تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸
۲۶۳-۲۸۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1211.1248

تأثیر کودهای آلی و بیولوژیک بر برخی خصوصیات رشدی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) تحت شرایط شوری

مائده بهلولی[1]، مریم دهستانی اردکانی[2*]، مصطفی شیرمردی[2]، جمشید رزمجو[3]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان
۲. استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، دانشگاه اردکان
۳. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۴

چکیده

شوری یکی از تنش‌های مهم محیطی محدودکننده رشد گیاهان است و کاربرد مواد آلی و قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار سبب کاهش اثرات سوء آن می‌شود. هدف از این مطالعه، بررسی اثر سطوح مختلف شوری و اصلاح‌کننده‌های بیولوژیکی و آلی بر برخی ویژگی‌های رشدی در گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش سطح از مواد اصلاحی شامل شاهد (بدون مواد اصلاح‌کننده)، ۱/۵ و ۳ گرم قارچ میکوریزا در هر کیلوگرم خاک، ۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم اسید هیومیک در یک لیتر آب آبیاری و ۲۵ درصد حجمی گلدان بقایای گیاهی روناس در سه سطح شوری خاک (۴، ۷ و ۱۲ dSm^{-1}) با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری، شاخص‌های رشدی و غلظت عناصر غذایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در هدایت الکتریکی ۴ dSm^{-1} بیشترین ارتفاع گیاه، طول ریشه و غلظت فسفر در تیمار ۳ g/kg قارچ میکوریزا به دست آمد که به ترتیب نسبت به شاهد ۱۶/۷۲، ۴۸/۷۶ و ۶۱/۱۱ درصد بیشتر بود. در هدایت الکتریکی ۷ dSm^{-1} بیشترین میزان کلروفیل، ارتفاع گیاه، وزن خشک شاخساره و نسبت وزن خشک به تر در تیمار ۱/۵ g/kg قارچ میکوریزا به دست آمد که به ترتیب نسبت به شاهد ۷/۳۴، ۱۸/۱۹، ۲۹/۲۱ و ۲۹/۱۶ درصد بیشتر بودند. همچنین بقایای گیاهی روناس غلظت سدیم را در سطح شوری ۷ dSm^{-1}، ۴۲/۷۹ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. در هدایت الکتریکی ۱۲ dSm^{-1} بیشترین میزان کلروفیل، وزن خشک شاخساره، تعداد برگ فعال و سریع‌ترین زمان گلدهی در تیمار بقایای گیاه روناس به دست آمد که به ترتیب نسبت به شاهد ۱۶/۱۲، ۵۸/۹۶، ۵۱/۱۴ و ۱۰۰ درصد بیشتر بودند. رشد زایشی گیاهان در شوری ۱۲ dSm^{-1} (شاهد) متوقف شد اما استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک موجب گل‌دهی آن‌ها شد. به‌طورکلی همه تیمارهای کود آلی و بیولوژیکی در تمام سطوح شوری موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه شدند.

واژه‌های کلیدی: **اسید هیومیک، پتاسیم، روناس، سدیم، قارچ میکوریزا**

مقدمه

افزایش اثر تنش‌های شوری و خشکی بر تغییرات زیست-محیطی منجر به کاهش قابل‌ملاحظه حاصلخیزی محصولات در سراسر جهان درنتیجه کاهش زمین‌های کشاورزی مناسب برای کشت و کار شده است (Golldack et al., 2014). شوری، از مشکلات عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و برآوردها حاکی از آن است که بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از خاک‌ها (بیش از شش درصد زمین‌های جهان) تحت تأثیر سطوح مختلف شوری قرار دارند (FAO, 2011). در ایران نیز در حدود ۱۲ درصد از کل مساحت کشور (۱۹ میلیون هکتار) به‌منظور کشت و تولیدات کشاورزی استفاده می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نزدیک به ۵۰ درصد از سطح زیر کشت، به درجات مختلف با مشکل شوری، قلیایی و غرقابی بودن روبه‌رو هستند و با توجه به نقش غیرقابل‌انکار آب آبیاری در شور شدن اراضی، پیش‌بینی

* نگارنده پاسخگو: مریم دهستانی اردکانی. پست الکترونیک: mdehestani@ardakan.ac.ir

می‌شود که این میزان تا ۷۵ درصد کل اراضی شور پیشروی کند (Gholarata et al., 2009). شور شدن زمین‌های کشاورزی به علت کمبود آب و بارندگی محدود، گرمای زیاد، تبخیر و تعرق بالا، کیفیت پایین آب‌های کشاورزی و یا روش‌های نادرست کشاورزی و مدیریت ضعیف در سیستم‌های آبیاری است (Munns, 2002). تجمع یون‌های سدیم و کلر در خاک، علاوه براثر سمی که بر گیاه دارد، باعث کاهش پتانسیل اسمزی محلول در خاک می‌شود (Munns, 2002). مقاومت گیاهان به شوری غالباً در ارتباط با تنظیم اسمزی گیاه است. طی این مکانیسم ترکیبات محلول متعددی ازجمله پتاسیم، پرولین و قندها در گیاه تجمع می‌یابد. تجمع این ترکیبات به گیاه امکان حفظ تورژسانس سلول و حفاظت از ماکرومولکول‌ها در برابر کمبود آب ایجادشده در اثر شوری را می‌دهد (Greenway, 1962).

گل مغربی با نام علمی *Oenothera biennis* L. متعلق به خانواده Onagraceae است. خانواده‌ی گل مغربی، گیاهانی علفی یک‌ساله یا چندساله و به‌ندرت بوته‌ای هستند (Azizian, 2006). روغن استخراج‌شده از دانه‌های گل مغربی سرشار از انواع اسیدهای چرب غیراشباع است که به مصارف دارویی می‌رسد (Roustaie., 2015). ازاین‌رو می‌توان به چیدمان خاص اسیدهای چرب در مولکول گلیسرول و همچنین وجود اسید چرب نادر گامالینولنیک به میزان ۸ تا ۱۲ درصد در روغن دانه‌ی این گیاه اشاره کرد (Fieldsend and Morison, 2000). آستانه‌ی تحمل شوری گل مغربی ۸ دسی‌زیمنس بر متر است؛ ازاین‌رو این گل در گروه گیاهان نیمه مقاوم به شوری طبقه‌بندی می‌شود (Kratsch et al, 2008). گیمدیل و همکاران (Gimidil et al., 2012) با بررسی تنش شوری بر خصوصیات جوانه‌زنی گل مغربی در مناطق خشک و نیمه‌خشک گزارش کردند که با اعمال سطوح مختلف شوری (صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ دسی‌زیمنس بر متر)، بیشترین طول گیاهچه در تیمار شاهد و کمترین طول آن در تیمار ۸ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد، اما در مورد وزن گیاهچه‌های موردمطالعه در سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در مطالعه‌ی مشابهی روی خصوصیات جوانه‌زنی گل مغربی در سطوح شوری صفر، ۲، ۴، ۶، ۸ دسی‌زیمنس بر متر سرعت جوانه‌زنی به ترتیب ۴۱/۷، ۴۰، ۲۸/۲، ۳۳/۱ و ۵۴/۸ درصد عنوان شد (Moosavi et al, 2012). به‌منظور استفاده بهینه از اراضی و منابع آب‌شور، افزایش تحمل به شوری گیاهان همراه با توان تولید بالاتر یک رویکرد مهم اصلاحی است (Rashid, 1986). یکی از مهم‌ترین راهکارهای مقابله‌ی گیاهان با تنش‌های محیطی استفاده از بسترهای کشت مناسب است؛ که در میان آن‌ها می‌توان به کودهای بیولوژیک و آلی اشاره کرد. قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار یکی از انواع کودهای زیستی بوده که با ریشه اغلب گیاهان همزیستی تشکیل می‌دهد و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی سبب کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی و بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان می‌شود (Sajedi and Rejali, 2013). نتایج تحقیقات ساجدی و رجالی (Sajedi and Rejali, 2013)، نشان داد که استفاده از قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) عملکرد دانه‌ی بلال را تحت تنش خشکی ۱۱/۶۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در مطالعه‌ی دیگری قارچ *Glomus mossea*، مؤثرترین تیمار در بهبود شاخص‌های رویشی در گیاه استئوسپرموم (*Osteospermum hybrida* ‘Passion Mix’) معرفی شد (Khandan-Mirkohi et al., 2015).

اسید هیومیک، اسید ضعیف آلی با قابلیت‌های بسیار زیاد و یکی از مهم‌ترین ترکیبات ماده آلی خاک است که در شرایط شوری با افزایش جذب عناصر غذایی از طریق کلات‌کنندگی، احیاکنندگی و حفظ نفوذپذیری غشا، باعث بهبود رشد اندام‌های هوایی گیاه می‌شود (Chen and Aviad, 1990). غلامی (Gholami, 2013) اعلام کرد که به‌کارگیری اسید هیومیک خصوصاً در غلظت ۱۰۰ میلی‌مولار منجر به کاهش جذب سدیم در نمونه‌های گیاه اسفرزه تحت شرایط شوری ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌مولار شد. تیمارهای اسیدفولیک و هیومیک باعث افزایش محتوای کلسیم بافت برگ شد. تجزیه‌ی بقایای گیاهی در خاک یک فرآیند میکروبی بسیار پیچیده است که توسط ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بقایا و خاک کنترل می‌شود (Chen et al, 2003). مخلوط کردن بقایای گیاهی با خاک در مقایسه با به‌جا گذاشتن بقایای گیاهی مقدار مواد آلی را افزایش می‌دهد (Munns, 1993). افزودن بقایای گیاهی به خاک یک شیوه‌ی مدیریتی مناسب است که با افزایش مواد آلی خاک سبب اصلاح خاک‌های شور شده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (Vanessa et al., 2009). در بررسی دیگری در زمینه تأثیر مقادیر مختلف بقایای گندم بر توزیع عمودی نمک در خاک آبیاری شده با آب‌شور اثبات کردند که غلظت نمک در تیمارهای دارای خاک‌پوش در عمق‌های ۲۰-۰، ۴۰-۲۰ و ۱۰۰-۰ سانتی‌متری به ترتیب

۱۰/۲، ۱۴/۰ و ۱/۸ درصد کمتر از تیمارهای بدون خاک‌پوش بود (Munns, 1993).

خشک‌سالی و گسترش شوری آب‌وخاک موجب کاهش رونق کشاورزی و خصوصاً فضای سبز در مناطق مرکزی کشور خصوصاً استان یزد شده است. ازآنجاکه شهرستان اردکان در استان یزد یکی از مناطق اصلی تولید روناس در کشور است و با توجه به اینکه درگذشته قبل از کشت درختان پسته در این منطقه ابتدا در زمین موردنظر، کشت روناس صورت می‌گرفت تا خاک جهت کشت مساعد گردد، در پژوهش حاضر سعی شد تا به‌صورت علمی به اثر گیاه در کاهش شوری خاک پرداخته شود. در تحقیق حاضر اثر بقایای این ماده گیاهی در افزایش مقاومت گیاه گل مغربی به تنش شوری موردبررسی قرار گرفت و با برخی از کودهای آلی و بیولوژیک شناخته‌شده (اسید هیومیک و قارچ میکوریزا آربسکولار) مورد مقایسه قرار گرفت. لذا در پژوهش حاضر تأثیر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف در بستر کشت بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و افزایش مقاومت گل مغربی نسبت به تنش شوری موردبررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی در بسترهای کشت بر ویژگی‌های رشدی گل مغربی در شرایط خاک شور، آزمایشی در گلخانه مزرعه تحقیقاتی محمودآباد وابسته به سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری اصفهان واقع در شمال اصفهان طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه و ۵۴ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه و ۴۷ ثانیه شمالی، فاصله‌ی ۱۵۸۲/۳۳ متر ارتفاع از سطح دریا، میانگین دمای سالانه ۱۷ درجه‌ی سانتی‌گراد و ۱۲۰ میلی‌لیتر بارندگی سالانه، طی سال‌های ۹۶-۹۵ انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای کودهای آلی و بیولوژیک مورداستفاده در شش سطح (صفر (شاهد)، ۱/۵ و ۳ گرم قارچ میکوریزا به ازای هر کیلوگرم خاک، ۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم اسید هیومیک در لیتر آب آبیاری و ۲۵ درصد حجمی گلدان بقایای گیاهی روناس)، در سه سطح شوری خاک (۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) بودند. در طول دوره‌ی آزمایش تغذیه‌ی گیاهان به‌صورت یکسان با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ (N-P-K) به نسبت یک در هزار در دو نوبت انجام شد. شوری در عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شد. در این پژوهش گلدان‌هایی که فقط دارای خاک بودند به‌عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. برخی از ویژگی‌های خاک شامل بافت (Gee and Bauder, 1986)، pH (Thomas, 1996)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع (Rhoades, 1996)، ماده آلی (Nelson and Summers, 1996)، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن (Watanabe and Olsen, 1965)، نیتروژن کل (Bremner, 1996) و پتاسیم قابل‌جذب به روش فلیم‌فتومتر (Richards, 1954) در نمونه‌ی خاک اندازه‌گیری شد. نتایج آنالیز فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک موردمطالعه

Table 1. Physicochemical properties of studied soil

بافت خاک Soil texture	کربن آلی OC (%)	EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)
لومی-شنی Sandy loam	0.477	3.2	7	0.064	28.94	105	54	19	27

بذور گل مغربی از مزرعه تحقیقاتی محمودآباد تهیه شد، بذرها در خردادماه در گلدان‌های سفالی با اندازه‌ی متوسط محتوی خاک باغچه و خاک‌برگ به نسبت مساوی در شرایط گلخانه‌ای کشت گردید تا به مرحله‌ی هشت برگی رسیدند (حدود چهار ماه)، سپس نشاها جهت اعمال تیمارها و قرار گرفتن در شرایط شوری به گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر، حاوی ۲۵۰۰ گرم خاک در سه سطح شوری ۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منتقل شدند. به‌منظور همگن کردن خاک از الک دو میلی‌متری (مش ۱۰) استفاده شد و برای ایجاد سطوح شوری از نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ با نسبت اکی‌والانی برابر استفاده شد (Mardukhi et al., 2007). در طول دوره رشد، آبیاری

گلدان‌ها، با آب شهری با EC برابر ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌صورت وزنی و بر اساس ظرفیت مزرعه انجام گرفت. برای جلوگیری از تغییر شوری خاک گلدان‌ها زه‌آب پس از هر آبیاری به گلدان‌ها بازگردانده می‌شد.

قارچ *Glomus intraradices* از شرکت فناوری زیست-مهر آسیا خریداری گردید که در هر میلی‌گرم آن 10^6 اندام فعال قارچ وجود داشت. قارچ میکوریزا به مقدار مذکور در هنگام انتقال نشاء به خاک شور و در تماس مستقیم با ریشه به گلدان‌ها اضافه شد. پودر اسید هیومیک ساخت شرکت Humic Growth Solution آمریکا دارای ۹۵٪ اسید هیومیک به مقدار ۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم در یک لیتر آب آبیاری به‌صورت محلول و از زمان اعمال تنش شوری تا پیش از شروع رشد زایشی گیاه، هر دو هفته یک‌بار اعمال شد. گیاه روناس از شهرستان احمدآباد اردکان برداشت شد. بقایای روناس پس از هواخشک شدن به قطعات ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متری خرد شدند و با خاک مخلوط گشت. بوته‌ها در اواخر اردیبهشت‌ماه سال بعد شروع به گل‌دهی کردند و تا اواسط شهریورماه گل‌دهی ادامه داشت.

صفات مورد ارزیابی

ارتفاع هر بوته از محل طوقه تا آخرین گل‌ها در مرحله‌ی گلدهی اندازه‌گیری شد. برای محاسبه‌ی زمان گلدهی تعداد روزهای تقویمی از زمان کشت تا تشکیل شاخه‌ی گلدهنده محاسبه شد. بعد از برداشت هر واحد آزمایشی کل بوته با حذف ریشه از ناحیه طوقه جدا و وزن تر اندام هوایی و ریشه یادداشت شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد جهت اندازه‌گیری وزن خشک گیاه قرار داده شد. نسبت وزن خشک به تر مجموع اندام هوایی و ریشه نیز محاسبه شد. میزان کلروفیل برگ به‌وسیله‌ی دستگاه کلروفیل سنج (مدل SPAD502 ساخت شرکت Minolta ژاپن) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فسفر با دستگاه طیف‌سنج مدل uv-1200Spectrophotometer در طول‌موج ۸۸۰ نانومتر صورت گرفت (Olsen and Sommers, 1982). غلظت سدیم و پتاسیم برگ از روش خاکستر خشک و به‌وسیله‌ی دستگاه فیلم فتومتر (مدل PFP7 Jenway ساخت انگلستان) تعیین گردید (Emami and Zavareh, 2005). به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC[1]) هر نمونه، یک عدد برگ تازه و بالغ ابتدا با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۰۰۱ وزن شد. سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت درون پتری‌دیش حاوی آب مقطر قرار داده شد و وزن نمونه‌ها به‌عنوان وزن تورژسانس (tw) در نظر گرفته شد. در مرحله‌ی بعد نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه‌ی سلسیوس قرار گرفت و وزن حاصل از آن‌ها به‌عنوان وزن خشک در نظر گرفته شد. محتوی نسبی آب برگ از رابطه ۱ حساب شد (Cherli et al., 2002).

محتوای نسبی آب برگ = $[(fw-dw)/(tw-dw)] \times 100$ [۱]

که در آن fw = وزن تر نمونه‌ی برگی، dw = وزن خشک نمونه‌ی برگی، tw = وزن تورژسانس نمونه‌ی برگی.

برای سنجش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از روش کاهش مقدار پراکسیدهیدروژن (H_2O_2)[2] استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز دستگاه طیف‌سنج روی طول‌موج ۲۴۰ نانومتر تنظیم شد. داخل کووت پنج میکرولیتر از عصاره‌ی استخراجی و دو میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار اضافه شد، دستگاه طیف‌سنج با این محلول کالیبره شد. سپس به مقدار ۱۰۰ میکرولیتر پراکسیدهیدروژن سه درصد به مخلوط واکنش اضافه و میزان جذب نور به مدت دو دقیقه اندازه‌گیری شد. فعالیت این آنزیم با محاسبه‌ی ضریب خاموشی طبق رابطه ۲ محاسبه گردید. ضریب خاموشی برای فعالیت ویژه آنزیم کاتالاز $m\mu^{-1}cm^{-1}$ ۳۹/۴ در نظر گرفته شد (Du and Bramlage, 1995; Gangali et al., 2010; Lutts et al., 1996).

فعالیت آنزیم = $\Delta abs \times 100 \times (1/A \times EC) \times (B \times C)$ (µmol/min.g) [۲]

که در آن Δabs= اختلاف جذب در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر طی دو دقیقه، A= مقدار عصاره آنزیمی موجود در محلول واکنش (میکرولیتر)، EC= ضریب خاموشی آنزیم (۳۹/۴ $m\mu^{-1}cm^{-1}$)، B= مقدار بافر استخراج‌شده به‌کاررفته برحسب میلی‌لیتر، C= وزن نمونه‌ی تازه برحسب گرم.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام و برای مقایسه‌ی میانگین تیمارها از روش برش-دهی اثرات متقابل استفاده شد.

[1] Relative water content

[2] Hydrogen peroxide

نتایج و بحث

صفات رویشی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای آلی و بیولوژیک، شوری و برهم‌کنش آن‌ها بر ارتفاع گیاه، طول ریشه و تعداد برگ فعال در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج برش‌دهی اثرات متقابل کودهای آلی و بیولوژیک و شوری نشان داد که در هر سه سطح شوری کودهای آلی و بیولوژیک نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری ارتفاع گیاه و طول ریشه را افزایش دادند (جدول ۴). در شوری dSm^{-1} ۴ بیشترین ارتفاع در گیاهان تیمار شده با g/kg ۳ قارچ میکوریزا حاصل شد که نسبت به شاهد ۱۶/۷۲ درصد بیشتر بود. در سطوح شوری متوسط و بالا (۷ و ۱۲ dSm^{-1}) بیشترین ارتفاع را گیاهان تیمار شده با g/kg ۱/۵ میکوریزا نشان دادند که به ترتیب ۱۸/۱۹ و ۲۸/۱۸ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری، افزایش غلظت میکوریزا اثر معکوس بر افزایش ارتفاع گیاه نشان داد. در شوری dSm^{-1} ۷ کمترین ارتفاع در گیاهان تیمار شده با mg/l ۳۲ اسید هیومیک حاصل شد، اما با افزایش سطح شوری به dSm^{-1} ۱۲ کمترین ارتفاع در گیاهان شاهد به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۲. تجزیه واریانس برخی صفات رشدی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) تحت سطوح مختلف تنش شوری و کودهای بیولوژیکی و آلی

Table 2. Analysis of variance for some growth characteristics of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) under different salinity stress levels and organic and biological fertilizers

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	طول ریشه Root length	تعداد برگ فعال Number of active leaves	وزن خشک ریشه Dry weight of root	وزن تر ریشه Fresh weight of root	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot	نسبت وزن خشک به وزن تر DW/FW
کودهای آلی و بیولوژیک Organic and biological fertilizers (A)	5	749.58**	1481.90**	18.82**	11.04**	555.37**	13.27**	99.65**	0.0018**
شوری Saliniy (B)	2	2534.48**	3477.60**	85.12**	3.26**	479.14**	2.50*	49.87**	0.0051**
A × B	10	884.89**	713.49**	87.81**	6.19**	158.83**	7.28**	87.40**	0.0069**
خطا Error	36	0.28	1.22	1.90	0.05	0.99	0.33	2.17	0.0002
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*0.83*	*2.60*	*5.05*	*7.21*	*4.51*	*8.46*	*4.92*	*8.93*

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

* and ** significant at p < 0.05 and 0.01, respectively

در شوری dSm^{-1} ۴ بیشترین طول ریشه گیاهان در تیمار g/kg ۳ قارچ میکوریزا حاصل شد که ۴۸/۷۶ درصد بیشتر از شاهد بود. کمترین طول ریشه نیز در گیاهان تیمارشده با mg/l ۳۲ اسید هیومیک به دست آمد که نسبت به تیمار g/kg ۳ قارچ میکوریزا ۵۸/۸۹ درصد طول ریشه‌ها کمتر بود (جدول ۴). در سطوح شوری بالاتر تمام تیمارها نسبت به شاهد موجب افزایش طول ریشه شدند که در این میان گیاهان تیمار شده با g/kg ۳ قارچ میکوریزا در شوری‌های ۷ و ۱۲ dSm^{-1} به ترتیب ۷۳/۵۴ و ۷۴/۱۷ درصد طول ریشه را نسبت به شاهد افزایش دادند. در شوری dSm^{-1} ۴ بیشترین تعداد برگ فعال در گیاهان شاهد به دست آمد (جدول ۴). بدین معنی که هیچ‌کدام از تیمارها قادر به افزایش تعداد برگ نبودند. احتمالاً در این سطح شوری گیاهان دچار تنش چندانی نشدند، بنابراین استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک تأثیری در رشد گیاه در مقایسه با شاهد نداشت؛ اما در شوری dSm^{-1} ۷ بیشترین تعداد برگ فعال در گیاهان تیمار شده با mg/l ۱۶ اسید هیومیک حاصل شد که نسبت به تیمار بقایای روناس که کمترین تعداد برگ را تولید کرد، ۲۷/۸۷ درصد بیشتر بود. نکته جالب این بود که با افزایش سطح تنش شوری به dSm^{-1} ۱۲ همه تیمارها به‌طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد برگ فعال نسبت به شاهد شدند (جدول ۴). درواقع استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک در سطوح بالای شوری

توانست موجب افزایش تولید برگ گیاه شود. ارتفاع گیاه با تعداد برگ فعال، زمان گلدهی، وزن تر اندام هوایی و نسبت وزن خشک به تر همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). طول ریشه تنها با وزن تر ریشه همبستگی نشان داد (جدول ۵) و تعداد برگ فعال با زمان گلدهی، نسبت وزن خشک به تر، کلروفیل، ارتفاع گیاه، میزان پتاسیم، طول ریشه و محتوای نسبی آب برگ همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵).

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که با افزایش سطح شوری، ارتفاع گیاه و تعداد برگ فعال به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. ازآنجاکه تنش شوری منجر به کم‌آبی می‌شود، در شرایط خشکی سطح ریشه و طول ریشه گیاهان میکوریزایی افزایش می‌یابد و سبب بهبود هدایت هیدرولیکی می‌گردد (Troeh and Loynachan, 2003) در سطح مختلف شوری، استفاده از قارچ میکوریزا موجب افزایش ارتفاع و طول ریشه گیاه شد. درواقع قارچ میکوریزا با همزیستی مثبت با ریشه گیاه، سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی ماکرو و میکرو شده و درنهایت موجب بهبود رشد، ارتفاع و افزایش تعداد برگ گیاه شده است. خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzadeh et al., 2017) نیز گزارش کردند که بیشترین وزن و حجم ریشه گندم در ترکیب تیمار تلقیح بذر با ازتوباکتر و سودوموناس در شرایط عدم اعمال شوری به دست آمد. همزیستی میکوریزا و ریشه گیاه موجب ایجاد یک سیستم از ریشه‌های مویین و نفوذ آن به منافذ باریک خاک، بهبود جذب آب و افزایش غلظت عناصر غذایی پرمصرف می‌شود. کپتا و همکاران (Coptta et al., 2006) نیز نشان دادند که مایه‌زنی گیاه نعناع با قارچ *Glomus fasciculatum* به‌صورت معنی‌داری ارتفاع گیاه و عملکرد رویشی محصول را در مقایسه با گیاهان مایه‌زنی نشده افزایش داد. بروس و ریان (Bruce and Ryan, 1997) نیز گزارش کردند که زیر خاک نمودن بقایای گیاهی گندم سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته آفتابگردان نسبت به شاهد شد.

وزن تر و خشک شاخساره و ریشه و نسبت وزن خشک به تر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای آلی و بیولوژیک، شوری و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک شاخساره و ریشه و نسبت وزن خشک به تر کل معنی‌دار بود (جدول ۲). در شوری dSm^{-1} ۴ گیاهان تیمار شده با بقایای گیاه روناس بیشترین وزن تر و خشک شاخساره را نشان دادند که به ترتیب ۱۶/۶۲ و ۵۲/۵۵ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴). به‌طورکلی کاربرد مواد آلی سبب بهبود خصوصیات خاک و افزایش رشد گیاه می‌شود. افزودن بقایای گیاه روناس به محیط‌های کشت می‌تواند سبب ایجاد تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بسترها گردد و با بهبود شرایط خاکدانه سازی، وضعیت تخلخل خاک و نفوذپذیری و بالا بردن ظرفیت نگهداری آب و همچنین بهبود تغذیه، رشد و نمو بهبود فعالیت گیاهی را افزایش دهد. درحالی‌که بیشترین میزان وزن تر و خشک ریشه در این شوری در گیاهان تیمار شده با اسید هیومیک حاصل شد که نسبت به شاهد به ترتیب ۷۰/۵۵ و ۶۲/۰۴ درصد بیشتر بود (جدول ۴). در شوری ملایم ($4\ dSm^{-1}$) همه تیمارها نسبت به شاهد منجر به افزایش وزن تر و خشک ریشه شدند. در شوری متوسط و شدید ($7\ dSm^{-1}$ و ۱۲) گیاهان تیمار شده با ۱۶ mg/l اسید هیومیک بیشترین وزن تر شاخساره را نشان دادند که به ترتیب ۱۶/۶۶ و ۵۶/۴۱ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴). با افزایش سطح شوری، استفاده از اسید هیومیک اثر بیشتری در افزایش وزن تر و خشک ریشه نشان داد. اسید هیومیک به دلیل داشتن خاصیت شبه هورمونی باعث افزایش رشد و گسترش اندام‌های هوایی می‌شود. وزن تر شاخساره با وزن خشک آن، ارتفاع گیاه، محتوای نسبی آب برگ، تعداد برگ فعال و زمان گلدهی گیاه همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۴). در شوری dSm^{-1} ۱۲ همه تیمارها نسبت به شاهد موجب افزایش وزن تر و خشک شاخساره شدند (کمترین وزن تر و خشک شاخساره در گیاهان شاهد حاصل شد). بیشترین وزن تر ریشه در شوری $7\ dSm^{-1}$ در گیاهان تیمار شده با بقایای گیاه روناس حاصل شد که ۵۲/۹۶ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود و بیشترین وزن خشک در این شوری با تیمار ۳۲ mg/l اسید هیومیک به دست آمد که ۳۸/۰۹ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴). درحالی‌که گیاهان تیمار شده با ۱۶ mg/l اسید هیومیک در شوری $12\ dSm^{-1}$ بیشترین وزن تر و خشک ریشه را نشان دادند که به ترتیب ۶۲/۲۴ و ۶۹/۷۳ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴). در شوری شدید همه تیمارها منجر با افزایش وزن تر ریشه شدند (جدول ۴). وزن تر ریشه با وزن خشک آن، کلروفیل، سدیم، محتوای نسبی آب برگ، نسبت وزن خشک به تر، طول ریشه و زمان گلدهی همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). در سطوح شوری ۴، ۷ و ۱۲ dSm^{-1} به ترتیب تیمارهای ۳ و ۱/۵ گرم

بر کیلوگرم میکوریزا و ۱۶ mg/l اسید هیومیک منجر به تولید بیشترین نسبت وزن خشک به تر شدند که نسبت به شاهد به ترتیب ۳۴/۵۵، ۲۹/۱۶ و ۱۲ درصد افزایش داشت (جدول ۴). وزن خشک شاخساره با وزن تر آن، نسبت وزن خشک به تر، ارتفاع گیاه و پتاسیم برگ همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). وزن خشک ریشه با وزن تر آن و محتوای نسبی آب برگ همبستگی مثبت نشان داد. نسبت وزن خشک به تر با ارتفاع و تعداد برگ فعال همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵).

در گیاه مرزه مصرف اسید هیومیک از طریق ایجاد شرایط اغذیه‌ای بهتر موجب رشد رویشی و افزایش وزن خشک ریشه شد. همچنین مصرف اسید هیومیک در بابونه موجب افزایش وزن خشک ریشه شد (Kiani et al., 2011). طبق مطالعات صورت گرفته، اضافه کردن اسید هیومیک تجاری گرانول به انگورهای کشت‌شده در بستر شن در محیط گلخانه نشان داد که نسبت وزن تر به خشک برگ، شاخه، ریشه و همچنین تعداد و سطح برگ، در پاسخ به افزایش سطح اسید هیومیک، روند افزایش خطی یا درجه دو نشان می‌دهند (Reynolds, 1995). همچنین کود آلی اسید هیومیک باعث افزایش وزن خشک گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود (Hemantaranjan and Gray, 1988). اسید هیومیک باعث جذب بیش‌تر عنصر نیتروژن از طریق ایجاد pH خنثی در خاک قلیایی می‌شود و درنهایت باعث تحریک رشد اندام‌های هوایی می‌شود (Naderi et al., 1996). اثربخشی بقایای روناس در ارتباط با وزن خشک اندام هوایی و ریشه با افزایش تنش شوری بیشتر شده است که این امر می‌تواند به دلیل افزایش تخلخل خاک و همچنین افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باشد.

زمان گلدهی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای آلی و بیولوژیک، شوری و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر زمان گلدهی معنی‌دار بود (جدول ۳). در شوری dSm^{-1} ۴و ۷ همه تیمارها نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری زودتر وارد فاز گلدهی شدند (جدول ۴). در این میان گیاهان تیمار شده با بقایای روناس زودتر از سایر تیمارها وارد فاز گلدهی شدند که نسبت به شاهد به ترتیب ۹/۵۷، ۱۱/۸۴ و ۱۰۰ درصد سرعت ورود به فاز گلدهی در سطوح مختلف شوری بالاتر بود. با افزایش سطح شوری به dSm^{-1} ۱۲ گیاهانی که هیچ‌گونه تیماری دریافت نکرده بودند قادر به تشکیل گل و تحمل تنش وارده نبودند، درحالی‌که با وجود سطح بالای شوری خاک، گلدهی در همه گیاهان تیمارشده القا شد و در این میان گیاهانی که با بقایای گیاه روناس تیمار شده بودند زودتر از سایر گیاهان وارد فاز گلدهی شدند (جدول ۴). زمان گلدهی با وزن تر اندام هوایی، نسبت وزن خشک به تر، ارتفاع گیاه، پتاسیم برگ و تعداد برگ فعال همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). به‌طورکلی جلوگیری نمک از رشد گیاه می‌تواند به دلیل فتوسنتز نامناسب گیاه، بسته بودن روزنه‌ها و محدود بودن جذب دی‌اکسید کربن باشد (Sarathchandra et al, 2001). این در حالی است که تیمار بقایای گیاه روناس سبب کاهش قابل‌توجه تعداد روزها تا زمان گلدهی گل مغربی (۲۵۰ روز از زمان اعمال تنش) نسبت به شاهد و سایر کودهای آلی و بیولوژیک شد. بقایای گیاهی روناس موجب شد تا گل مغربی در بالاترین سطح شوری زودتر از سایر گروه‌های آزمایشی وارد فاز زایشی شود (جدول ۳). شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2013) گزارش کردند که سرعت گلدهی زعفران به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر بقایای گیاهی مختلف قرار گرفت به‌طوری‌که سرعت گلدهی زعفران با استفاده از بقایای ماشک گل خوشه‌ای ۷/۸ گل در روز بیشتر از شاهد (۰/۶ گل در روز) بود، آن‌ها همچنین عنوان کردند که کاربرد بقایای گیاهی سرعت گلدهی را ۱۰۰ درصد بهبود بخشید و بیشترین تسریع گلدهی در تیمار با بقایای جو نشان داده شد. ممکن است کاربرد بقایای گیاهی در خاک به دلیل حفظ رطوبت و تعدیل دما در محیط ریزوسفر اطراف گیاه از شیوع تنش خشکی که درنتیجه‌ی شوری به وجود می‌آید جلوگیری کند، درنتیجه آماس سلولی بالا رفته و سبب تسریع گلدهی شود (Campiglia et al, 2010). کودهای آلی و بیولوژیک منبع غنی از عناصر غذایی ماکرو و میکرو بوده که با تأثیر مثبت بر خصوصیات فیزیکی خاک منجر به افزایش عملکرد گردیدند. به نظر می‌رسد که بقایای گیاهی روناس موجب افزایش خلل و فرج خاک شده و درنتیجه ظرفیت نگهداری آب در گلدان‌ها در زمان بروز تنش شوری افزایش‌یافته است، این مسئله موجب بهبود جذب آب و مواد غذایی شده و درنتیجه گلدهی در گیاهان بهبود یافته است.

کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای آلی و بیولوژیک، شوری و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک

درصد بر میزان کلروفیل معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش غلظت شوری، محتوای کلروفیل برگ در شوری ۷ dSm^{-1} کاهش پیدا کرد (جدول ۴). این کاهش ممکن است به دلیل کاهش کلروفیل به علت ممانعت یون‌های نمک از بیوسنتز مجدد پروتئین‌ها و تأثیر مخرب آن‌ها بر ساختار کلروپلاست است (Jaleel et al., 2007). در سطوح شوری ۴ dSm^{-1} و ۷ بیشترین میزان کلروفیل برگ در گیاهان تیمارشده با g/kg ۱/۵ قارچ میکوریزا و ۱۶ mgl^{-1} اسید هیومیک به دست آمد که به ترتیب ۹/۸۱ و ۱۰/۲۸ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۴). ستاکیک و زاک (Stuchlik and Zak, 2012) نیز اظهار نمودند که تلقیح فلفل با گونه‌های قارچ میکوریزای *G. intraradices* و *G. mosseae* محتوای کلروفیل و کارتنوئید را در شرایط شوری افزایش داد و این افزایش در محتوای کلروفیل در گیاهان تلقیح شده با گونه‌ی *G. intraradices* بیشتر بود. خلیل‌زاده و همکاران (Khalilzadeh et al., 2017) نیز گزارش کردند که تلقیح با باکتری‌های محرک رشد موجب تخفیف اثر نامطلوب شوری بر وزن صد دانه گندم شده و مانع از کاهش آن در سطح بالای شوری گردیده است. گزارش‌های دیگر حاکی از آن بود که کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن تحت تیمار شوری ۱۰/۳ درصد کلروفیل a و ۱۱/۱ درصد کلروفیل b را در گیاه گندم افزایش می‌دهد (Davoodifard et al., 2013). ممکن است یکی از دلایل کاهش غلظت کلروفیل در تنش شوری در گیاهان غیر میکوریزایی تداخل نمک با سنتز کلروفیل باشد (Giri and Mukerji, 2004). علت احتمالی دیگر در مورد کاهش غلظت کلروفیل می‌تواند اثرات آنتاگونیستی یون سدیم بر جذب منیزیم باشد (Alam, 1994). ازآنجاکه قارچ‌های میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کنند، می‌توانند سنتز کلروفیل را افزایش دهند (Giri et al., 2002). با افزایش سطح تنش شوری به dSm^{-1} ۱۲ گیاهانی که با بقایای گیاه روناس تیمار شده بودند، بیشترین میزان کلروفیل برگ را نشان دادند که نسبت به شاهد ۱۶/۱۲ درصد بیشتر بود. در شوری بالا همه تیمارها نسبت به شاهد موجب افزایش سطح کلروفیل برگ شدند (جدول ۴). علت افزایش کلروفیل در تیمار بقایای گیاهی را می‌توان به دلیل افزایش ازت ذکر کرد (Alizadeh et al., 2015). زارعی و همکاران (Zarei et al., 2014) نیز بیان کردند که استفاده از تفاله شیرین‌بیان موجب افزایش غلظت کلروفیل برگ گیاه همیشه‌بهار شد. کلروفیل با تعداد برگ فعال و وزن تر ریشه همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵).

جدول ۳. تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیک و عناصر غذایی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) تحت سطوح مختلف تنش شوری و کودهای بیولوژیکی و آلی

Table 3. Analysis of variance for some physiological characteristics and nutrients of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) under different salinity stress levels and organic and biological fertilizers

منابع S.O.V.	درجه آزادی df	کاتالاز Catalase	زمان گلدهی Flowering time	محتوای نسبی کلروفیل Chlorophyll	آب برگ RWC	پتاسیم K	فسفر P	سدیم Na
کودهای آلی و بیولوژیک Organic and biological fertilizers (A)	5	13.43**	8862.91**	20.47**	238.87**	0.24*	0.013**	0.92**
شوری Salinity (B)	2	1.71*	15134.12**	78.34**	576.55**	1.16**	0.008**	2.50**
A × B	10	7.16**	14479.50**	82.05**	299.02**	0.59**	0.013**	0.56**
خطا Errors	36	13.06	0.35	0.81	1.11	0.05	0.0005	0.02
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*16.2*	*0.23*	*1.97*	*1.89*	*12.73*	*8.99*	*7.78*

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

* and ** significant at $p < 0.05$ and 0.01 respectively

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای آلی و بیولوژیک، شوری و برهم‌کنش آن‌ها در سطح احتمال یک درصد بر محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). در شوری $4\ dSm^{-1}$ گیاهان تیمار شده با ۱/۵ g/kg قارچ میکوریزا و نیز شاهد بیشترین محتوای نسبی آب برگ را نشان دادند (جدول ۴). درحالی‌که در سطوح شوری متوسط و شدید (۷ و ۱۲ dSm^{-1})، گیاهان تیمار شده با ۳۲ mg/l اسید

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای آلی و بیولوژیک و تنش شوری بر شاخص‌های رشدی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.)

Table 4. Mean comparison for the interaction effects between organic and biological fertilizers and salinity stress on some growth parameters of evening primrose (*Oenothera biennis* L.)

کودهای آلی و بیولوژیک Organic and biological fertilizers	شوری Salinity ($dS.m^{-1}$)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot (g)	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoot (g)	وزن تر ریشه Fresh weight of root (g)	وزن خشک ریشه Dry weight of root (g)	نسبت وزن خشک به وزن تر DW/FW	طول ریشه Root length (cm)
شاهد Control	4	70.33^{d}	33.60^{b}	4^{d}	13.2^{d}	1.86^{d}	0.125^{d}	20.73^{d}
میکوریزا (1.5 g/kg) Mycorrhizal fungi		73.4^{b}	29.83^{c}	5.36^{c}	15.93^{c}	2.06^{cd}	0.152^{c}	35.53^{b}
میکوریزا (3 g/kg) Mycorrhizal fungi		84.46^{a}	28.03^{c}	6.16^{b}	15.53^{c}	2.2^{cd}	0.191^{a}	40.46^{a}
اسیدهیومیک Humic acid (16 mg/l)		70.3^{d}	28.2^{c}	4.66^{cd}	13.5^{d}	2.53^{c}	0.173^{ab}	18.03^{e}
اسیدهیومیک Humic acid (32 mg/l)		69.86^{d}	24.16^{d}	6.2^{b}	44.83^{a}	4.9^{a}	0.163^{cd}	16.63^{f}
بقایای روناس Madder residue		72.4^{c}	40.3^{a}	8.43^{a}	22^{b}	3.23	0.167^{ab}	29.33^{c}
شاهد Control	7	67.13^{d}	31^{b}	6.13^{bc}	19.33^{c}	2.6^{c}	0.17^{b}	19.06^{e}
میکوریزا (1.5 g/kg) Mycorrhizal fungi		82.06^{a}	27.16^{b}	8.66^{a}	15.56^{d}	2.43^{c}	0.24^{a}	68^{b}
میکوریزا (3 g/kg) Mycorrhizal fungi		75.16^{b}	30.33^{b}	5.26^{bc}	20.53^{c}	3.1^{b}	0.16^{bc}	72.06^{a}
اسیدهیومیک Humic acid (16 mg/l)		60.06^{e}	37.2^{a}	5.76^{bc}	35^{b}	3^{b}	0.12^{d}	43.66^{c}
اسیدهیومیک Humic acid (32 mg/l)		55.43^{f}	30.1^{b}	3.53^{d}	35.33^{b}	4.2^{a}	0.11^{d}	45.43^{c}
بقایای روناس Madder residue		70.16^{c}	30.8^{b}	6.36	41.1^{a}	3.23^{b}	0.13^{cd}	29.66^{d}
شاهد Control	12	50.2^{f}	31^{b}	3.16^{d}	9.5^{e}	2.53^{d}	0.22^{b}	17.5^{e}
میکوریزا (1.5 g/kg) Mycorrhizal fungi		70^{a}	16.5^{d}	5.2^{b}	15.43^{d}	1.53^{f}	0.14^{c}	65.5^{b}
میکوریزا (3 g/kg) Mycorrhizal fungi		65^{b}	30.7^{b}	4.25^{c}	15.13^{d}	2.06^{e}	0.14^{c}	67.76^{a}
اسیدهیومیک Humic acid (16 mg/l)		55.53^{d}	27.36^{c}	7.7^{a}	25.16^{a}	8.36^{a}	0.25^{a}	55.53^{d}
اسیدهیومیک Humic acid (32 mg/l)		54.16^{e}	37.86^{a}	3.46^{cd}	21.7^{b}	4^{b}	0.15^{c}	53.66^{d}
بقایای روناس Madder residue		57.5^{c}	25.83^{c}	7.7^{a}	19.5^{c}	3.33^{c}	0.22^{b}	58.33^{c}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Means with different letters are significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan test.

جدول ۴. ادامه **Table 4. Continued**

کودهای آلی و بیولوژیک Organic and biological fertilizers	شوری Salinity ($dS.m^{-1}$)	کاتالاز Catalase µmol /Min/g.fw	محتوای نسبی آب برگ (٪) RWC	تعداد برگ فعال Number of active leaves	کلروفیل Chlorophyll	سدیم Na (%)	فسفر P (%)	پتاسیم K (%)
شاهد Control	4	5.24^{b}	61.31^{a}	32^{a}	47.13^{b}	1.95^{b}	0.14^{d}	1.97^{bc}
میکوریزا (1.5 g/kg) Mycorrhizal fungi		2.10^{c}	60.26^{a}	24.66^{a}	52.26^{a}	2.7^{a}	0.26^{b}	1.44^{c}
میکوریزا (3 g/kg) Mycorrhizal fungi		7.35^{a}	44.29^{d}	27.33^{b}	45.46^{c}	1.36^{c}	0.36^{a}	1.99^{bc}
اسیدهیومیک Humic acid (16 mg/l)		1.78^{c}	56.74^{b}	24.66^{c}	52.16^{a}	1.61^{c}	0.17^{c}	2.05^{b}
اسیدهیومیک Humic acid (32 mg/l)		1.89^{c}	49.95^{c}	21^{d}	43^{d}	0.84^{d}	0.37^{a}	1.44^{c}
بقایای روناس Madder residue		1.83^{c}	56.25^{b}	28.66^{b}	42.36^{d}	1.34^{c}	0.37^{a}	2.62^{a}
شاهد Control	7	2.10^{c}	55.49^{e}	32.66^{ab}	47.4^{b}	2.36^{b}	0.28^{a}	1.46^{d}
میکوریزا (1.5 g/kg) Mycorrhizal fungi		4.78^{ab}	60.03^{b}	26.33^{cd}	51.16^{a}	2.19^{b}	0.26^{ab}	2.25^{ab}
میکوریزا (3 g/kg) Mycorrhizal fungi		4.81^{ab}	53.36^{e}	25^{d}	45^{c}	2.75^{a}	0.22^{abc}	1.93^{bc}
اسیدهیومیک Humic acid (16 mg/l)		5.44^{a}	58.92^{c}	34.66^{a}	52.43^{a}	2.49^{ab}	0.18^{c}	1.63^{cd}
اسیدهیومیک Humic acid (32 mg/l)		3.41^{bc}	68.51^{a}	31.66^{b}	45.4^{c}	2.29^{b}	0.21^{bc}	2.34^{a}
بقایای روناس Madder residue		3.46^{c}	51.35^{d}	28.33^{c}	45.5^{c}	1.35^{c}	0.2^{bc}	2.05^{ab}
شاهد Control	12	3.46^{c}	51.84^{b}	14.33^{c}	41.6^{c}	2.13^{c}	0.2^{d}	1.16^{b}
میکوریزا (1.5 g/kg) Mycorrhizal fungi		2.94^{cd}	47.63^{c}	30.33^{a}	45.26^{b}	2.7^{a}	0.23^{d}	2.04^{a}
میکوریزا (3 g/kg) Mycorrhizal fungi		5.20^{ab}	38.88^{e}	24^{b}	45.43^{b}	2.22^{bc}	0.29^{b}	1.35^{b}
اسیدهیومیک Humic acid (16 mg/l)		5.51^{a}	52.05^{b}	28.33^{a}	45.23^{b}	2.42^{b}	0.27^{c}	1.97^{a}
اسیدهیومیک Humic acid (32 mg/l)		4.42^{b}	74.47^{a}	28^{a}	45.4^{b}	2.29^{bc}	0.36^{a}	1.22^{b}
بقایای روناس Madder residue		2.15^{d}	45.03^{d}	29.33^{a}	49.6^{a}	2.11^{c}	0.22^{d}	1.22^{b}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

Means with different letters are significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan test.

هیومیک بیشترین محتوای نسبی آب برگ را نشان دادند که به ترتیب ۲۷/۷۶ و ۳۰/۳۸ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود. (جدول ۴). محتوای نسبی آب برگ با تعداد برگ فعال، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی و پتاسیم برگ همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). محتوای نسبی آب برگ شاخص مناسبی برای بیان وضعیت آب در گیاهان بوده و وضعیت فراگیرتری از تعادل بین عرضه آب نسبی برگ و میزان تعرق را نشان می‌دهد (Kumar and Elaston,

1992). چنانچه محتوای نسبی آب برگ بیشتر باشد گیاه وضعیت تورژسانس خود را حفظ کرده و رشد آن ادامه می‌یابد (Rao and Mendham, 1991). در بعضی ارقام کلزا محتوای نسبی آب برگ بعد از اعمال تنش شوری در غلظت ۲۰۰ میلی‌مولار ۷۲ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت (Amooaghaie et al., 2014). لطف الهی و همکاران (Lotfollahi et al., 2015) نشان دادند که با افزایش سطح شوری، محتوای آب نسبی برگ در گیاه بابونه آلمانی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج پژوهش حاجی‌حسنی و همکاران (Hagi Hassani et al., 2016) همسو بود.

کاتالاز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای آلی و بیولوژیک و برهم‌کنش شوری و کودهای آلی و بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی-دار بود (جدول ۳). اثر شوری بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در شوری ۴ dSm^{-1} بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ۳ g/kg قارچ میکوریزا حاصل شد که نسبت به شاهد ۲۸/۷۰ درصد افزایش یافت و در شوری‌های ۷ و ۱۲ دسی-زیمنس بر متر در تیمار ۱۶ mg/l اسید هیومیک به دست آمد که به ترتیب ۶۱/۳۹ و ۳۷/۲۰ درصد نسبت به شاهد

جدول ۵. ضرایب همبستگی پیرسون میان خصوصیات رشدی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.)

Table 5. Pearson correlation coefficients between growth characteristics of evening primrose (*Oenothera biennis* L.)

خصوصیات Characteristics	کاتالاز Catalase	وزن خشک شاخساره Dry weight of shoots	وزن خشک ریشه Dry weight of root	وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot	وزن تر ریشه Fresh weight of root	نسبت وزن خشک به وزن تر DW/FW	کلروفیل Chlorophyll
وزن خشک شاخساره Dry weight of shoots	-0.09						
وزن خشک ریشه Dry weight of root	0.06	0.26					
وزن تر شاخساره Fresh weight of shoot	0.06	0.45**	0.26				
وزن تر ریشه Fresh weight of root	-0.18	0.15	0.47**	0.2			
نسبت وزن خشک به وزن تر DW/FW	0.07	0.58**	0.35**	-0.14	-0.34*		
کلروفیل Chlorophyll	0.19	0.22	0.04	0.008	0.38**	-0.01	
ارتفاع گیاه Plant height	0.01	0.42**	-0.16	0.52**	0.22	-0.27*	0.14
فسفر P	0.1	0.28*	0.16	0.008	0.001	0.24	-0.08
پتاسیم K	0.06	0.38**	0.03	0.45**	0.1	0.02	0.008
سدیم Na	0.18	-0.21	-0.07	0.09	-0.35**	-0.03	-0.23
طول ریشه Root length	0.22	0.13	0.09	0.27*	0.28*	-0.16	0.14
محتوای نسبی آب برگ RWC	0.03	0.2	0.54**	0.39**	0.56**	-0.06	-0.02
تعداد برگ فعال Number of active leaves	0.14	0.19	0.01	0.71**	0.21	-0.35**	0.29*
زمان گلدهی Flowering time	0.06	0.26	0.1	0.57**	0.31*	-0.33*	0.24

سطح‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از ضریب‌های همبستگی پیرسون با ** نشان داده‌شده است.

Significant levels at P≤ 0.01 are represented by ** using Pearson correlation coefficient.

جدول ۵. ادامه **Table 5. Continued**

خصوصیات Characteristics	ارتفاع گیاه Plant height	فسفر P	پتاسیم K	سدیم Na	طول ریشه Root length	محتوای نسبی آب برگ RWC	تعداد برگ فعال Number of active leaves
فسفر P	0.19						
پتاسیم K	0.32	-0.02					
سدیم Na	-0.24	-0.25	-0.19				
طول ریشه Root length	0.21	-0.02	0.14	0.24			
محتوای نسبی آب برگ RWC	-0.008	0.2	0.29*	0.06	0.17		
تعداد برگ فعال Number of active leaves	0.53**	-0.1	0.29*	0.23	0.38**	0.29*	
زمان گلدهی Flowering time	0.8**	0.14	0.31*	0.04	0.26	0.12	0.7**

سطح‌های معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با استفاده از ضریب‌های همبستگی پیرسون با ** نشان داده‌شده است.

Significant levels at $P \leq 0.01$ are represented by ** using Pearson correlation coefficient.

بیشتر بود. با افزایش سطح تنش شوری همه تیمارها نسبت به شاهد منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز شدند (جدول ۴). آنزیم کاتالاز با هیچ‌یک از صفات موردانداره‌گیری همبستگی نشان نداد (جدول ۵).

تنش‌های محیطی سبب افزایش تولید گونه‌های آزاد (ROS) می‌شود. گیاهان برای کم کردن اثرات مضر این تنش‌ها از مکانیسم‌های دفاعی متنوعی ازجمله افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز برخوردارند (Younesi et al, 2013). تنش شوری باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی خنثی‌کننده انواع اکسیژن فعال می‌گردد که این امر منجر به افزایش پراکسیداسیون لیپید و درنتیجه خسارت به غشاء سلولی و تخریب رنگ‌دانه‌ها می‌شود (Reddy et al., 2004). آنزیم کاتالاز با زدودن انواع فعال اکسیژن و جلوگیری از تخریب دیواره سلولی به بقاء گیاه کمک می‌کند (Jiang and Zhang, 2001). اثر گونه‌های مختلف میکوریزا در مقابله با تنش شوری به ظرفیت آن‌ها در حفاظت از گیاهان و قابلیت سازگاری با گیاه میزبان برمی‌گردد (Rabie and Almadini, 2005). افزایش فعالیت این آنزیم در شوری‌های بالاتر در تیمارهایی که سطوح اسید هیومیک اعمال شده بود، بهتر از سایر اصلاح‌کننده‌ها مشاهده شد (جدول ۴). برخلاف این نتیجه‌گیری کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن فعالیت آنزیم کاتالاز را ۳۶/۶ درصد در گندم کاهش داد (Chamani et al., 2012).

غلظت عناصر سدیم، پتاسیم و فسفر

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کودهای آلی و بیولوژیک، شوری و برهم‌کنش آن‌ها بر غلظت عناصر فسفر و سدیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثر شوری و اثر متقابل شوری و کودهای آلی و بیولوژیک بر غلظت پتاسیم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر کودهای آلی و بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد بر میزان پتاسیم برگ معنی‌دار بود (جدول ۳). در شوری $4\ dSm^{-1}$ و ۱۲ بیشترین غلظت سدیم برگ در گیاهان تیمار شده با ۱/۵ g/kg قارچ میکوریزا و کمترین غلظت آن در تیمار ۳۲ mg/l اسید هیومیک حاصل شد که نسبت به شاهد و تیمار۱/۵ g/kg قارچ میکوریزا به ترتیب ۵۶/۹۲ و ۶۸/۸۸ درصد کاهش داشت. در شوری $7\ dSm^{-1}$ بیشترین غلظت سدیم در تیمار ۳ g/kg قارچ میکوریزا به دست آمد (جدول ۴). کمترین غلظت سدیم برگ در شوری متوسط و شدید در گیاهان تیمار شده با بقایای روناس حاصل شد که این کاهش سدیم در شوری $7\ dSm^{-1}$، ۴۲/۷۹ درصد نسبت به شاهد کمتر بود ولی در شوری $12\ dSm^{-1}$

قابل‌ملاحظه نبود (جدول ۴). سدیم با تعداد برگ فعال، وزن تر ریشه و محتوای نسبی آب برگ همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). قارچ‌های میکوریزا با نگه‌داشتن سدیم در ریشه گیاه میزبان باعث کاهش ورود آن به اندام‌های هوایی گیاه شده و از این طریق موجب مقاومت گیاه در شرایط شور می‌شوند (Mansouri et al., 2007). نتایج به‌دست‌آمده در این زمینه با فلاحیان و همکاران (Fallahiyan et al., 2005) روی پسته مطابقت داشت. حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2013) نیز گزارش کردند که به کار بردن *G. intraradices* سبب افزایش غلظت سدیم و کاهش غلظت پتاسیم در گندم تحت تنش شوری شد این در حالی است که *G. mosseae* توانست غلظت سدیم را در گندم تحت تنش شوری کاهش دهد.

بیشترین میزان پتاسیم برگ در شوری‌های ۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب در تیمار بقایای روناس، ۳۲ mg/l اسید هیومیک و ۱/۵ g/kg قارچ میکوریزا حاصل شد که نسبت به شاهد به ترتیب ۸/۷۹، ۳۷/۶۰ و ۴۳/۱۳ درصد بیشتر بود (جدول ۴). میزان پتاسیم برگ با وزن تر و خشک شاخساره همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). تحقیقات پژوهشگران نشان داده است که شوری باعث کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه و کاهش غلظت پتاسیم در برگ‌های زیتون می‌شود (Khan et al, 2006). در بسیاری از محصولات باغی غلظت پتاسیم در بافت‌های گیاهی با افزایش شوری محیط ریشه کاهش می‌یابد (Silispour et al., 2016). کاهش غلظت پتاسیم بافت‌های گیاهی می‌تواند به دلیل رقابت آن با سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌های غشای پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به دلیل عدم ثبات غشاء پلاسمایی باشد (Chartzoulakis, 2005). رضوی نسب و همکاران (Razavinasab et al., 2011) به این نتیجه رسیدند که افزایش ماده آلی مصرفی، غلظت پتاسیم اندام هوایی و ریشه را افزایش داد به‌طوری‌که ماده آلی باعث گستردگی ریشه و افزایش جذب پتاسیم توسط ریشه شد. در شرایط شوری نفوذپذیری غشا زیاد شده، ازیک‌طرف یون‌های سمی نظیر سدیم وارد گیاه شده و از طرف دیگر نشت پتاسیم شیره سلولی زیاد می‌شود (Ghasemi, 2015). جذب انتخابی پتاسیم در مقابل سدیم در بسیاری از گونه‌های گیاهی در حقیقت یک مکانیسم فیزیولوژیک مهم در تحمل شوری است (Akbari et al., 2012). تلقیح گیاه با میکوریزا موجب بهبود وضعیت تغذیه‌ای، ازجمله افزایش غلظت پتاسیم و کاهش غلظت سدیم در بافت برگ می‌شود (Rabie and Almadini, 2005). درنتیجه میزان آب برگ و انتقال عناصر غذایی به گیاه افزایش می‌یابد (Hummer et al., 2011). این وضعیت به افزایش انتقال آسیمیلات به مخزن منجر می‌شود و از فشار و شدت شوری بر تولید محصول می‌کاهد و درنهایت رشد و تولید را افزایش می‌دهد (Colla et al., 2008).

بیشترین غلظت فسفر برگ در شوری dSm^{-1} ۴ در تیمار g/kg ۳ قارچ میکوریزا، mg/l ۳۲ اسید هیومیک و بقایای گیاه روناس به دست آمد که ۶۲/۱۶ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۴). در سطح شوری متوسط شاهد بیشترین غلظت فسفر را نشان دادند (جدول ۴). در شوری شدید تیمار mg/l ۳۲ اسید هیومیک بیشترین غلظت فسفر را نشان داد که ۴۴/۴۴ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۴). کمترین میزان فسفر در شوری ۴ و ۱۲ dSm^{-1} در نمونه‌های شاهد حاصل شد (جدول ۴). فسفر با وزن خشک شاخساره همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). اسید هیومیک مقدار زیادی آب را در خود ذخیره می‌کند و بنابراین توانایی خاک برای ذخیره و نگهداری آب افزایش می‌یابد و گیاه در زمان موردنیاز از آب ذخیره‌شده استفاده می‌کند و موجب کاهش آثار شوری می‌شود (Chamani et al., 2012). تجمع فسفر و پتاسیم در گندم تلقیح شده با *G. mosseae* به‌مراتب نسبت به تیمارهای تلقیح شده با *G. intraradices* بیشتر بود (Daei et al, 2009). احتمالاً استفاده از قارچ میکوریزا و مواد آلی اثرات تشدیدکنندگی بر فعالیت میکروبی خاک داشته و متعاقباً با افزایش سهل‌الوصول شدن عناصر فسفر و پتاسیم موجود در خاک برای گیاه و همچنین برقراری تعادل این عناصر با فاز فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد گیاه را در پایین‌ترین سطح شوری بهبود بخشیده است (Mazinani and Hadipour, 2014). استفاده از تفاله شیرین‌بیان و قارچ میکوریزا موجب افزایش غلظت فسفر و پتاسیم برگ گیاه همیشه‌بهار شد (Zarei et al., 2014).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اثرگذاری کودهای آلی و بیولوژیک بر صفات مختلف رشدی گل مغربی وابسته به مقدار به‌کاررفته و صفت موردنظر، متفاوت بود. نتایج نشان داد که شوری باعث کاهش ارتفاع، طول ریشه و محتوای کلروفیل برگ در گل مغربی شد. قارچ میکوریزا، طول ریشه

را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. افزایش انتقال آب و مواد غذایی به‌ویژه فسفر سبب بهبود رشد و نمو گیاه و افزایش شدت فتوسنتز درنتیجه افزایش محتوای کلروفیل برگ‌ها شد. گرچه سه گرم بر کیلوگرم قارچ میکوریزا در پایین‌ترین سطح شوری میزان غلظت فسفر را نسبت به شاهد افزایش داد، اما این مقدار در شوری dSm^{-1} ۱۲ روند عکس داشت ازاین‌رو به نظر می‌رسد که پاسخ گل مغربی به همزیستی با میکوریزا، گونه‌ی *G. intraradices* در سطوح مختلف شوری متغیر است و با افزایش شوری ویژگی‌های رشدی نیز کاهش یافت. افزودن بقایای گیاهی روناس ضمن افزایش ماده‌ی آلی و بهبود روابط آبی گیاه با کاهش غلظت سدیم اندام هوایی مقدار نمک را در سطوح بالاتر شوری کنترل کرد و غلظت پتاسیم را نسبت به شاهد افزایش داد علاوه بر این با بالا رفتن غلظت شوری در گیاه (dSm^{-1} ۱۲) و اختلاط آن با بقایای روناس گلدهی تسریع شد و اختلاف معنی‌دار با گروه شاهد در کلیه سطوح شوری پیدا کرد. با افزایش شوری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز نیز بیشتر شد لذا هر چه میزان این فعالیت بیشتر باشد به‌منزله‌ی افزایش تحمل گل مغربی به شرایط تنش است. به‌طورکلی مواد آلی ارگانیک با افزایش جذب آب و عناصر غذایی جهت مقابله با شرایط آنتاگونیستی حاصل‌شده از تنش شوری، می‌تواند موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه در گردد. بنا بر نتایج حاصل از پژوهش حاصل استفاده از قارچ میکوریزا، اسید هیومیک و بقایای گیاه روناس تحمل گیاه را به تنش افزایش داده و موجب افزایش صفات رشدی و جذب عناصر غذایی در مقایسه با شاهد گردید.

منابع

Akbari ghogdi, E., Izadi-Darbandi, A., Borzouei, A., 2012. Effects of salinity on some physiological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars, Indian Journal of Science and Technology. 5(1), 1901-1906.

Alam, S.M., 1994. Nutrient Uptake by Plant under Stress Condition. In: Pessarakali, M., (ed.) Handbook of Plant Stress. Dekker, New York, p. 227-246.

Alizadeh, M., Chorom, M., Enayatizamir, N., 2015. Effect of Plant Residues on Soil Microbial Parameters and Some Growth Characteristics of Barley at Different Levels of Soil Salinity. Journal of Agricultural Engineering. 38(1), 14-28. [In Persian with English summary].

Amooaghaie, R., Ghorban Nejad Neirizi, H., Mostajeran, A., 2014. The effect of salinity on seedling growth, chlorophyll content, relative water content and membrane stability in two canola Cultivars. Journal of plant research. 27(2), 256-268. [In Persian with English Summary]

Azizian, D., 2006. Flora of Iran. Publication of Research Institute of Forests and Rangelands. [In Persian].

Bremner, J. M., 1996. Nitrogen total. PP. 1085-1122. In: Klute, A., et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., ASA, Madison, WI.

Bruce, S., Ryan, M.H., 1997. Effect of wheat stubble on emergence and growth of canola and sunflower. U.S. Department of Agriculture Cris, 358. USA.

Campiglia, E., Caporali, F., Radicetti, E., Mancinelli, R., 2010. Hairy Vetch (*Vicia villas* Roth) cover crop residue management for improving weed control yield in no-tillage tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) production. European Journal of Agronomy. 33, 94-102.

Chamani, F., Habibi, D., Khodabandeh, N., Davoodifar, M., Asgharzadeh, A., 2012. Effects of salinity stress on growth and antioxidant enzyme activity of wheat inoculated with plant growth promoting bacteria (*Azotobacter chroocccum*, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonase putida*) and humic acid. Journal of agronomy and plant breeding. 8(3), 39-55. [In Persian with English summary].

Chartzoulakis, K., 2005. Salinity and olive: growth salt tolerance photosynthesis and yield. Agricultural Water Management. 78, 108-121.

Chen, C.R., Condron, L.M., Davis, M.R., Sherlick, R.R., 2003. Seasonal changes in soil phosphorus and associated microbial properties under adjacent grassland and forest in New Zealand. Forest Ecology and Management. 177, 35-43

Chen, Y., Aviad, T., 1990. Effect of humic substances on plant growth. In: MacCarthy, P., Clapp, E.E., Malcoulm R.L., Bloom, P.R., (eds.), Humic Substances in Soil and Crop Sciences. Selected readings. ASA, SSA, Madison. 161-186.

Cherli, G.H., Foursy, A., Fares, K., 2002. Effects of salt stress on growth in organic ions and proline accumulation in relation to osmatic adjustment in five sugar beet cultivars. Eavioron. Exp. Bot. 47: 39-50.

Colla, G., Rouphael,Y., Cardarelli, M., Tullio, M., Carlos, M. R., Elvira, R., 2008. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration, Biology and Fertility of Soils. 44, 501–509.

Coptta, A., Lingua, G., Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var Genovese. Mycorrhiza. 16(7), 485-494.

Daei, G., Ardekani, M.R., Rejali, F., Teimuri, S., Miransari, M., 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield components, and nutrient uptake using Arbuscular mycorrhizal fungi under field condition. Journal of Plant Physiology. 166, 617-325.

Dashtakian K., 2000. Effect of salinity level and type on growth and chemical composition of madder. M.Sc. thesis. Shiraz University. 96 p. [In Persian].

Davoodifard, M., Habibi, D., Davoodifard, F., 2013. Effects of salinity stress on membrane stability, chlorophyll Content and yield components of wheat inoculated with plant growth promoting bacteria and humic acid. Journal of agronomy and plant breeding. 8(2), 71-86. [In Persian with English summary].

Du, Z., Bramlage, W.J., 1995. Peroxidative activity of apple peel in relation to development of poststorage disorders. HortScience. 30(2), 205-209.

Emam, Y., Zavareh, M., 2005. Drought Tolerance in Higher Plants. Nashre Daneshgahi Press, Tehran, First Edition, 187p. [In Persian].

Fallahiyan, F., Abbaspur, H., Fahimi, H., Khavazi Nejad, R.A., 2005. The effect of Endomycorrhizal on mineral nutrition of pistachio (*Pistacia vera* L.) growth, under salinity stress. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi). 67, 82-86. [In Persian with English Summary]

FAO. 2011. FAO land and plant nutrition management service. Available at: http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/.

Fieldsend, A.F., Morison J.I.L., 2000. Contrasting growth and dry matter partitioning in winter and spring evening primrose crops (*Oenothera* spp.). Field Crops Research. 68, 9-20.

Gangali, H. R., Band, A.A., Abad, H., Nik, M.M., 2010. Effects of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield components and various traits of calen, American- Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 8(6), 672-679.

Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle size analysis, hydrometer method. PP. 383-411. *In*: Klute, A., et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part II, ASA, Madison, WI.

Ghasemi, S., 2015. The effect of vermicompost on salt tolerance of tomato and iron and zinc absorption in alkaline soil. Water and Soil Science. 25(2), 271-283. [In Persian with English Summary].

Gholami, H., 2013. Effect of humic acid and fulic acid on plant resistance of spaghetti to salt stress. MSc thesis. Azad University, Garmsar Branch [In Persian].

Gholarata, M., Raiesii, F., Nadian, H., 2009. Investigation the interaction effects of salt and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake of *Trifolium alexandrinum* L. Journal of Agronomic Research of Iran. 6, 117-125. [In Persian with English summary].

Gimidil, R., Azizi, M., Shirzad, S., 2012. Investigation the salt stress on germination of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) medicinal plant. Regional Knowledge Conference on Sustainable Management of Agriculture and Natural Resources. Gorgan, University of Agricultural Science and Natural Resource [In Persian].

Giri, B., Kapoor, R., 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.

Giri, B., Mukerji, G.K., 2004. Mucorrhiza inoculate alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *sesbania grandiflora* under field

conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. Mycorrhiza. 14, 307-312.

Golldack, D., Li, C., Mohan, H., Probst, N., 2014. Tolerance to drought and salt stress in 766 plants: unraveling the signaling networks. Front. Plant Science. 15, 150-160. Doi: 5.10.3389/fpls.2014.00151

Greenway, H., 1962. Plant response to saline substrates. I: Growth and ion uptake of several varieties of horedium during and after NaCl treatment. Australian Journal of Biological Sciences. 5, 16-36.

Habibi, S., Farzaneh, M., Meskarbashee, M. 2013. Effect of mycorhozzal fungi (*Glomus spp.)* on growth and nutrient uptake of wheat in salt condition. Iranian Research of Water and Soil Journal. 44(3), 311-320. [In Persian with English summary].

Hagi Hassani, L., Mortazavi, N., Ammarloo, A., 2016. Investigation the effect of salsilic acid under salt stress on some growth and physiological characteristics of *Lavandula Officinalis* L. The Second National Congress in Agricultural and Natural Science Development, Gorgan. [In Persian].

Hammer, E. C., Nasr, H., Pallon, J., Olsson, P. A., Wallander, H., 2011. Elemental composition of arbuscular mycorrhizal fungi at high salinity, Mycorrhiza. 21, 117–129.

Hemantaranjan, A., Gray, O.K., 1988. Iron and zinc nutrition of corn in a calcareous soil. Journal of Plant Nutrient. 18, 2271-22261.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Sridharan, R., Panneerselvam, R., 2007. NaCl as a physiological modulator of proline metabolism and antioxidant potential in *Phyllanthus amarus*. Comptes Rendus Biologies. 330, 806-813.

Jiang, M., Zhang, J., 2001. Effect of abscisic acid on active oxygen species, antioxidative offence system and oxidative damage in leaves of maize seedlings. Plant Cell Physiology. 42, 1265-1273.

Khan, M.S., Zaidi, A., Wani, P.A., 2006. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture – a review**.** Agronomy for Sustainable Development. 27, 29-43.

Khalilzadeh, R., Seyedsharifian, R., Jalilian, J., 2017. Interaction of cycocel and biological fertilizers on yield and agrophysiologi characteristics of wheat. Environmental Stresses in Crop Science. 10(3), 425-443. [In Persian with English summary].

Khandan-Mirkohi, A., Zafar-Farrokhi, F., Taheri, M., Rejali, F., 2015. The effect of Mycohrizal symbiosis on water uptake efficiency and some growth traits of osteospermum (*Osteospermum hybrida* 'Passion Mix'). Iranian Journal of Horticultural Science. 45(4), 361-375. [In Persian with English summary].

Kiani, M., Nabavi, M., Kelarestaghe, K., 2011. Effect of Humic acid and Phosphorus on Flower Yield in Matricaria chamomile. The Sixth Conference on New Ideas in Agriculture. Islamic Azad University Khorasgan (Isfahan) Branch. 2-3 March. 2432-2436. [In Persian].

Kratsch, H., Olsen, S., Rupp, L., Cardon, G., Helfebower, R., 2008. Soil Salinity and Ornamental Plant Selection. (https: //extension.usu.edu/files/.../HG_Landscaping_ 2008-02pr.pdf).

Kumar, A. Elaston, J., 1992. Genotypic differences in leaf water relation between *Brassica juncea* and *B. napus*. Annual Botany. 70, 3-9.

Lotfollahi, L., Torabi, H., Omidi, H., 2015. Salinity effect on proline, photosynthetic pigments and leaf relative water content in chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) in hydroponic condition. Plant Production. 22(1), 89-102. [In Persian with English summary].

Lutts, S., Kinet, J.M., Boouharmont, J., 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sariva* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annual Botany. 78, 389-398.

Mansouri, H., Ahmadi Moghadam, A., Rohani, N., 2007. Responses of mycorrhiza and Non-mycorrhizal bean plants to salinity stress. Iranian Journal of Biology. 1, 80-88. [In Persian with English Summary]

Mardukhi, B., Rejali, F., Malakouti, M.J., 2007. Increasing salt tolerance of wheat by Arbescular mycrohizzal fungi. 10th Congress of Soil Science of Iran. . [In Persian].

Mazinani, M., Hadipour, A., 2014. Increasing the quality and quantity yield of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) medicinal plant by biological fertilizers. Journal of medicinal plants. 13(2), 83-91. [In Persian with English summary].

Mohr, R., Entz, M., Bulilied, W., 1999. Plant available Nitrogen supply as affected by

method and timing of alfalfa termination. Agronomy Journal. 91,: 622-30.

Moosavi, S.Gh., Seghatoleslami, M.H., Jouyban, Z., Ansarinia, A., 2012. Germination and growth parameters of seedlings of *Oenothera biennis* L. as affected by salinity stress. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 2(5), 123-127.

Munns, R., 1993. Physsiological processes limiting plant growth in saline soils, some dogmas and hypthese. Plant, Cell and Environment. 16(1), 15-24.

Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment. 25, 239-250.

Naderi, S., Concheri, G., Dell'Agnola, G., 1996. Biological Activity of Humus in Humic Substances in Terrestrial Ecosystems. Elsevier, NY, USA. Pp: 361-406.

Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. PP. 961-1010. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E., (eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., ASA, Madison, WI.

Olsen, S.R., Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. Pp.403-431. In: A.L. Page (eds). Method of Soil Analysis. Part 2. Argon. Monogr. 9. As and SSSA. Madison,WI.

Rabie, A.M., Almadini, G.H., 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress, African Journal of Biotechnology. 4(3), 210-222.

Rabie, G., Almadini. A., 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Vicia faba* plants under salinity stress. African Journal of Biotechnology. 4(3), 210-222.

Rao, M.S.S., Mendham, N.J., 1991. Soli- Plant-Water relationship of oilseed rape (*Portulaca oleracea* L.). Journal of Agricultural Science. 117, 197-205.

Rashid, A., 1986. Mechanism of salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). PhD Thesis, Department of Soil Science, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Razavinasab, A., Shirani, H., Tajabadipour, A., Dashti, H., 2011. The effect of salt and organic matter on pistachio seedlings. Journal of Crop Improvement. 13(1), 31-42. [In Persian with English summary].

Reddy, A. R., Chaitanya, K. V., Vivikanadan, M. V., 2004. Drought-induced response of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal of Plant Physiology. 161, 1189-1202.

Reynolds, A.J., Wardle, A.D. Drought, b., Cantwell, R., 1995. Grow-mate soil amendment improves growth of greenhouse-grown chardonnay grapevines. Journal of Horticultural Science. 30(3), 539-542.

Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. PP. 417-436. In: Sparks, D.L., Page, A.L., Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T., Sumner, M.E., (eds), (eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., ASA, Madison, WI

Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook No. 60, Washington, D.C., 160 p.

Ritchie, S.W., Nguyan, H.T., Holaday, A.S., 1990. Leaf Water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30, 105-111.

Roustaie, A., 2015. Evening primrose. Razi Journal. 26(1), 19-22. [In Persian with English summary].

Sajedi, N., Rejali, F., 2013. Effect of drought stress, application of zinc and mychorrizal fungi on microelements absorption in corn. Research in soil science (water and soil science). 25(2), 83-92. [In Persian with English summary].

Sarathchandra, S.U., Ghani, A., Yeates, G.W., Burch G., Cox, N.R., 2001. Effect of nitrogen and phosphate fertilisers on microbial and nematode diversity in pasture soils. Soil Biology and Biochemistry. 33, 953-964.

Shabahang, G., Khorramdel, S., Amin Ghafoori, A., Gheshm, R., 2014. Effect of residue plant and cover plant culture on density and population of weeds and agronomic properties and yield of *Crocus sativus* L. Crocus Research. 1(1), 57-72. [In Persian].

Silispour, M., Golchin, A., Roozban, M., 2016. The effect of salt stress on dry weight and macro elements concentration in two cultivars of olive. Journal of Crop Improvement. 18(2), 359-371. [In Persian].

Stuchlik, M., Zak, S., 2012. Vegetable lipids as components of functional foods. Biomedical Papers. 146(2), 3–10.

Thomas, G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. PP. 475-490. In: Klute, A., et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part III, 3rd Ed., ASA, Madison, WI.

Troeh, Z.I., Loynachan, T.E. 2003. Endomycorrhizal fungal survival in continuous corn, soybean, and fallow. Agronomy Journal. 95(1), 224-230.

Vanessa, N., Wong, L., Ram, C., Richarad, D., Green, S.B., 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic marerial additions: laboratory incubation. Soil Science Society of America Journal. 41, 29-40.

Watanabe, F.S., Olsen, S. R., 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO3 extracts from soil. Soil Science Society of America Proceeding. 29, 677-678.

Younesi, O., Moradi, A., Namdari, A., 2013. Influence of arbuscular mycorrhiza on osmotic adjustment compounds and antioxidant enzyme activity in nodules of salt-stressed soybean (*Glycine max*). Acta Agriculturae Slovenica. 101, 219-230.

Zarei, M., Merikhi, M., Saharkhiz, M.J., 2014. Influence of arbuscular mycorrhizal fungus and licorice pulp on morphological and physiological characteristics of *Calendula officinalis* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 30(3), 391-401. [In Persian with English Summary].