مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۰ شماره ۲ صفحه‌های ۲۲۷ تا ۲۴۰ (۱۳۹۸)
مقاله پژوهشی

اثر هیومیک‌اسید، قارچ‌های مایکوریزا و بقایای روناس بر ویژگی‌های رشدی و جذب عنصرهای غذایی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) در تنش شوری[1]

Effect of Humic Acid, Mycorrhizal Fungi, and Madder Residue on Growth Characteristics and Nutrients Uptake of Evening Primrose (*Oenothera biennis* L.) Under Salt Stress

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

چکیده

در این پژوهش، اثر سطح‌های مختلف هیومیک‌اسید، قارچ مایکوریزا و بقایای روناس بر ویژگی‌های رشدی و جذب عنصرهای غذایی گل مغربی (*Oenothera biennis* L.) در شرایط تنش شوری مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی با شش تیمار شامل شاهد (بدون کود)، ۱/۵ و ۳ گرم قارچ مایکوریزا در هر کیلوگرم خاک، ۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم هیومیک‌اسید در لیتر آب آبیاری و ۲۵٪ حجمی گلدان بقایای گیاه روناس در سه سطح شوری خاک (۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) با سه تکرار اجرا شد. بر اساس نتیجه‌ها، تیمار ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین شمار گل، طول دوره گلدهی و وزن خشک گل را در پی داشت. در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر گیاهان تیمارشده با ۱/۵ گرم بر کیلوگرم قارچ مایکوریزا بیشترین شمار گل، طول دوره گلدهی و جذب سدیم، فسفر و پتاسیم را نشان دادند. در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گیاهان تیمارشده با بقایای روناس بیشترین شمار گل، وزن خشک گل، پروتئین کل، فعالیت آنزیم پراکسیداز و کمترین مقدار جذب سدیم را نشان دادند. استفاده از کودهای آلی و زیستی موجب انگیزش گل در گیاهان تیمار شده در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر شد. به‌طور کلی، تیمارهای قارچ مایکوریزا و بقایای روناس در تمام سطح‌های شوری موجب بهبود رشد و عملکرد گیاه شدند.

واژگان کلیدی: فعالیت آنزیم پراکسیداز، گل مغربی، تنش شوری، کود زیستی، ماده‌های آلی.

مقدمه

گل مغربی با نام علمی *Oenothera biennis* L. از تیره Onagraceae می‌باشد. گیاهی دو ساله که بیشتر به‌صورت یک‌ساله کشت می‌شود. ارتفاع گیاه در حدود ۹۰ سانتی‌متر و گستردگی آن ۴۵ سانتی‌متر می‌باشد. گلبرگ‌ها به رنگ‌های زرد روشن، لیمویی، سفید و یا زرد آلویی است که از ابتدا تا نیمه تابستان و به هنگام غروب باز می‌شوند. این گیاه مناطق آفتابی تا نیمه‌سایه را می‌پسندد و تا دمای ۱۵- درجه سلسیوس را تحمل می‌کند و در فضای سبز به‌عنوان گل فصلی یا گیاه گلدار چندساله کشت می‌شود (۱۹).

در بسیاری از مناطق دنیا به ویژه ناحیه‌های خشک و نیمه‌خشک، شوری خاک و آب یکی از مانع‌های اصلی تولید محصول‌های کشاورزی و باغی است. در خاک‌های شور فعالیت اندک عناصر غذایی، نسبت بالای سدیم به کلسیم، سدیم به پتاسیم، منیزیم به کلسیم و کلر به نیترات، ناهنجاری‌های تغذیه‌ای و کاهش عمومی رشد و کیفیت محصول قابل تشخیص است (۲۴). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از خاک‌ها (بیش از ۶٪ زمین‌های جهان) زیر اثر سطح‌های مختلف شوری قرار دارند

۱- تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۲۱

۲- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان، و عضو هیئت علمی پژوهشکده گیاهان دارویی و صنعتی اردکان، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (mdehestani@ardakan.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

(۳۱). تنش شوری از جنبه‌های فیزیولوژیکی زیادی بر گیاه اثر دارد. بیشتر گیاهان تنش دیده برگ‌های سبزه تیره دارند که در مواردی حتی ضخیم‌تر از حالت همیشگی است. در گونه‌های چوبی، شوری زیاد خاک می‌تواند منجر به سوختگی برگ شود (۳۴). امروزه قسمت قابل توجهی از خاک‌ها در محیط‌های شهری، دارای سطح‌های مختلف شوری هستند. غلظت بالای نمک در آب آبیاری و به‌دنبال آن شور شدن خاک، اثرهای منفی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی، فیزیولوژیک و زیست‌شیمیایی گیاهان زینتی کشت شده در فضای سبز دارد. برای غلبه بر اثرهای منفی شوری، افزودن ماده‌های آلی مختلف به‌عنوان عامل‌های بهبود دهنده رشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از ترکیب‌ها و کودهای آلی طبیعی در خاک برای کاهش اثرهای تنش شوری از این جهت دارای ارزش و برتری هستند که این ماده‌ها اثرهای مخرب زیست‌محیطی نداشته و بخشی از طبیعت هستند. از جمله این ماده‌ها، هیومیک‌اسید، قارچ مایکوریزا و بقایای گیاهی هستند. قارچ‌های میکوریزا با برقراری رابطه همزیستی با بسیاری از گیاهان زراعی در افزایش جذب عنصرهای غذایی به‌ویژه فسفر از خاک، افزایش توان ریشه در جذب آب و در نتیجه بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه و نیز تحمل به تنش‌های محیطی به ویژه تنش خشکی نقش مفیدی دارند (۳). کاربرد قارچ مایکوریزا تحمل به تنش شوری و رشد گیاه را در گل مغربی (*O. biennis* L.) (۵)، شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) (۶) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) (۳۹) در شرایط تنش شوری بهبود بخشید. تاکنون اثرهای کاربرد گونه‌های مختلف مایکوریزا بر رشد بسیاری از گیاهان دارویی مانند گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (۳) مثبت ارزیابی شده است. کمائی و همکاران (۲۲) بهترین تیمار کودی برای سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) را آمیخته قارچ مایکوریزا و کود زیستی نیتروکسین پیشنهاد کردند که موجب افزایش مقدار پروتئین خام گیاه شد.

یکی دیگر از ماده‌های اصلاحی مفید اسیدهای آلی می‌باشند. هیومیک‌اسید به‌عنوان یک ترکیب طبیعی آلی شناخته شده است که حاوی ۵۰ تا ۹۰٪ ماده آلی می‌باشد (۲۹). ماده‌های هیومیکی پلیمرهای طبیعی هستند که به‌طور گسترده‌ای روی زمین پراکنده شده‌اند. مهم‌ترین اثرهای زیستی هیومیک‌اسید بر گیاهان شامل انگیزش تنژگی بذر، رشد، انباشت نیتروژن و جذب دیگر عنصرهای معدنی می‌باشد. اثر مثبت مصرف اسید هیومیک بر رشد و عملکرد برخی گیاهان دارویی مانند گل گاوزبان (*Borago officinalis* L.) (۱۳) و چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) (۲۰) گزارش شده است. استفاده از هیومیک‌اسید موجب افزایش تحمل به تنش شوری و رشد در گل مغربی (*O. biennis* L.) (۵) و فلفل (*Capsicum annuum* L.) (۲۸) شد.

مدیریت درست بقایای گیاهی می‌تواند همزمان با افزایش مقدار مواد آلی خاک، اثر مهمی بر بهبود رشد گیاه در شرایط تنش‌های محیطی مانند شوری داشته باشد. بهرامی و همکاران (۴) گزارش کردند که ترکیب بستر کشت ورمی‌کمپوست ۱۰٪ حجمی به همراه ۱۴٪ حجمی سبوس برنج بیش‌ترین اثر را بر ویژگی‌های گل مغربی صورتی داشت و با توجه به نتیجه‌های کلی به‌دست آمده، این ترکیب را به‌عنوان بستر کشت در بام سبز برای گل مغربی پیشنهاد دادند.

شهرستان اردکان در استان یزد از منطقه‌های مهم تولید روناس است. ریشه این گیاه بومی در صنعت رنگرزی ارزشمند بوده و به‌همین دلیل کشت و تولید آن به‌طور فراوان از دیرباز مرسوم بوده است. با این وجود سالانه مقدار فراوانی از بقایای هوایی گیاه روناس بدون کاربرد باقی می‌ماند. با توجه به وجود مشکل شوری آب و خاک در بخش کشاورزی و فضای سبز، این پژوهش با هدف بررسی اثر بقایای روناس و برخی از کودهای آلی و زیستی در افزایش تحمل گل مغربی به تنش شوری انجام شد.

مواد و روش‌ها

ماده‌های گیاهی و محل انجام پژوهش

برای بررسی اثر کودهای زیستی و آلی در بسترهای کشت بر ویژگی‌های رشدی گل مغربی در شرایط خاک شور، آزمایشی در گلخانه مزرعه پژوهشی محمود آباد وابسته به سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری اصفهان واقع در شمال اصفهان در طول جغرافیایی ´´۵۴، ´۲۸، °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ´´۴۷، ´۴۵، °۳۲ شمالی در سال ۹۵-۹۶ انجام شد. شدت نور گلخانه در ساعت ۱۲ ظهر در گستره ۱۵۰۰-۱۸۰۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه بود. میانگین دمای شبانه گلخانه ۴±۱۸درجه سلسیوس و میانگین دمای روزانه ۴±۲۴ درجه سلسیوس حفظ شد. رطوبت گلخانه با آبیاری کف گلخانه و بازکردن دریچه‌های کناری و سقف گلخانه تا حد ممکن تنظیم شد و میزان رطوبت بین ۵۰ تا ۷۰٪ در نوسان بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا شد. تیمارهای کودهای آلی و زیستی به کار رفته شامل شش سطح صفر

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

(شاهد)، ۱/۵ و ۳ گرم قارچ مایکوریزا برای هر کیلوگرم خاک، ۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم هیومیک‌اسید در یک لیتر آب آبیاری و ۲۵٪ حجمی گلدان بقایای گیاهی روناس بود که به همراه سه سطح شوری خاک (۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) به کار رفتند. شوری در عصاره اشباع خاک اندازه‌گیری شد. در این پژوهش گلدان‌هایی که تنها دارای خاک بودند به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند. برخی از ویژگی‌های خاک شامل بافت، pH، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، ماده آلی، فسفر قابل جذب، نیتروژن کل و پتاسیم قابل جذب در نمونه خاک اندازه‌گیری شد. نتیجه‌های واکاوی فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد پژوهش.

Table 1. Physicochemical properties of the studied soil.

بافت خاک Soil texture	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	شن Sand (%)	پتاسیم K ($mgkg^{-1}$)	فسفر P ($mgkg^{-1}$)	نیتروژن N (%)	pH	EC (dSm^{-1})	کربن آلی OC (%)
لوم شنی Sand-loam	۲۷	۱۹	۵۴	۱۰۵	۲۸/۹۴	۰/۰۶۴	۷	۳/۲	۰/۴۷

بذرهای گل مغربی از مزرعه پژوهشی محمود آباد تهیه شد. بذرها در خرداد ماه در گلدان‌های پلاستیکی با اندازه متوسط دارای خاک باغچه و خاک برگ به نسبت مساوی در شرایط گلخانه‌ای کشت شدند تا به مرحله هشت برگی رسیدند (در حدود چهارماه)، سپس نشاها برای کاربرد تیمارها و قرار گرفتن در شرایط شوری به گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر، دارای ۲۵۰۰ گرم خاک در سه سطح شوری ۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر منتقل شدند. برای همگن کردن خاک از الک دو میلی‌متری (مش ۱۰) استفاده شد و برای ایجاد سطح‌های شوری نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ با نسبت اکی‌والانی برابر به کار رفت. قارچ *Glomus intraradices* از شرکت فناوری زیست‌مهر آسیا خریداری شد. این قارچ به همراه پرلایت به بازار وارد می‌شود و در هر میلی‌گرم آن ۱۰۶ اندام فعال قارچ وجود دارد. قارچ مایکوریزا به مقدار نامبرده در هنگام جا به جایی نشاء به خاک شور و در تماس مستقیم با ریشه به گلدان‌ها افزوده شد. پودر هیومیک‌اسید ساخت شرکت Humic growth solution کشور آمریکا دارای ۹۵٪ هیومیک‌اسید و ۵٪ دیگر عنصرها، هر کدام به مقدار ۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر آب آبیاری به صورت محلول و از زمان کاربرد تنش شوری تا پیش از شروع رشد زایشی گیاه، هر دو هفته یکبار به کار برده شد. برداشت بخش هوایی گیاه روناس در پایان فصل رشد و پس از رسیدن به گلدهی از شهرستان احمدآباد اردکان انجام شد. بقایای روناس پس از خشک شدن به قطعات ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متری خرد شدند و با ۲۵٪ حجمی گلدان با خاک آمیخته شد. در دوره رشد، آبیاری گلدان‌ها، به‌صورت وزنی بر اساس ظرفیت مزرعه انجام شد. برای پیشگیری از تغییر شوری خاک گلدان‌ها، آبیاری با آب مقطر و در حد ظرفیت زراعی انجام شد تا زه‌آب از گلدان خارج نشود و در صورت خروج زه‌آب دوباره به گلدان برگردانده می‌شد. بوته‌ها در اواخر اردیبهشت ماه سال بعد شروع به گل‌دهی کردند و گلدهی تا نیمه شهریورماه ادامه داشت.

ویژگی‌های مورد ارزیابی

ویژگی‌های رویشی و زایشی

شمارگل در هر بوته از زمان پیدایش نخستین گل تا آخرین گل برداشتی در هر واحد آزمایشی شمارش شد. طول دوره گلدهی از زمان مشاهده نخستین گل تا پایان دوره‌ی گلدهی و پیش از برداشت گیاه، در هر واحد آزمایشی اندازه گیری شد. اندازه‌گیری قطر گلچه‌های هر خوشه به وسیله‌ی کولیس دیجیتال (مدل 16ER ساخت شرکت TITAN کشور چین) بر حسب میلی‌متر، در هر واحد آزمایشی انجام شد. در دوره گلدهی گل‌های شکفته شده به‌طور روزانه برای هر گلدان جمع‌آوری شد و پس از خشک شدن در آخر دوره رشد جمع آن‌ها به‌عنوان وزن خشک گل برای هر گلدان ثبت شد. پس از برداشت هر واحد آزمایشی کل بوته با حذف ریشه از ناحیه طوقه جدا و وزن تر اندام هوایی و نیز ریشه یادداشت شد و سپس برای اندازه‌گیری

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

وزن خشک گیاه به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. نسبت وزن تر و خشک اندام هوایی به ریشه نیز اندازه‌گیری شد.

نشت یونی

برای اندازه‌گیری درصد نشت یونی، مقدار ۰/۲ گرم برگ تازه وزن شد. نمونه‌ها جهت پاک شدن آلودگی سطحی سه بار با آب مقطر شسته شدند. پس از آن نمونه‌ها داخل فالکون‌های شیشه‌ای حاوی ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت دو ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. بعد از آن هدایت الکتریکی اولیه (EC_1) با دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. سپس همان نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه قرار داده شد و پس از سرد شدن در دمای اتاق هدایت الکتریکی ثانویه (EC_2) اندازه‌گیری شد. درصد نشت یونی با کمک رابطه ۱ محاسبه شد (۳۰).

(رابطه ۱): $(EC_1/EC_2)\times 100=$ درصد نشت یونی به عنوان شاخص پایداری غشا

اندازه گیری غلظت عنصرهای غذایی

برای اندازه‌گیری غلظت عنصرهای فسفر، پتاسیم و سدیم روش هضم خشک به کار گرفته شد. اندازه‌گیری فسفر به روش اولسن (۴۲) و با دستگاه طیف‌سنج (مدل uv-1200Spectrophotometer ساخت آمریکا) در طول موج ۶۴۰ نانومتر صورت گرفت (۴۲). غلظت سدیم و پتاسیم اندام هوایی به وسیله دستگاه فیلم فتومتر (مدل PFP7 Jenway ساخت کشور آلمان) اندازه‌گیری شد (۲). مقدار جذب عنصرها با استفاده از غلظت عنصرها و محاسبه وزن خشک اندام‌های هوایی طبق رابطه ۲ محاسبه شد (۱).

(رابطه ۲): $U(\frac{mg}{pot}) = C \times W \times 10$

در این رابطه ، U مقدار جذب عنصر توسط گیاه، C غلظت عنصر در گیاه بر حسب درصد و W وزن خشک گیاه بر حسب گرم در گلدان می‌باشد.

اندازه‌گیری مقدار پروتئین کل و فعالیت آنزیم پراکسیداز

برای سنجش غلظت پروتئین ابتدا معرف برادرفورد آماده شد و سپس استخراج پروتئین انجام شد (۴۳). برای تعیین مقدار پروتئین کل عصاره مورد آزمایش، مقدار پنج میکرولیتر از عصاره هر نمونه با سه میلی‌لیتر محلول برادفورد به‌طور کامل مخلوط شد و تغییرهای جذب نور در طول موج ۵۱۵ =λ max توسط دستگاه طیف‌سنج (مدل uv-1200Spectrophotometer ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد (۴۳). مقدار فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز از روش رینولدز و همکاران (۴۴) بر پایه مقدار اکسید شدن گایاکول به روش طیف سنج نوری با دستگاه طیف‌سنج (مدل uv-1200Spectrophotometer ساخت آمریکا) در طول موج ۴۷۰ نانومتر ارزیابی شد.

واکاوی آماری داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.2 انجام و مقایسه میانگین‌ها با روش برش‌دهی اثرهای برهمکنش‌ها در سطح اطمینان ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

شمار گل

با افزایش سطح شوری شمار گلچه‌های هر خوشه در واحدهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). نتیجه‌های به‌دست آمده از برهمکنش اثرها نشان داد که اثر کودهای آلی و زیستی بر شمار گل در سطح‌های شوری مختلف، متفاوت بود. به‌طوری‌که در سطح‌های شوری ۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تیمار گیاهان به‌ترتیب با ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید، ۱/۵ گرم در کیلوگرم خاک قارچ مایکوریزا و بقایای گیاه روناس سبب افزایش شمار گلچه‌های هر خوشه به‌ترتیب به مقدار ۵۸/۸۵، ۴۴/۴۸ و ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۲). با افزایش سطح شوری به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر گیاهانی که هیچ تیماری دریافت نکرده بودند، توانایی تشکیل گل و تحمل تنش وارد شده را نداشتند، در حالی‌که با وجود سطح بالای شوری خاک، گلدهی در همه گیاهان تیمار شده با کودهای آلی و زیستی مشاهده شد (جدول ۲). شمار گل در هر بوته با مقدار جذب پتاسیم و فسفر، قطر گل، طول دوره گلدهی و وزن خشک گلچه‌ها همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۳). نتیجه‌های به‌دست آمده با نتیجه‌های حیدری و مینایی (۱۳) که نشان دادند که در زمان تنش خشکی مصرف ۱/۵ لیتر هیومیک‌اسید در ۱۰۰۰ لیتر آب موجب افزایش تولید گل در گل گاو زبان می‌شود، همسو بود. در نتیجه‌های آن‌ها نیز با افزایش مصرف هیومیک‌اسید

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

شمار گل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. شباهنگ و همکاران (۱۷) گزارش کردند که کاربرد بقایای گیاهی به‌عنوان ماده آلی از روش آزادسازی عنصرهای غذایی و فراهم آوردن نیتروژن زیر اثر تثبیت نیتروژن و بهبود ویژگی‌های خاک، منجر به تولید گل و افزایش عملکرد گل در گیاه زعفران می‌شود. هم‌چنین شمار، اندازه و رنگ گل در گیاهان میخک مایه‌زنی شده با قارچ مایکوریزا در شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود (۴۱). بنابراین، در هر سه سطح شوری کاربرد یک نوع اصلاح‌کننده موجب افزایش شمار گل شد. با این وجود هر سه کود به کار رفته نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری موجب افزایش شمار گل شدند. در واقع اصلاح‌کننده‌ها با افزایش تخلخل خاک و نگهداری آب بیشتر موجب کاهش تنش شوری شده و موجب افزایش جذب عنصرهای غذایی توسط گیاه و در نتیجه تولید گل بیشتر شده‌اند.

مجموع وزن خشک گلچه‌ها

با افزایش شوری، مجموع وزن خشک گلچه‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر دو سطح هیومیک‌اسید به کار رفته (۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر) وزن خشک گلچه‌ها را به ترتیب ۱۸/۹۸ و ۲۰/۳۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۲). در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر ، تیمار ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید به مقدار ۲۹/۵ درصد و در بالاترین سطح شوری، بقایای گیاه روناس مجموع وزن خشک گلچه‌ها را نسبت به شاهد ۱۰۰ درصد افزایش داد (جدول ۲). نژاد زمانی و همکاران (۲۵) نیز گزارش کردند که کاربرد ۲۰ و ۴۰ گرم در کیلوگرم هیومیک‌اسید منجر به افزایش وزن تر و خشک گلبرگ‌های گل مریم شد. هیومیک‌اسید به‌دلیل داشتن ویژگی شبه هورمونی باعث افزایش رشد و گسترش اندام‌های هوایی و تولید گل بیشتر می‌شود (۴۶). وزن خشک گلچه‌های گل مغربی با شمار و قطر گل، طول دوره گلدهی و پایداری غشا همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۳). اندام هوایی گیاه روناس با افزودن ماده‌های آلی به خاک و افزایش نگهداری آب در خاک موجب افزایش تحمل گیاه به تنش و حتی گلدهی آن در این شرایط شد (۴). در پژوهش حاضر اثر بخشی بقایای روناس در ارتباط با وزن خشک گلچه‌ها با افزایش تنش شوری بیشتر شد که این امر می‌تواند به‌دلیل افزایش تخلخل خاک و هم‌چنین افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک باشد (۵).

قطر گل

نتیجه‌های به‌دست آمده نشان داد که با افزایش شوری قطر گل به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۴). در میان کودهای آلی و زیستی، کاربرد ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر مقدار قطر گل را در حدود ۴۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۲). در شوری‌های بالاتر (۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) نیز ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و بقایای گیاه روناس اثر بیشتری بر افزایش قطر گل نشان دادند (جدول ۲). قطر گل با طول دوره گلدهی و وزن خشک گلچه‌ها همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که افزایش قطر گل به‌ازای افزایش هیومیک‌اسید نسبت به تیمار شاهد به‌دلیل افزایش رشد ریشه، افزایش مقدار سطح نورساخت یا همان سطح برگ و مقدار سبزینه و در نهایت افزایش جذب عنصرهای غذایی می‌باشد (۳). در واقع هیومیک‌اسید با افزایش نفوذپذیری غشا، آسان‌سازی انتقال عنصرهای غذایی در طول ریشه و تنفس بهینه در شرایط تنش شوری موجب بهبود رشد گیاه می‌شود (۲۹). در پژوهش طالبی و همکاران (۱۸) نیز با افزایش غلظت هیومیک‌اسید قطر گل رز مینیاتور افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین قطر گل (۸۲/۴۲ میلی‌متر) در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و کمترین مقدار (۶۳/۴۷ میلی‌متر) در تیمار شاهد به‌دست آمد. هیومیک‌اسید باعث کاهش فعالیت آنزیم IAA اکسیداز می‌شود، در نتیجه هورمون اکسین در گیاه افزایش یافته و ممکن است بر قطر گل به‌دلیل افزایش یاخته‌ها تأثیر گذارد (۴۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که کاربرد بقایای گیاهی به عنوان ماده آلی به‌دلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و ویژگی‌های میکروبی و زیستی محیط کشت، سبب افزایش معنی‌دار نگهداری رطوبت و جذب عنصرهای غذایی در محیط کشت می‌شود (۳۹).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

جدول ۲- برهمکنش کودهای آلی و زیستی و تنش شوری بر برخی شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک و جذب عنصرهای غذایی گل مغربی (*O. biennis* L.).

Table 2. The interaction of organic and biological fertilizers and salt stress on some growth and physiological parameters and nutrient uptake of evening primrose (*O. biennis* L.).

کودهای آلی و زیستی Organic and biological fertilizers	شوری ($dS.m^{-1}$) Salinity	فعالیت پراکسیداز PX (µmol /Min/g.fw)	درصد نشت یونی Electrolyte leakage (%)	پروتئین کل Total protein µg/g (fw)	نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه SDW/RDW	نسبت وزن تر شاخساره به ریشه SFW/RFW	وزن خشک گل Flower dry weight **(g)**	طول دوره گلدهی Duration of flowering (day)	شمار گل‌ها Number of flowers	قطر گل Diameter flower of
شاهد Control	4	0.85^{c}	84.86^{b}	71.61^{d}	2.35^{b}	1.74^{b}	1.92^{c}	23.13^{d}	22.66^{e}	24^{f}
مایکوریزا (1.5 gkg^{-1}) Mycorrhizal fungi		0.82^{c}	89.99^{a}	74.3^{c}	2.6^{ab}	1.87^{ab}	2.18^{b}	21.2^{e}	42^{d}	35^{d}
مایکوریزا (3 gkg^{-1}) Mycorrhizal fungi		1.63^{a}	85.23^{b}	73.31^{c}	2.8^{a}	1.89^{ab}	2.19^{b}	23.2^{d}	45^{c}	40.66^{a}
هیومیک‌اسید (16 mg L^{-1}) Humic acid		0.53^{e}	85.52^{b}	80.8^{a}	1.85^{c}	2.09^{a}	2.37^{a}	27.35^{b}	49.33^{b}	37^{c}
هیومیک‌اسید (32 mg L^{-1}) Humic acid		0.64^{d}	74.25^{d}	80.53^{a}	1.28^{d}	0.54^{c}	2.41^{a}	42^{a}	51.33^{a}	39^{b}
بقایای روناس Madder residue		1.14^{b}	81.2^{c}	76.7^{b}	2.5^{ab}	1.84^{b}	1.88^{c}	26.83^{c}	45.33^{c}	30^{e}
شاهد Control	7	1.16^{c}	84.56^{a}	69.92^{d}	1.56^{b}	2.36^{a}	1.29^{d}	23.03^{c}	25.33^{d}	21^{e}
مایکوریزا (1.5 gkg^{-1}) Mycorrhizal fungi		2.16^{a}	79.47^{b}	78.55^{a}	3.56^{a}	1.74^{b}	1.5^{bc}	21.14^{e}	47.33^{a}	28^{d}
مایکوریزا (3 gkg^{-1}) Mycorrhizal fungi		1.6^{b}	66.53^{c}	78.45^{a}	1.7^{b}	1.48^{b}	1.83^{a}	25.17^{b}	40.66^{c}	31^{c}
هیومیک‌اسید (16 mg L^{-1}) Humic acid		1.17^{c}	79.77^{b}	70.83^{d}	1.92^{b}	1.06^{c}	1.44^{c}	22.53^{d}	43.33^{b}	36^{b}
هیومیک‌اسید (32 mg L^{-1}) Humic acid		0.85^{d}	60.77^{d}	74^{b}	0.83^{c}	0.85^{cd}	1.56^{b}	25.17^{b}	39.33^{c}	38^{a}
بقایای روناس Madder residue		1.13^{c}	80.24^{b}	72.43^{c}	1.98^{b}	0.75^{d}	6.36	26.13^{a}	44.33^{b}	28^{d}
شاهد Control	12	1.1^{ab}	81.58^{b}	69.50^{b}	1.7^{c}	1.74^{ab}	0^{d}	0^{e}	0^{e}	0^{f}
مایکوریزا (1.5 gkg^{-1}) Mycorrhizal fungi		0.49^{c}	84.55^{a}	74.44^{a}	3.4^{a}	1.99^{a}	1.32^{c}	18.18^{c}	33.66^{d}	20.66^{e}
مایکوریزا (3 gkg^{-1}) Mycorrhizal fungi		0.56^{c}	47.58^{d}	71^{ab}	2.06^{b}	1.81^{a}	1.33^{c}	22.28^{b}	37.66^{c}	31^{b}
هیومیک‌اسید (16 mg L^{-1}) Humic acid		0.74^{bc}	47.62^{d}	71.48^{ab}	0.92^{d}	1.51^{b}	1.32^{c}	17.46^{d}	41^{b}	30^{c}
هیومیک‌اسید (32 mg L^{-1}) Humic acid		0.99^{ab}	84.31^{a}	70.32^{ab}	0.86^{d}	1.19^{c}	1.43^{b}	23.56^{a}	40^{b}	28^{d}
بقایای روناس Madder residue		1.28^{a}	78.83^{c}	74.13^{a}	2.31^{b}	1.54^{b}	1.52^{a}	22.41^{b}	45.33^{a}	33^{a}

† Means with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$) based on Duncan test.

† میانگین‌های دارای حرف‌های متفاوت بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون میان شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیک و جذب عنصرهای غذایی گل مغربی (*O. biennis* L.)

Table 3. Pearson coefficient correlation between growth and physiological parameters and nutrient uptake of evening primrose (*O. biennis* L.)

ویژگی ها Characteristics	پراکسید از Peroxidase	پروتئین کل Total protein	درصد نشت یونی Electrolyte leakage	وزن خشک گلچه‌ها Flowers dry weight	شمار گل Number of flower	قطر گل Diameter of flower	جذب پتاسیم K absorption	جذب سدیم Na absorption	طول دوره گلدهی Duration of flowering	جذب فسفر P absorption	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K	نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه SDW/RDW
پروتئین کل Total protein	0.11											
درصد نشت یونی Electrolyte leakage	-0.118	-0.06										
وزن خشک گلچه‌ها Dry weight of flowers	-0.126	0.51**	0.24*									
شمارگل Number of Flower	0.08	0.57**	-0.16	0.772**								
قطر گل Diameter of flower	-0.19	0.41**	0.09	0.692**	0.64**							
جذب پتاسیم K absorption	0.39**	0.36**	-0.22	0.239	0.42**	0.016						
جذب سدیم Na absorption	0.38**	0.002	-0.32*	-0.115	0.178	-0.127	0.45**					
طول دوره گلدهی Duration of flowering	-0.01	0.43**	-0.12	0.82**	0.89**	0.66**	0.21	0.024				
جذب فسفر P absorption	0.36**	0.36**	-0.16	0.256	0.43**	0.132	0.76**	0.38**	0.25			
نسبت سدیم به پتاسیم Na/ K	-0.55	-0.5**	0.04	-0.5**	-0.44**	-0.34*	-0.61**	0.27*	0.38**	-0.37**		
نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه SDW/RDW	0.32	0.21	0.15	0.15	0.09	-0.15	0.43**	0.34*	-0.6	0.28*	-0.15	
نسبت وزن تر شاخساره به ریشه SFW/RFW	0.04	-0.07	0.17	-0.1	-0.3*	-0.3*	0.07	0.28*	-0.3*	0.12	0.23	0.45**

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

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

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

طول دوره‌ی گلدهی

با افزایش شوری طول دوره گلدهی به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد (جدول ۲). تمام کودهای آلی و زیستی، در سطح‌های مختلف شوری به‌طور معنی‌داری طول دوره گلدهی را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۲). در شوری ۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب تیمارهای ۳ گرم بر کیلوگرم قارچ مایکوریزا ، ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و بقایای گیاه روناس بیشترین طول دوره گلدهی را نشان دادند (جدول ۲). طول دوره گلدهی در تیمارهای ۳ گرم بر کیلوگرم قارچ مایکوریزا، ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و بقایای گیاه روناس به‌ترتیب ۵۵، ۴۴/۷۳ و ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد بیشتر بود (جدول ۲). طول دوره گلدهی با شمار و قطر گل و نیز وزن خشک گلچه‌ها همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در شرایط تنش شوری، محدودیت در جذب عنصرهای غذایی توسط ریشه، منجر به کاهش تولید ماده‌های نورساختی و کاهش آن در اندام‌های زایشی می‌شود. بنابراین کمبود منبع غذایی در دوره گلدهی باعث کاهش طول دوره‌ی گلدهی، ریزش اندام‌های زایشی و گل‌های بارور می‌شود (۶). کاربرد مایکوریزا سبب افزایش طول دوره گلدهی در پایین‌ترین سطح شوری شد. مایکوریزا با تشکیل کلونی در ریشه و افزایش سطح جذب آب و عنصرهای غذایی باعث افزایش دوره گلدهی شد. پژوهشگران گزارش کردند که رابطه مثبت و معنی‌داری میان طول دوره گلدهی و شمار خورجین در گیاه کلزا وجود دارد به‌طوری‌که ۵۰۰ میلی‌گرم هیومیک‌اسید سبب افزایش ۱/۵ برابر شمار خورجین‌ها نسبت به تیمار شاهد شد (۱۴). ماده‌های هیومیکی مانند هورمون‌های گیاهی عمل می‌کنند. سازوکار اثر هیومیک‌اسید در بهبود رشد ممکن است به‌علت جذب بیشتر عنصرهای غذایی در شرایط تنش باشد. بقایای گیاهی نیز دارای عنصرهای غذایی کم مصرف و پر مصرف بوده و بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و نگهداری آب در خاک اثر می‌گذارند. کمپوست‌های به‌طور کامل پوسیده دارای جمعیت‌های فعال میکروبی هستند. زمانی که کمپوست به خاک افزوده می‌شود می‌تواند فعالیت ریزانداموارهای درگیر در چرخه‌های زیست شیمیایی، متوقف کننده بیماری و تحریک‌کننده رشد گیاهی را تغییر دهد و دسترسی به ماده‌های غذایی، کارایی کاربرد کود و رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشد (۲۶).

نسبت وزن تر و خشک شاخساره به ریشه

در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر، ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید باعث افزایش ۱۶/۷۴ درصدی نسبت وزن تر شاخساره به ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). در شوری ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا نسبت وزن تر شاخساره به ریشه را به‌ترتیب ۲۳ و ۴۹/۱۱ درصد افزایش داد (جدول ۲). قارچ مایکوریزا سبب افزایش نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه در تمام سطح‌های شوری شد. در پایین‌ترین سطح شوری ۳ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا ۱۶/۰۷ درصد این نسبت را در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۲). در شوری ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه را به‌ترتیب ۵۶/۱۷ و ۱۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر همه کودهای به کار رفته نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد (بدون کود) افزایش دادند (جدول ۲). نسبت وزن تر اندام هوایی به ریشه با شمار گل، قطر گل، جذب سدیم و نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه همبستگی مثبت داشت (جدول ۳). هم‌چنین نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه با جذب عنصرهای سدیم، پتاسیم و فسفر همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۳). پژوهشگران بر این باورندکه که نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی، توانایی گیاه برای تحمل خشکی و شوری را بهبود می‌بخشد؛ از این رو بیشتر متخصصین فیزیولوژی این نسبت را به‌عنوان معیاری مناسب برای گزینش گونه‌های مناسب به تنش‌های خشکی و شوری پیشنهاد داده‌اند (۳۰). در شرایط تنش شوری محدودیت‌های تغذیه‌ای از راه کاهش جذب فسفر، نیتروژن، پتاسیم و کلسیم ایجاد می‌شود، در نتیجه سرعت و رشد سیستم ریشه‌ای کاهش می‌یابد و تولید اندام هوایی و جا به جایی ماده‌های سوخت و سازی به‌دست آمده از نورساخت کم می‌شود (۳۰). از مهم‌ترین ویژگی‌های هیومیک‌اسید حل کردن و آزادسازی عنصرهای تثبیت شده در خاک‌های شور و قلیایی است. نتیجه‌های به‌دست آمده با نتایج پژوهش تدین و سلطانیان (۹) که نشان دادند نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در سطح‌های مایه‌زنی شده با قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* در گیاه کتان (*Linum usitatissimum* L.) ۱۱/۶۳ درصد بیشتر از نمونه‌های شاهد بود، همسو می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که همزیستی مایکوریزا با ریشه سبب افزایش نورساخت شده و این امر موجب افزایش زیست توده و در نتیجه وزن تر و خشک گیاه شده است (۹).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

نشت یونی

نشت یونی نشانگر ناتوانی غشا در نگهداری ترکیب‌های درون یاخته‌ای است، در نتیجه هر چه مقدار نشت یونی بیشتر باشد خسارت‌های وارد شده به غشای یاخته نیز بیشتر است. نتیجه‌ها نشان داد که در کمترین و بیشترین مقدار شوری مصرف ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا سبب افزایش درصد نشت یونی در گیاه گل مغربی شد (جدول ۲). در حالی‌که تیمار ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید در دو سطح ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر درصد نشت یونی را نسبت به شاهد (بدون کودهای آلی و زیستی) و سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش داد اما، در بالاترین سطح شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) این تیمار درصد نشت یونی را ۲/۷۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۲). در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر، کمترین درصد نشت یونی در گیاهان تیمار شده با ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و ۳ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا به‌دست آمد (جدول ۲). درصد نشت یونی با مقدار جذب سدیم و مجموع وزن خشک گلچه‌ها همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۳). نتیجه‌های به‌دست آمده با یافته‌های توفیقی و همکاران (۱۰) روی گندم و بیرانوند و همکاران (۶) روی شمعدانی معطر همسو بود. آن‌ها گزارش کردند که مایه‌زنی گندم با قارچ مایکوریزا آربوسکولار *G. mosseae* در شرایط آبیاری با آب شور (۱۵ دسی‌زیمنس بر متر) سبب کاهش نشت یونی غشا به مقدار ۲۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد. وجود یون‌های کلر و سدیم در یاخته منجر به تولید رادیکال‌های آزاد درون یاخته می‌شود، در نتیجه چربی‌های غیر اشباع داخل یاخته اکسید شده و ساختار غشا دچار مشکل می‌شود. در شرایط تنش شوری قارچ‌های مایکوریزا با افزایش جذب عنصرهای غذایی و افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها سبب پایداری غشا و کاهش نفوذ غشا پلاسمایی گیاه میزبان می‌شوند (۱۷). بقایای گیاهی روناس نیز در تمامی سطح های شوری مقدار نشت یونی را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش داد که این می‌تواند در نتیجه جذب کمتر یون سدیم و تولید کمتر رادیکال‌های آزاد و در نتیجه آسیب کمتر به غشا باشد.

غلظت پروتئین کل

در تمام سطح‌های شوری همه کودهای آلی و زیستی به کار رفته، غلظت پروتئین کل را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش دادند (جدول ۲). در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار پروتئین کل در گیاهان تیمارشده با دو سطح هیومیک‌اسید به‌دست آمد (جدول ۲). در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر گیاهان تیمار شده با دو سطح قارچ مایکوریزا بیشترین مقدار پروتئین را نشان دادند (جدول ۲). با افزایش سطح شوری به ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر بیشترین مقدار پروتئین در تیمار ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا و بقایای روناس به‌دست آمد (جدول ۲). مقدار پروتئین کل با طول دوره گلدهی، قطر گل، شمار گل، مجموع وزن خشک گل و جذب پتاسیم همبستگی مثبت داشت (جدول ۳). نتیجه‌های به‌دست آمده با یافته‌های مرادبیگی و خارا (۲۳) همسو بود. در پژوهش نامبرده محتوای پروتئینی گیاهان آفتابگردان مایه‌زنی شده با قارچ *G. versiforme* بیشتر از گیاهان شاهد بود. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ مایکوریزا نسبت به شاهد آب و ماده‌های غذایی بیشتری جذب کرده و در نتیجه ذخیره‌سازی پروتیئن در آن‌ها افزایش و تحمل به شوری بالاتری دارند.

فعالیت آنزیم پراکسیداز

بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در سطح‌های مختلف شوری (۴، ۷ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) به‌ترتیب در تیمارهای ۳، ۱/۵ گرم بر کیلوگرم مایکوریزا و شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). با افزایش سطح شوری کاهش سطح قارچ مایکوریزا موجب افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. فعالیت این آنزیم با جذب سدیم، پتاسیم و فسفر همبستگی مثبت داشت (جدول ۳). آنزیم پراکسیداز در فعالیت‌های متابولیکی از جمله پاسخ به تنش‌های نازیوا دخالت دارد. آنزیم پراکسیداز با همکاری در ساز و کار دفاعی یاخته و سم‌زدایی اکسیژن‌های واکنش‌گر، موجب حذف آب اکسیژنه تولیدی به وسیله عامل‌های تنش‌زا می‌شود (۳۲). قارچ‌های مایکوریزایی می‌توانند با همزیستی گیاه میزبان از راه افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند گایاکول پراکسیداز و کاتالاز به‌دلیل جذب فسفر سبب تحمل تنش به وسیله گیاه شوند (۳۷). قارچ مایکوریزا موجب افزایش جذب عنصرهای غذایی توسط گیاه می‌شود که این مسئله موجب افزایش ساخت برخی ماده‌ها از جمله آنزیم‌ها می‌گردد (۲۸). کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و انباشت کمتر رادیکال‌های آزاد در تیمارهای قارچ مایکوریزا همراه با افزایش فعالیت‌های آنزیمی می‌باشد (۲۸). در یک پژوهش، تنش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در اندام هوایی گندم شد. فعالیت این آنزیم در صورت مایه‌زنی با مایکوریزا در شرایط شوری و نبود شوری در مقایسه با تیمارهای بدون مایکوریزا بالاتر بود (۲۶).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

جذب عنصرهای سدیم، فسفر و پتاسیم

در هر سه سطح شوری بر خلاف پیش بینی بیشترین مقدار جذب سدیم در گیاهان تیمارشده با ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا مشاهده شد که نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر بود در حالی‌که در غلظت ۳ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا مقدار جذب سدیم در شوری‌های ۴ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کمتر بود (شکل ۱-ج). حبیبی و همکاران (۱۱) بیان کردند که اثر همه گونه‌های قارچ میکورزا بر غلظت عنصرهای غذایی در گندم یکسان نیست. در این میان گونه‌های *G. mosseae* و *G. geosporum* سبب افزایش غلظت پتاسیم و کاهش غلظت سدیم شدند، در حالی‌که *G. intraradices* بیشترین غلظت سدیم و کمترین غلظت پتاسیم را در پی داشت. ریسه‌ها با تولید و ترشح H^+ و اسیدهای آلی مثل اگزالیک‌اسید از ترکیب‌های فسفره معدنی نامحلول استفاده می‌کنند (از اگزالیک اسید، اگزالات تولید می‌شود که با یون فسفات مبادله می‌شود). قارچ از راه ترشح فسفاتاز اسیدی و قلیایی باعث حل شدن فسفر آلی می‌شود (ریشه گیاهان بیشتر فسفاتاز اسیدی تولید می‌کنند). در بین دیگر عنصرهای غذایی که قارچ میکوریزا به جذب آن‌ها کمک می‌کند می‌توان به روی، مس، آهن، نیتروژن، گوگرد، پتاسیم و کلسیم اشاره کرد (۳۴). در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر کمترین مقدار جذب سدیم در تیمار ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۳۳/۶۲ درصد کمتر بود (شکل ۱-ج). در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر تیمارهای ۱۶ و ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و بقایای گیاه روناس، کمترین جذب سدیم را نشان دادند (شکل ۱-ج). به نظر می‌رسد که هیومیک‌اسید به‌دلیل داشتن قدرت کمپلکس‌کنندگی، جذب سدیم را در شرایط شور به‌طور معنی‌داری کاهش داده است. در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر نیز گیاهان تیمار شده با بقایای گیاه روناس کمترین جذب سدیم را نشان دادند که ۵۶/۸۱ درصد نسبت به شاهد کمتر بود (شکل ۱-ج). در سطح‌های بالای شوری بقایای گیاه روناس به‌طور معنی‌داری جذب سدیم را در گیاه کاهش داد (شکل ۱-ج). به نظر می‌رسد که بقایای روناس با نگهداری سدیم در محیط ریشه باعث کاهش ورود آن به اندام‌های هوایی گیاه شده و از این راه موجب تحمل گیاه در شرایط شور می‌شوند.

در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر کاربرد بقایای گیاه روناس، جذب فسفر و پتاسیم را به‌ترتیب ۸۱/۲۶ و ۶۴/۵۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۱-الف و ب). افزایش ماده آلی به کار رفته، غلظت فسفر و پتاسیم اندام هوایی و ریشه را افزایش داده به‌طوری‌که ماده آلی باعث گستردگی ریشه و افزایش جذب فسفر و پتاسیم توسط ریشه می‌شود (۵). هم‌چنین به نظر می‌رسد که به‌دلیل غنی بودن بقایای گیاه روناس از فسفر و پتاسیم، جذب این عنصرها در این تیمار بیشتر از شاهد باشد. در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر کاربرد ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا جذب فسفر و پتاسیم را به‌ترتیب ۲۴/۳۷ و ۵۴/۳۱ درصد افزایش داد (شکل ۱-الف و ب). قارچ مایکوریزا با تعدیل اثرهای مخرب تنش شوری جذب پتاسیم را افزایش می‌دهد و از انتقال سدیم به اندام هوایی پیشگیری می‌کند (۳۲). در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر تیمار ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید جذب عنصرهای فسفر و پتاسیم را به‌ترتیب ۶۸/۶۰ و ۷۵/۹۳ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۱-الف و ب).

افزودن ماده‌های آلی به خاک باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی و مقدار آهن، مس، روی، فسفر و پتاسیم قابل جذب و نیتروژن کل در خاک می‌شود (۱۵). هیومیک‌اسید به عنوان یک ترکیب شبه هورمونی نقش به‌سزایی در افزایش جذب عنصرهای غذایی از راه ویژگی کلات‌کنندگی، احیاءکنندگی و در نتیجه بهبود رشد گیاه برعهده دارد. هم‌چنین هیومیک‌اسید می‌تواند محتوای ماده‌های معدنی در برگ گیاه را افزایش دهد (۴۵). حمدی و همکاران (۱۲) نشان دادند که کاربرد کاه و کلش غلات به عنوان بقایای گیاهی سبب افزایش وزن خشک و جذب عنصرهای غذایی (فسفر، آهن، بر و روی) در گندم می‌شود (۱۲). جذب پتاسیم با جذب سدیم و فسفر، شمار گل، نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه، نسبت سدیم به پتاسیم و آنزیم پراکسیداز همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). در واقع افزایش جذب پتاسیم موجب بهبود رشد گیاه و ویژگی‌های رویشی آن شد. جذب سدیم با جذب فسفر و پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسم، نسبت وزن تر و خشک شاخساره به ریشه، نشت یونی و فعالیت آنزیم پراکسیداز همبستگی مثبت داشت (جدول ۵). جذب فسفر با جذب پتاسیم و سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم، پروتئین کل و آنزیم پراکسیداز همبستگی مثبت نشان داد (جدول ۵). این امر بیان می‌کند که در دوره بروز تنش شوری هر چند با تنظیم اسمزی تا حدی شرایط لازم برای جذب آب فراهم می‌شود اما این امر با جذب بیشتر عنصرهای ناخواسته همانند سدیم نیز می‌تواند همراه باشد. افزایش جذب عنصرهای غذایی موجب افزایش مقدار پروتئین کل و فعالیت آنزیم پراکسیداز شد. افزایش عنصرهای غذایی موجب اثر زیادی بر فعالیت آنزیم‌های درگیر در نورساخت و در نتیجه فعالیت پراکسیداز می‌شود.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

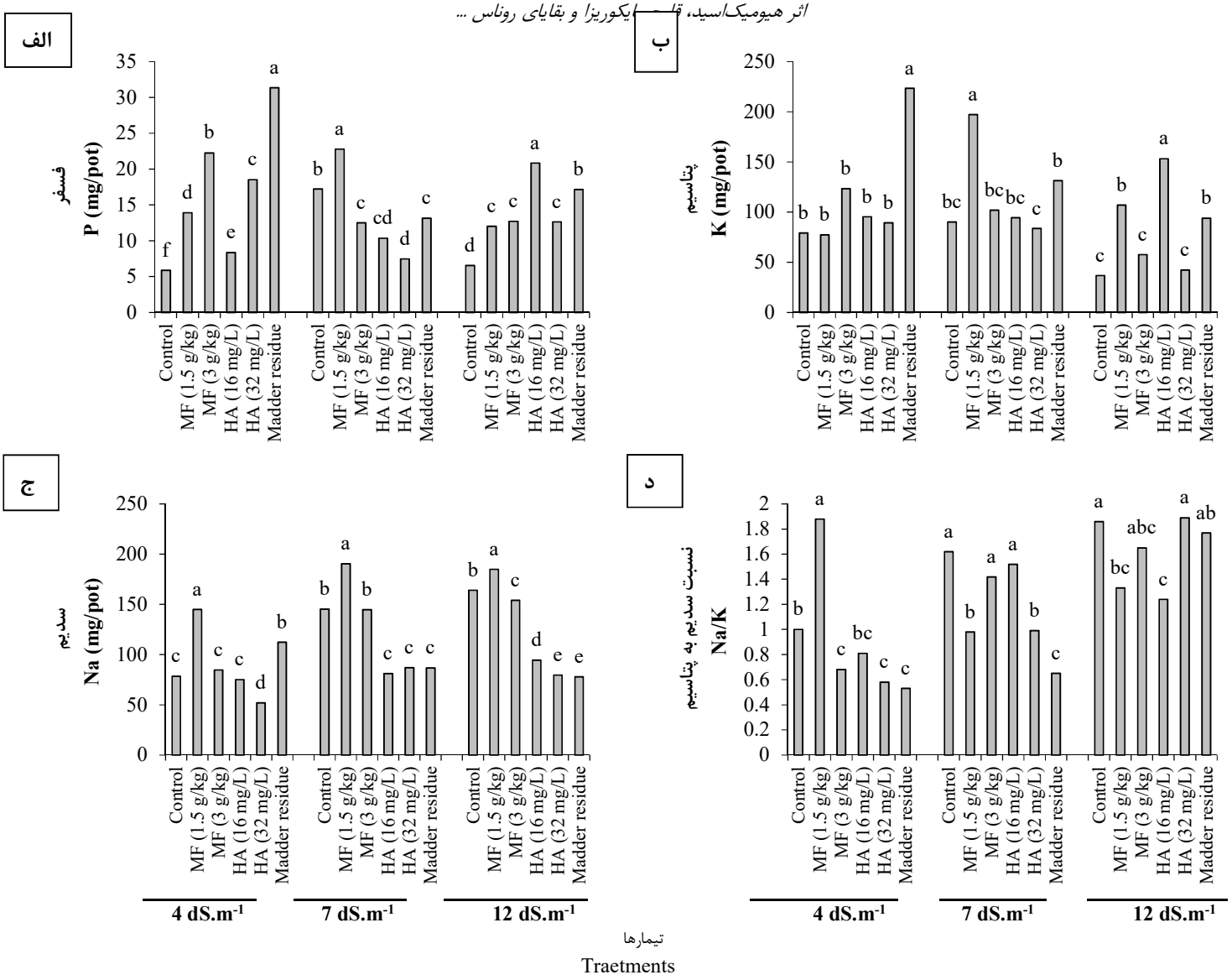

Fig. 1. The interaction of organic and biological fertilizers and salt stress on uptake of P (a), K (b), Na (c) and Na:K ratio (d) of evening primrose (*O.biennis* L.) (MF: Mycoorhiza Fungi and HA: Humic Acid) † Means with different letters are significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan test.

شکل ۱- برهمکنش کودهای آلی و زیستی و تنش شوری بر جذب عنصرهای (الف) فسفر، (ب) پتاسیم، (ج) سدیم و (د) نسبت سدیم به پتاسیم در گل مغربی (*O. biennis* L.) (Control: شاهد، MF: قارچ مایکوریزا، HA: هیومیک‌اسید و Madder residue: بقایای روناس). میانگین‌های دارای حروف متفاوت براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

نسبت سدیم به پتاسیم

کاربرد ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی گل مغربی به مقدار ۱/۸۸ درصد نسبت به شاهد شد (شکل ۱-د). اما بقایای روناس، ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید و ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا کمترین نسبت سدیم به پتاسیم را در این شوری موجب شدند (شکل ۱-د). تیمار بقایای روناس در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و ۱۶ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش این نسبت به مقدار ۵۵/۸۷ و ۳۳/۳۳ درصد نسبت به شاهد شدند (شکل ۱-د). نسبت سدیم به پتاسیم با تمام شاخص‌های مورد پژوهش به جز فعالیت آنزیم پراکسیداز و درصد نشت یونی همبستگی مثبت داشت (جدول ۵). غلظت یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت بین آن‌ها به عنوان شاخص مهمی از تحمل به شوری در گونه‌های مختلف گیاهی مطرح شده است. پارسامطلق و همکاران (۷)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

دریافتند که قارچ‌های مایکوریزا باعث کاهش نسبت سدیم به پتاسیم برگ لوبیا شدند ولی این کاهش در سطح‌های مختلف شوری متفاوت بود. در غلظت بالای نمک به‌دلیل اثر رقابتی بر جذب یون‌ها غلظت یون پتاسیم در گیاه کاهش می‌یابد و باعث کمبود پتاسیم می‌شود. کاربرد دو لیتر در هکتار هیومیک‌اسید در مقایسه با شاهد سبب افزایش ۴/۷۷ درصدی پتاسیم در اندام هوایی سورگوم نسبت به شاهد شد (۲۱). افزایش نسبت یون سدیم به پتاسیم در پاسخ به تنش شوری اتفاق می‌افتد. انتخاب‌پذیری یون پتاسیم به سدیم در گیاهان به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم تفکیک گونه‌های گیاهی متحمل از حساس گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

نتیجه‌ها نشان داد که اثر کودهای آلی و زیستی در سطح‌های مختلف شوری متفاوت است. به‌طور کلی، در برهمکنش شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و ۳۲ میلی‌گرم بر لیتر هیومیک‌اسید، بیشترین شمار گل، طول دوره گلدهی، وزن خشک گل، پروتئین کل و کمترین مقدار جذب سدیم، نسبت سدیم به پتاسم و نشت یونی به‌دست آمد. در برهمکنش شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر و ۱/۵ گرم در کیلوگرم قارچ مایکوریزا بیشترین شمار گل، طول دوره گلدهی، نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه، پروتئین کل، جذب سدیم، فسفر و پتاسیم مشاهده شد. در بالاترین سطح شوری (۱۲ دسی‌زیمنس بر متر) گیاهان تیمارشده با بقایای گیاه روناس بیشترین شمار گل، وزن خشک گل، پروتئین کل، پراکسیداز و کمترین مقدار جذب سدیم را نشان دادند. افزودن بقایای گیاهی روناس در کنار افزایش ماده‌ی آلی و بهبود روابط آبی گیاه، با کاهش جذب سدیم اندام هوایی مقدار نمک را در سطح‌های بالاتر شوری کنترل کرد و جذب پتاسیم را نسبت به شاهد افزایش داد. گل مغربی در سطح‌های بالای شوری توانایی تشکیل گل را نداشت اما کاربرد کودهای آلی و زیستی موجب انگیزش مرحله زایشی در گیاه و گلدهی آن شد. بر اساس نتیجه‌ها به‌دست آمده از این پژوهش کاربرد کودهای آلی و زیستی در سطح‌های بالای شوری موجب افزایش تحمل گیاه به شوری، بهبود رشد رویشی و زایشی و عملکرد آن نیز شد.

منابع References

۱. امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه، مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی. جلد یک.

۲. امامی، ی. و م. زواره. ۱۳۸۴. تحمل خشکی در گیاهان عالی. انتشارات نشر دانشگاه، تهران، چاپ اول. ۱۸۷ صفحه.

۳. قحوانی شجری، م.، پ. رضوانی‌مقدم، ر. قربانی و م. نصیری محلاتی. ۱۳۹۴. اثرهای کاربرد کودهای آلی، زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.). نشریه علوم باغبانی ایران، ۵۰۰-۴۸۶: (۴) ۲۹.

۴. بهرامی، ط.، و. روحی، ع. محمدخانی و س. ریزی. ۱۳۹۵. بهبود کیفیت گل مغربی صورتی (*Oenothera speciosa* Rosea) با کاربرد ورمی‌کمپوست و سبوس برنج در بستر بام سبز. *نشریه* علوم باغبانی ایران، ۱۶۶-۱۵۷: (۱)۴۷.

۵. بهلولی, م.، م. دهستانی اردکانی, م. شیرمردی و ج. رزمجو. ۱۳۹۸. 'تاثیر کودهای آلی و بیولوژیک بر برخی خصوصیات رشدی گل مغربی(*Oenothera biennis* L.) تحت شرایط شوری. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۲۸۰-۲۶۳: (۱)۱۲.

۶. بیرانوند، م.، ع. رضایی‌نژاد و ز. حسینی. ۱۳۹۶. تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae* و*G. intraradices*) بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) تحت تنش شوری .مجله علوم و فنون کشت های گلخانه ای، ۱۲۱-۱۰۷: (۱)۸.

۷. پارسا مطلق، ب.، س. محمودی، م. ح. سیاری زهان و م. نقی‌زاده. ۱۳۹۱. تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عنصرهای غذایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش شوری. بوم شناسی کشاورزی، ۲۴۴-۲۳۳: (۲) ۳.

۸. تجلی، ط.، ع. باقری و م. حسینی. ۱۳۹۰. اثر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم کلزا. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۹۱-۷۸: ۹.

۹. تدین، ع. و م. سلطانیان، ۱۳۹۵. اثر قارچ میکوریزا آربوسکولار بر رشد، مقدار کلونیزاسیون ریشه و جذب فسفر بزرک (*Linum ussitatissimum*) تحت سطح‌های مختلف کم آبی. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱۵۹-۱۴۸: (۱۵) ۵.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

۱۰. توفیقی، ک.، ر. خاوری نژاد، ف. نجفی، خ. رضوی و ف. رجالی. ۱۳۹۵. بررسی اثر برهمکنش قارچ میکوریزا آربوسوکولار و تنظیم کنندهای رشد گیاهی براسینولید بر افزایش تحمل گندم به تنش شوری. فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان زراعی – دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۹-۵: (۳۰) ۸.

۱۱. حبیبی، س.، م. فرزانه و م. مسکرباشی. ۱۳۹۲. تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا (*Glommus* spp) بر رشد و جذب عنصرهای غذایی گندم در شرایط شور. تحقیقات آب و خاک ایران، ۳۲۰-۳۱۱: (۳) ۴۴.

۱۲. حمدی، ف.، م. مسکرباشی، پ. حسیبی، م. فرزانه و ن. عنایت ضمیر. ۱۳۹۴. اثر بقایای گیاهی و سطح‌های مختلف نیتروژن بر کیفیت و غلظت عنصرهای ریز مغذی در دانه گندم. نشریه زراعت، ۱۶۷-۱۵۸: ۹.

۱۳. حیدری، م و آ. مینایی. ۱۳۹۳. تأثیر اسیدهیومیک و تنش خشکی بر عملکرد گل و غلظت عنصرهای غذایی پر مصرف در گیاه گل گاوزبان (*Brago officinalis* L.). نشریه پژوهش‌های تولیدات گیاهی، ۱۶۷-۱۸۳: (۱) ۲۱.

۱۴. رحیمی، ز.، ح. مظفری و ح. حسن پور درویشی. ۱۳۹۵. بررسی اثر اسید هیومیک در آب آبیاری و عملکرد و اجزای عملکرد کلزا. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۱۰۶-۹۵: (۱) ۱۲.

۱۵. رضایی نژاد، ی و م. افیونی. ۱۳۷۹. اثر ماده‌های آلی بر خواص شیمیایی خاک، جذب عنصرهای به وسیله ذرت و عملکرد آن. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۲۹-۱۹: (۴) ۴.

۱۶. سیدی، ا.، م. قاسم نژاد و ی. حمیداوغلی. ۱۳۹۶. تأثیر کمپوست پسماند جامد کارخانهٔ روغن‌کشی زیتون بر درصد و کیفیت روغن‌زیتون رقم‌های "زرد" و "روغنی" در منطقهٔ منجیل. علوم باغبانی ایران، ۶۴۵-۶۳۵: (۳) ۴۸.

۱۷. شباهنگ، ج.، س. خرم‌دل، ا. امین غفوری و ر. قشم. ۱۳۹۲. اثر بقایای گیاهی و کاشت گیاهان پوششی بر تراکم و جمعیت علف‌های هرز و خصوصیات زراعی و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). مجله پژوهش‌های زعفران، ۷۵-۷۲: (۱) ۱.

۱۸. طالبی، پ.، ز. جبارزاده و م. ح. رسولی صدقیانی. ۱۳۹۵. تأثیر نحوه کاربرد غلظت‌های مختلف هیومیک اسید بر عملکرد و مقدار جذب عنصرهای معدنی گل رز مینیاتور رقم هفت رنگ. به زراعی کشاورزی، ۸۰۴-۷۸۹: (۴) ۱۸.

۱۹. طهرانی، م. ح. ۱۳۹۳. اطلس رنگی گیاهان زینتی ایران، انتشارات ترقی.

۲۰. فلاحی، ح. ر.، م. قربانی، م. اقحوانی شجری، ع. صمدزاده، م. خیاط، ز. مرکی و ا. ح. اسعدیان. ۱۳۹۶. ارزیابی خصوصیات رنگ کاسبرگ در گیاه دارویی چای‌ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) تحت تأثیر مدیریت آبیاری، تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا و مصرف اسید هیومیک. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۵۸۲-۵۷۱: (۴) ۱۰.

۲۱. قاسمی، ا.، م. د. توکلو و م. د. ذبیحی. ۱۳۹۱. تاثیر نیتروژن، پتاسیم و هیومیک‌اسید بر رشد رویشی، جذب عنصرهای نیتروژن و پتاسیم در مینی تیوبر سیب‌زمینی تحت شرایط گلخانه ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات، ۵۶-۳۹: (۱) ۸.

۲۲. کمائی، ر.، ح. رجائی شریف‌آبادی، م. پارسا، م. جهان و ع. ناصریان. ۱۳۹۵. اثر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر برخی ویژگی‌های کیفی علوفه سورگوم دانه‌ای در شرایط گلخانه. دوفصلنامه فنآوری تولیدات گیاهی، ۸۰-۶۹: (۱) ۸.

۲۳. مرادبیگی، ه. و ج. خارا. ۱۳۹۰. ارزیابی تغییر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و بیوشیمیایی حاصل از تعامل علفکش تریفلورالین و همزیستی میکوریزی با قارچ *Glomus versiforme* در گیاه آفتابگردان (رقم لاکومکلا). زیست شناسی گیاهی، ۷۰-۵۹: (۱۰) ۳.

۲۴. میرمحمدی میبدی، س. و م. قره یاضی. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲۵. نژادزمانی راوری، ن.، ع. لادن مقدم و ز. اوراقی اردبیلی. ۱۳۹۳. بررسی اثر اسید هیومیک بر روی وزن خشک و وزن تر گلبرگ گل مریم *Polianthes tuberosa* ، اولین کنفرانس بین المللی یافته های نوین در علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، تهران، انجمن توسعه و ترویج علوم و فنون بنیادین، https://www.civilica.com/Paper-NEWCONF01-NEWCONF01_459.html.

۲۶. یونسی، ا. و ع. مرادی. ۱۳۹۵. ارزیابی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در واکنش به تلقیح میکوریزایی در گندم تحت تنش شوری. به زراعی کشاورزی، ۳۰-۲۱: (۱) ۱۸.

27. Abbott L.K., L.M. Macdonald, M.T.F. Wong, M.J. Webb, S.N. Jenkins and M. Farrell. 2018. Potential roles of biological amendments for profitable grain production – A review. Agr. Ecosys. Environ, 256: 34–50.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

28. Ageeb Akladious, S and H.I. Mohamed. 2018. Ameliorative effects of calcium nitrate and humic acid on the growth, yield component and biochemical attribute of pepper (*Capsicum annuum*) plants grown under salt stress. Sci. Hort. 236: 244-250.
29. Clapp, C. E., M. H.B. Hayes, and R. S. Swift. 1993. Isolation, fractionation, functionalities, and concepts of structure of soil organic macromolecules. Organic Substances in Soil and Water, Royal Society of Chemistry, pp. 31-69.
30. Colla, G., Y. Rouphael, M. Cardarelli, M. Tullio, M. R. Carlos and R. Elvira. 2008. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal in zucchini plants grown at low and high phosphorus concentration. Biol. Fertil. Soils. 44: 501–509.
31. FAO. 2011. FAO land and plant nutrition management service. Available at: http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/.
32. Giri, B., R. Kapoor and K.G. Mukerji. 2007. Improved tolerance of *Acacia nilotica* to salt stress by arbuscular mycorrhiza, *Glomus fasciculatum* may be partly related to elevated K/Na ratios in root and shoot tissues. Microb. Ecol. 54:753–760.
33. Goh, T.B., M.R. Banerjee, T. Shihua and D.L. Burton. 1997. Vesicular – arbuscular mycorrhizae mediated uptake and translocation of P and Zn by wheat in a calcareous soil. Can. J. Plant Sci. 77:339-346.
34. Goussous, S. J and M. J. Mohammad. 2009. Comparative effect of two arbuscular mycorrizal and N and P fertilizers on growth and nutrient uptake of onions. Int. J. Agr. Biol. 11:463-467.
35. Kayan, M., M. Atak, K.M. Khavar, C.Y. Cyftic and S. Ozcan. 2005. Effect of presowing seed treatment with Zinc and foliar spray of humic acid of yeald of common bean. Int. J. Agr. Biol. 6:875-878.
36. Lutts, S. J., Kinet, m. and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leave of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Ann. Bot. 78:389-398.
37. Mathur, N and A. Vyas, 1996. Biochemical changes in *Ziziphus xylopyrusby* VA mycorrhizae. Bot. Bull. Acad. Sci. 37:209 -212.
38. Mcginnis, M., A. Cooke, T. Bilderback and M. Lorscheider. 2003. Organic Fertilizers for basil transplant production. Acta Hort. 491:213- 218.
39. Metwally, R.A., Abdelhameed, R.E., 2018. Synergistic effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and physiology of salt-stressed *Trigonella foenum-graecum* plants. Biocatal. Agr. Biotech. 16: 538-544.
40. Moosavi, S. Gh., M. H. Seghatoleslami, Z. Jouyban and A. Ansarinia. 2012. Germination and growth parameters of seedlings of *Oenothera biennis* L. as affected by salinity stress. Technic. J. Engin. Appl. Sci. 2 (5): 123-127.
41. Navarro, A., A. Elia, G. Comversa, P. Campi and M. Mastrorilli. 2012. Potted mycorrhizal carnation plants and salin stress: Growth, quality and nutritional plants responses. Sci. Hort. 140:131-139.
42. Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watenabe, and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture Cris, P. 939
43. Reuveni, R. 1995. Biochemical marker of disease resistance. In: Singh, R. P., and Singh, U. S.(Ed) Molecular Methods in Plant Pathology. pp. 99-114.
44. Reynolds, A.J., A.D. Wardle, B. Drought, and R. Cantwell. 1995. Grow-mate soil amendment improves growth of greenhouse-grown chardonnay grapevines. J. Hort Sci. 30(3):539-542.
45. Sebahattin, A and C. Necdet. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica napa* L.). Agro. J. 4:130-133.
46. Zhang, T., Hu, Y., Zhang, K., Tian, C., Guo, J., 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi improve plant growth of *Ricinus communis* by altering photosynthetic properties and increasing pigments under drought and salt stress. Ind. Crop. Prod, 117: 13- 19.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 20 (2): 227-240 (2019)
Research article

Effect of Humic acid, Mycorrhizal Fungi and Madder Residue on Some Growth Characteristics and Nutrient Uptake of Evening Primrose (*Oenothera biennis* L.) Under Salt Stress

M. Bohloli, M. Dehestani-Ardakani*, M. Shirmardi, J. Razmjoo[1]

In this study, effects of humic acid, mycorrhizal fungi and madder residue on some growth characteristics and nutrients uptake of evening primrose (*Oenothera biennis* L.) were investigated under soil salinity stress. The experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design. Six levels of fertilizers including control (without soil amendments), 1.5 and 3 g L^{-1} mycorrhizal fungi, 16 and 32 mg L^{-1} humic acid, and 25% v/v madder residue were used in the presence ofthree levels of soil salinity (4, 7, and 12 dS m^{-1}) with three replications. Results showed that in salinity of 4 dS m^{-1} the maximum number of flowers, flowering duration and dry weight of flowers were obtained in 32 mg L^{-1} humic acid. In salinity level of 7 dS m^{-1} the treated plants with 1.5 mg kg^{-1} mycorrhizal fungi showed the maximum number of flowers, flowering duration, and the highest uptake of Na, K and P. In salinity level of 12 dS m^{-1} the maximum number of flowers, dry weight of flower, total protein, peroxidase activity, and the lowest Na uptake were observed in plants treated with madder residue. Using organic and biological fertilizers induced flowering in salinity of 12 dS m^{-1}. Generally, mycorrhizal fungi and madder residue in all salinity levels caused increasing growth and yield of plant.

Keywords: Peroxidase activity, Evening primrose, Salinity stress, Biological fertilizer, Organic materials.

1 M.Sc. Student, and Assistant Professors, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, P.O. Box 184, Ardakan, Instituate od Medicinal and Industrial Plant, Ardakan, Department of Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, PPrespectively.

* Corresponding author, Email: (mdehestani@ardakan.ac.ir).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1398.20.2.1.0]