect of Phosphorus and Mycorrhiza Fertilizer on Quantitative and Qualitative Characteristics of Corn. M.Sc., Shahid Chamran University of Ahvaz.

Rajabi, L., Sajedi, N.A., and Roshandel, M. (2013). Response of yield and yield component of dry land chick pea to salicylic acid and superabsorbent polimer Journal of Crop Production Research,4(4): 343-355.

Sahraei, E., Maleki, A., Pazoki, A., and Fathi, A. (2018). The effect of Salicylic and Ascorbic Acid on Eco physiological Characteristics and German Chamomile Essences in Deficit of Water. Applied Research of Plant Ecophysiology. 5 (1): 117-142.

Shakirova, F.M., Sakhahutdinova, R.A., Berzukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A., and Fatkhutdinova, D.R. (2003). Change in hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sciences, 164: 317.

Sharma, A.K. (2002). Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407 p.

Shehata, M.M and EL-Khawas, S.A. (2003). Effect of two biofertilizers on growth parameters, yield characters, nitrogenous components, nucleic acids content, minerals, oil content, protein profiles and DNA banding pattern of sunflower yield. Pakistan Journal Biological Sciences, 6(14): 1257-1268.

Taheri Oshtrinani, F., and Fathi, A. (2016). The impacts of mycorrhiza and phosphorus along with the use of salicylic acid on maize seed yield. Journal of Crop Eco physiology. 10(39): 657-668.

International Journal of Biological and Life Sciences. 18: 20-25.

Vessey, J.K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 255: 571-586.

Yazdani, M., Bahmanyar, M.A. Pirdashti, H. and Esmaili, M.A. (2009). Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn.

Zeidali, E., Naseri, R., Mirzaei, A., Fathi, A., and Darabi, F. (2018). Study the effect of plant nourishment with chemical, PGPR and manure fertilizers on agro-physiologic characteristics and weed density of maize. Journal of Plant Eco physiology, 10(32): 198-214.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 62, 16th year, Number 2, Summer 2021

The effect of root and foliar application of selenium on some physiological and biochemical responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress

Abedini, M.*, Gharehbaghi Dori, M., and Morad-Khani, S.
Department of Biology, Faculty of Science, Payame Noor University, Iran

Received date: 2019/11/10 Accepted date: 2020/04/16

Abstract

In order to investigate the effects of foliar and root application of selenium (0 and 20 µM) on some physiological and biochemical parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.) var. Chamran under salt stress (0 and 100 mM NaCl), an experiment was conducted hydroponically based on a completely randomized factorial design with three replications at Payame Noor university in 2017. Results showed the significant decreases in growth parameters, chlorophyll to carotenoids ratio, and chlorophylls and total protein contents while significant increases were recorded in malondialdehyde, proline, anthocyanin, and total phenol contents of plant shoots under salt stress. Under control condition, both forms of selenium application significantly decreased the root length while increasing the total phenol content. Moreover, significant increases in proline and carotenoids contents were found under foliar application of selenium in control plants. Under salinity stress, foliar application of selenium significantly increased the root length and shoot fresh weight and its application at both forms improved the other growth parameters of plants. Likewise, significant increases in protein and chlorophylls contents of plants by foliar application and soluble sugars and total phenols contents of plants by both forms of application of selenium were attained under salinity. Only foliar form of application of selenium could decrease the malondialdehyde content of plants under salinity stress. According to the findings, selenium application, especially through leaves, played a remarkable role in ameliorating the effects of salt stress in wheat.

Keywords: Malondialdehyde, Phenols, Proline, Salinity, Selenium, Wheat.

*Corresponding author; ms_abedini@pnu.ac.ir