نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۲ شماره ۴ / سال ۱۴۰۱/ صفحات ۱۲۸-۱۱۵

The effect of Potassium Nitrate and *Arbuscular mycorrhiza* on the Quantitative and Growth Characteristics of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra L.*) in Greenhouse Condition

Rozita Davar[1], Elnaz Sabbaghtazeh[1*], Ahmad Bybordi[2*], Mohammad Reza Dalalian[1], Siamak Saedi[1]

Received: 16 January 2022 Accepted: 28 February 2022
1-Dept., of Soil Science, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2-Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), East Azarbaijan, Tabriz, Iran.
*Corresponding Author Email: a.bybordi@areo.ir, elnazsabbagh@iaut.ac.ir

Abstract

Background & Objective: This study was conducted to evaluate the interaction effects of potassium nitrate and arbuscular mycorrhiza on the growth and quantitative characteristics of *G. glabra* in the greenhouse condition.

Materials & Methods: In order to evaluate the effects of KNO_3 and *Arbuscular mycorrhiza* (*Glomus mossea*) on the growth and quantitative characters of *G. glabra* an experiment as factorial based on the completely randomized design with three replications was carried out. The mycorrhiza treatments included: noninoculated (Control), 25, 50 and 100 g per pot and potassium nitrate had three levels: 0 (control), 10, 20 mmol L^{-1}. Some characters such as plant height stem diameter, leaf area, foliage and root fresh and dry weight, leaf relative water content, chlorophyll a and b and carotenoid content were assessed.

Results: Based on the results of this study the interaction of potassium nitrate and mycorrhiza affected the investigated characters and treatment combination of 20 mM potassium nitrate with 100 g per pot mycorrhiza increased plant height (67%), stem diameter (48.5%), foliage fresh weight (48.7%) foliage dry weight (54.9%), root fresh (69.1%) and root dry weight (64%) in relation to control. Also leaf area (41%) leaf relative water content (6.25%) chlorophyll a (28%), b (38%) and carotenoid (41%) contents increased significantly in comparison with control.

Conclusion: Simultaneous application of potassium nitrate and mycorrhiza, significantly affected the all of evaluated characters and improved all of them.

Keywords: Liquorice, Mycorrhiza Fungi, Chemical Fertilizer, Medicinal Plants, Biological Fertilizer

تأثیر برهمکنش نیترات پتاسیم و قارچ میکوریز آربوسکولار بر ویژگی‌های کمی و خصوصیات رشدی شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra L.*) در شرایط گلخانه

روزیتا داور[۱]، الناز صباغ تازه [۱*]، احمد بایبوردی[۲*]، محمد رضا دلالیان[۱]، سیامک ساعدی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۹

۱- گروه علوم خاک، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO) ، آذربایجان شرقی، تبریز، ایران

*مسئول مکاتبه: Email: a.bybordi@areo.ir, elnazsabbagh@iaut.ac.ir

چکیده

اهداف: این مطالعه به‌منظور بررسی تأثیر برهمکنش نیترات پتاسیم و قارچ میکوریز آربوسکولار بر ویژگی‌های کمی و خصوصیات رشدی شیرین بیان در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌منظور ارزیابی تأثیر نیترات پتاسیم و قارچ میکوریز آربوسکولار بر ویژگی‌های کمی و خصوصیات رشدی گیاه شیرین‌بیان در شرایط گلخانه، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام پذیرفت. تیمارهای قارچ میکوریزا *Glomus mossea* شامل عدم استفاده از قارچ، کاربرد ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم قارچ در هر گلدان و تیمارهای نیترات پتاسیم شامل شاهد، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار بود. صفاتی نظیر ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، محتوای رطوبت نسبی برگ، محتوای کلروفیل a و b و کاروتنوئید مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست آمده از این بررسی، اثرات متقابل تیمارهای نیترات پتاسیم و میکوریزا صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش را تحت تاثیر قرار داده وترکیب تیماری ۲۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم به‌همراه ۱۰۰ گرم در گلدان قارچ میکوریزی توانست مقادیر ارتفاع بوته(۶۷٪)، قطر ساقه(۴۸/۵٪)، وزن تر(۴۸/۷٪) و خشک اندام هوایی(۵۴/۹٪)، وزن تر(۶۹/۱٪) و خشک ریشه(۶۴٪) را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد. مقادیر صفات سطح برگ (۴۱٪)، محتوی رطوبت نسبی برگ‌ها (۶/۲۵٪)، محتوی کلروفیل a (۲۸٪)، b (۳۸٪) و کارتنوئید (۴۱٪) نیز افزایش معنی‌داری نسبت به تیمارهای شاهد داشت.

نتیجه‌گیری: استفاده همزمان از نیترات پتاسیم و قارچ میکوریزا توانست همه صفات مورد بررسی را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داده و مقدار صفات مورد مطالعه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد.

واژه های کلیدی: شیرین‌بیان، قارچ میکوریز، کود شیمیایی، کود بیولوژیک، گیاه داروئی

مقدمه

گیاهان دارویی در سرتاسر جهان برای هزاران سال مورد استفاده بوده و ترکیبات دارویی موجود در گیاهان به‌عنوان ترکیباتی با خاصیت دارویی بالا و سمیت کم برای انسان شناخته شده‌اند. کمیابی گیاهان دارویی و افزایش تقاضا برای آن‌ها، کشت گیاهان دارویی را افزایش داده است (گوتیرز و همکاران ۲۰۱۷). شیرین‌بیان از جمله گیاهان دارویی خودرو است که کمتر مورد کشت قرار می‌گیرد. شیرین بیان با نام علمی *Glycyrrhiza glabra L.* گیاهی است از تیره باقلا، علفی، چند ساله و ایران یکی از کشورهای صادر کننده ریشه آن محسوب می‌شود (خادم و همکاران ۲۰۱۲). برگ‌های آن مرکب و از چهار تا هفت زوج برگ به اضافه یک برگچه انتهایی تشکیل یافته که به‌سبب ترشح شیره، حالت چسبنده دارند. قسمت مورد استفاده شیرین‌بیان، ساقه‌های زیرزمینی و ریشه‌های گیاه که دارای ترکیبات مختلفی است، می‌باشد (نبی و همکاران ۲۰۱۰). ارزش و اهمیت ریشه و ریزوم شیرین‌بیان به‌دلیل تنوع مواد شیمیایی موجود در آن بوده و مهم‌ترین ماده فعال بیولوژیک در ریشه و ریزوم شیرین بیان، تریترپنوئیدی به نام اسید گلیسیریزیک است که ماده موثره در صنایع غذایی، داروسازی و دخانیات می‌باشد. مهم‌ترین خواص شیرین بیان درمان ورم و زخم معده می‌باشد (خادم و همکاران ۲۰۱۱).

براساس گزارش‌ها تنها ۱۰ الی ۴۰ درصد کودها توسط گیاه جذب شده و حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد کل کودهای مورد استفاده به‌طرق مختلف از دسترس گیاه خارج می‌شود. میکروارگانیسم‌ها می‌توانند نقش مهمی را در مدیریت تلفیقی کودها در جهت حفظ نیروی تولید و حاصلخیزی خاک داشته باشند (لو و همکاران ۲۰۱۵). باکتری‌های افزایش دهنده رشد گیاهی و قارچ‌های میکوریزی می‌توانند کارایی مصرف کودها را افزایش دهند (برقعلی و برقعلی ۲۰۰۹). کودهای زیستی، محیط خاک را از طریق تثبیت نیتروژن، محلول‌سازی فسفر و پتاسیم یا معدنی نمودن آن‌ها، آزاد سازی مواد محرک رشد، تولید آنتی‌بیوتیک‌ها و تجزیه مواد آلی در خاک، غنی از عناصر ماکرو و میکرو نگه می‌دارند (سینها و همکاران ۲۰۱۴).

قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار فراوان‌ترین و از مهم‌ترین قارچ‌های خاک بوده و ۵۰ درصد کل بیوماس میکروبی خاک را شامل می‌شوند. بسیاری از اسپورهای قارچ‌های میکوریزی به‌طور طبیعی در خاک وجود داشته و اگر شرایط خاک مساعد باشد، اسپورها جوانه زده و از طریق هیف با ریشه گیاهان تماس یافته و ساختاری ایجاد می‌کنند که انتقال مواد غذایی را بین دو ارگانیسم بر عهده دارد (صالح و همکاران ۲۰۱۵). قارچ‌های میکوریزی به‌طرق مختلف از جمله تسریع رشد، نمو، وضعیت تغذیه‌ای، مصرف آب، مقاومت به بیماری‌ها و مقاومت به عوامل تنش‌زا بر گیاهان تأثیر می‌گذارند. پاسخ گیاهان به کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های میکوریزی عمدتاً وابسته به نوع گیاه و سویه قارچ و شرایط محیطی مانند سطح مواد غذایی خاک، شدت نور و دما می‌باشد. همچنین کلونیزاسیون ریشه گیاهان توسط چند سویه از قارچ‌ها اثر مثبت بیشتری نسبت به کاربرد یک سویه دارد (لو و همکاران ۲۰۱۵).

قارچ‌های میکوریزی بر متابولیسم ثانوی گیاهان تأثیر می‌گذارد و تولید اجزای فعال گیاه را تحریک می‌کند، این قارچ‌ها بر کیفیت ترکیبات دارویی و عملکرد اسانس گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارند (تاپا و همکاران ۲۰۱۵). میکوریز به معنی رابطه بین ریشه با قارچ است. قارچ‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۵۲ از سطح استریل شده میکوریزی ریشه‌های پیاز جدا سازی گردیده و امروزه به‌عنوان سویه *Pythium ultimum* شناخته می‌شود (آجیش و همکاران ۲۰۱۵). عناصر پر نیاز در مقادیر بالایی در مقایسه با عناصر کم نیاز برای گیاهان حیاتی هستند ولی از نظر ضرورت، تمامی عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاهان بوده و عناصر کربن، هیدروژن و اکسیژن از طریق هوا و آب تامین می‌شوند. دیگر عناصر نیز بایستی در محیط گیاه به مقدار و نسبت کافی برای رشد مطلوب گیاه وجود داشته باشد (نبی و همکاران ۲۰۱۰).

پتاسیم عنصری ضروری و پرمصرف برای همه موجودات زنده است و در فیزیولوژی و متابولیسم گیاه از نظر مقدار و وظایف فیزیولوژیکی و شیمیایی یکی از مهم‌ترین کاتیون‌ها می‌باشد (حسن‌الزمان و همکاران ۲۰۱۸). غلظت پتاسیم در یاخته‌ها چنان زیاد است که به‌عنوان یکی از عوامل کنترل کننده پتانسیل اسمزی آن‌ها و در نتیجه فشار آماس شناخته می‌شود (تاپا و همکاران ۲۰۱۵). پتاسیم برای فرآیندهایی مانند فتوسنتز، تشکیل میوه، مقاومت به سرما و بیماری‌ها لازم بوده و در تشکیل پروتئین نقش دارد (سینها و همکاران ۲۰۱۴). پتاسیم در فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلف در گیاه از جمله فتوسنتز، افزایش انتقال اسمیلات‌ها، سنتز پروتئین، حفظ موازنه آبی و افزایش فعالیت آنزیم‌ها نقش دارد (دشپانده و همکاران ۲۰۱۳). پتاسیم نقش مهمی در تنظیم باز و بسته شدن روزنه‌ها، افزایش رشد بافت‌های مریستمی، فعال‌سازی واکنش‌های آنزیمی، متابولیسم نیتروژن، سنتز پروتئین‌ها، کاتالیز فعالیت تعدادی از عناصر معدنی و متابولیسم و انتقال کربن دارد (اندریوز و همکاران ۲۰۲۱و زوبیر و همکاران ۲۰۰۶). پتاسیم در فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند حفظ پتاسیل غشائی، فعال سازی آنزیم‌ها و تنظیم فشار اسمزی، باز و بسته شدن استومات‌ها و تروپسیم نقش مهمی‌دارد. پتاسیم کافی در خاک برای استفاده موثر از آهن نیز لازم می‌باشد (ابراهیمی و همکاران ۲۰۱۲).

این آزمایش به‌منظور ارزیابی تأثیر نیترات پتاسیم و قارچ میکوریز آربوسکولار بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیو لوژیکی و خصوصیات رشدی گیاه شیرین بیان در شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی واقع در خسروشاه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. این منطقه در جنوب غربی شهرستان تبریز، با طول جغرافیایی ′۳ °۴۶ شرقی، عرض جغرافیایی ′۵۷ °۳۷ شمالی و ارتفاع متوسط ۱۳۵۷ متر از سطح آب‌های آزاد واقع شده است.

فاکتورهای آزمایشی تحقیق شامل سطوح کود نیترات پتاسیم در سه سطح شاهد (عدم مصرف کود)، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار با حجم ۴۰ میلی‌لیتر در هر گلدان از هر سه هفته یکبار و سطوح مختلف میکوریز در چهار سطح شاهد (عدم مصرف میکوریز)، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ گرم میکوریز همراه با کوکوپیت در هر گلدان بود. (قارچ میکوریز استفاده شده در این آزمایش در بستر کوکوپیت رشد یافته بود که بعد از کلونیزاسیون به عنوان تیمار به گلدان‌های کشت اضافه گردید). دمای گلخانه به‌طور میانگین در طول دوره آزمایش ۲۸ –۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی گلخانه نیز ۷۰–۵۰ درصد بود. گلدان‌های یکسان با حجم حدود ۱۴ لیتر با قطر دهانه ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر به تعداد ۱۰۸ عدد انتخاب و با پرلیت و کوکوپیت به میزان ۱/۲ و ۱/۲ پر شدند. به‌منظور به‌دست آوردن تعداد کافی از گیاه شیرین بیان از تکنیک کشت ریزوم برای تکثیر استفاده شد. ریزوم‌ها و ریشه‌های شیرین بیان پس از شست و شو و پاک کردن گل و لای، به قطعات کوچک‌تر تقسیم شدند (قطعات ریزوم به گونه‌ای برش داده شد که حداقل دو یا سه جوانه رویشی داشته باشند) و سپس هر قطعه در گلدانی کاشته شد. میکوریز شامل گونه *Glomus mosseae* و در هر گرم از بستر میکوریز حداقل دارای ۱۰۰ اندام فعال بود.

به‌منظور اعمال سطوح مختلف کود نیترات پتاسیم (۰، ۱۰ و ۲۰ میلی‌مولار)، مقدار کود مورد نیاز تیمارهای مختلف براساس وزن خاک گلدان‌ها محاسبه و در سطوح مذکور مورد استفاده قرار گرفت. برای جلوگیری از آبشویی کود، ۵۰ درصد از آن همزمان با کشت و ۵۰ درصد باقی‌مانده، بعد از جوانه‌زنی اضافه گردید.

صفات مورد اندازه‌گیری در گیاه شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، RWC[1](محتوای رطوبت نسبی برگ)، محتوای

[1] Relative Water Content (RWC)

کلروفیل a و b و کاروتنوئید بود. مساحت سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج House Gate مدل Aok 4cht با دقت ۰/۰۱ سانتی‌متر مربع مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. برای تعیین محتوای رطوبت نسبی برگ قبل از آبیاری، از برگ‌های بالغ و گسترده بوته‌ها نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها بلافاصله توزین شدند (وزن تر) و سپس به مدت چهار ساعت در آب مقطر با دمای حدود ۵ درجه سانتی‌گراد و نور اندک غوطه‌ور شده و پس از گرفتن آب روی آن‌ها با کاغذ صافی، وزن شدند (وزن اشباع)، سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و وزن شدند (وزن خشک). در نهایت محتوی رطوبت نسبی برگ از طریق رابطه ۱، مورد محاسبه قرار گرفت (فاوزی و همکاران ۲۰۰۷).

رابطه [۱]
$$RWC = \frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر}}{\text{وزن خشک} - \text{وزن اشباع}} \times 100$$

میزان محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید نیز به‌روش آرنون (۱۹۶۷) اندازه‌گیری شده و توسط روابط ۲ تا ۵ مورد محاسبه قرار گرفتند.

رابطه [۲] $[(12.7\times A_{663})-(2.69\times A_{645})]\times V/1000\times W$ =میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ تر

رابطه [۳] $[(22.9\times A_{645})-(4.69\times A_{663})]\times V/1000\times W$ =میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ تر

رابطه [۴] $[(20.2\times A_{645})-(8.02\times A_{663})]\times V/1000\times W$ =میلی‌گرم کلروفیل کل در هر گرم برگ تر

رابطه [۵] $7.6\times(A_{480})-14.9\times(A_{510})\times V/1000\times W$ =میلی‌گرم کاروتنوئید در هر گرم برگ تر

در روابط بالا، A میزان جذب در طول‌موج موردنظر، V حجم نهایی استون ۸۰ درصد برحسب میلی‌لیتر و W وزن برگ تازه برحسب گرم می‌باشد.

درنهایت پس از تکمیل یادداشت‌برداری از مشاهدات و صفات مورفولوژیکی، نمونه‌برداری و تجزیه‌های آزمایشگاهی، داده‌های به‌دست آمده گردآوری و از نظر آماری توسط نرم افزار SAS مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسات میانگین به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، ارتفاع بوته‌های شیرین‌بیان به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل تیمار نیترات پتاسیم و تیمار میکوریزی قرار گرفته است (جدول ۱). براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها، بیشترین ارتفاع بوته گیاه دارویی شیرین بیان تحت تأثیر سطوح ۲۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم همراه با تیمار ۱۰۰ گرم قارچ میکوریزی (۴۳/۶ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع گیاه در تیمار شاهد نیترات پتاسیم و عدم مصرف میکوریزا مشاهده شد (۱۴/۱سانتی‌متر)، (جدول ۲). ایجاد رابطه میکوریزی و اعمال نقش میکوریزها در بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی گیاهان، در مطالعات آجیش و همکاران(۲۰۱۵) و جان و همکاران (۲۰۱۴) مشخص شده است. میکوریزها از طریق افزایش سطح جذبی، جذب آب و مواد غذایی را افزایش داده و از این طریق بر ارتفاع بوته گیاهان می‌افزایند. در مطالعات داسیلوا و همکاران (۲۰۰۸) و وفادار و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی بر رشد زنجبیل مورد مطالعه قرار گرفته و مشاهده شده که ترکیبی از سویه‌های قارچ میکوریزی تأثیر بیشتری را بر ارتفاع بوته‌های زنجبیل در مقایسه با کاربرد هر یک به‌تنهایی دارد. این محققین نشان دادند که ترکیبی از قارچ‌های میکوریزی مختلف تا ۱۷ درصد اثر افزایشی بیشتری نسبت به هر یک از سویه‌ها به‌تنهایی بر ارتفاع بوته های *Stevia rebaudiana* دارد. در این مطالعه کاربرد انفرادی کودها نیز افزایش معنی‌داری را در ارتفاع بوته‌ها باعث شده است.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گیاه شیرین بیان در شرایط گلخانه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه
نیترات پتاسیم (A)	۲	۳۲۵۱/۱۷*	۵۸۴۵/۶۵*	۴۵۲/۳۹*	۱۲۹/۵۵**	۲۴۱/۳۴**
میکوریز (B)	۳	۱۶۷۲/۳۷*	۶۴۳۲/۶۳*	۳۴۱/۴۲ns	۱۴۳/۸۱*	۱۹۷/۶۱**
AB	۶	۳۴۶۲/۶۷**	۳۴۶۵/۳۸*	۵۷۴/۲۳**	۳۸/۴۹*	۹۷/۸۱**
خطا	۲۴	۱۹۷/۱۱	۹۴۳۱/۶۱	۱۹۴/۷۴	۵۱/۲۲	۳۷/۴۵
ضریب تغییرات ٪		۱۶/۳۲	۱۷/۶۹	۲۰/۳۸	۱۸/۹۱	۱۵/۲۴

** و * به ترتیب نشان دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

ادامه جدول ۱

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	محتوای رطوبت نسبی برگ	مساحت سطح برگ	کلروفیل a	کلروفیل b
نیترات پتاسیم (A)	۲	۱۰۹/۱۸*	۱۱۳/۴۵ns	۶۸۴/۶۷ns	۳۹۴۴/۶۷*	۲۹۸۴/۷۳*
میکوریز (B)	۳	۹۷/۴۶**	۲۳۴/۳۷*	۲۹۴/۶۹**	۲۸۷۶/۱۹*	۲۶۴۲/۳۷ns
AB	۶	۶۲/۰۹*	۱۰۶/۳۴*	۱۰۸/۷۷*	۲۰۸۰/۷۶*	۲۱۶۴/۳۵*
خطا	۲۴	۱۹/۳۹	۳۹/۷۷	۴۹/۹۱	۱۵۹/۶۷	۳۹۷/۶۸
ضریب تغییرات ٪		۱۶/۳۷	۲۶/۳۷	۱۵/۵۲	۲۱/۱۸	۱۹/۵۸

** و * به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

جدول ۲- مقایسات میانگین صفات مورد بررسی گیاه شیرین بیان در شرایط گلخانه‌ای

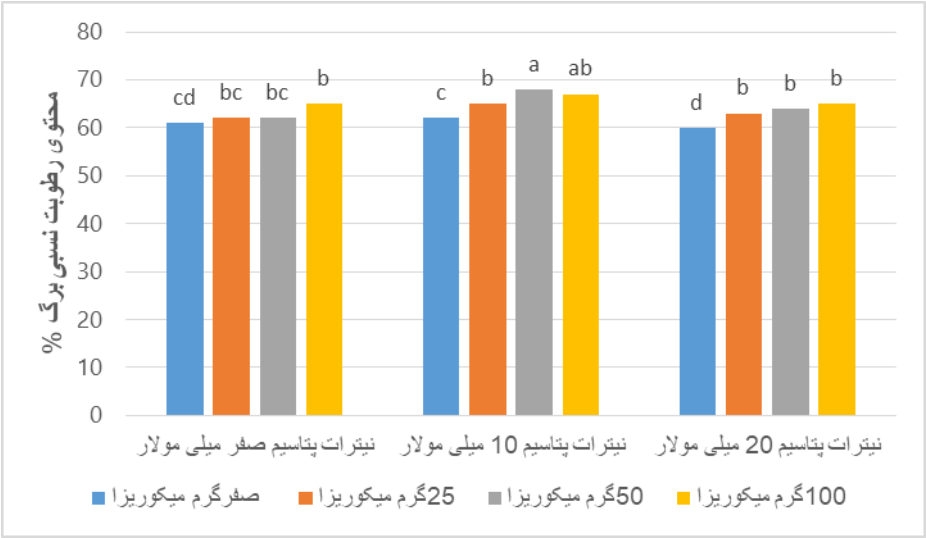
تیمار	میکوریزا (گرم در گلدان)	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	وزن تر ریشه (g)	وزن خشک ریشه (g)
نیترات پتاسیم (صفر)	۰	۱۴/۱ f	۳/۳ e	۳۱/۳ e	۹/۱ f	۱۴/۱ f	۵/۴ g
	۲۵	۱۹/۲ e	۴/۲ d	۳۲/۳ e	۱۱/۳ ef	۱۹/۳ f	۶/۶ f
	۵۰	۲۲/۳ d	۵/۷ c	۴۰/۴cd	۱۲/۱ e	۲۳/۲ ef	۵/۳ g
	۱۰۰	۲۴/۶ d	۶/۲ c	۴۲/ ۵c	۱۶/۲ c	۲۵/۸ e	۷/۵ e
نیترات پتاسیم (۱۰ میلی‌مولار)	۰	۲۱/۳ d	۴/۶ de	۳۸/۹ d	۱۳/۱ e	۱۸/۱ f	۵/۴ g
	۲۵	۲۳/۱ d	۶/۱ c	۴۲/ ۴c	۱۴/۲ d	۲۶/۲ e	۷/۷ e
	۵۰	۳۲/۷ c	۶/۶ c	۵۰/۵ b	۱۵/۳ c	۳۲/۴ c	۱۱/۶ c
	۱۰۰	۴۱/۵ b	۸/۵ b	۶۱/۶ ab	۱۸/۲ b	۳۸/۵b	۱۳/۷b
نیترات پتاسیم (۲۰ میلی‌مولار)	۰	۳۱/۳ c	۵/۱ d	۳۶/۴ d	۱۳/۱ ef	۳۰/۴ d	۹/۶ d
	۲۵	۴۰/۴ b	۷/۲ b	۵۰/۵ b	۱۴/۲ d	۳۹/۹ b	۱۱/۳ c
	۵۰	۴۰/۵ b	۸/۹ ab	۵۵/۶ ab	۱۶/۶ c	۴۱/۶ ab	۱۳/۷ b
	۱۰۰	۴۳/۶a	۱۰/۳a	۶۰/۷a	۲۰/۲a	۴۵/۷a	۱۵/۴a

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد براساس آزمون دانکن می‌باشد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که قطر ساقه تحت تأثیر اثرات متقابل تیمار نیترات پتاسیم و میکوریزا قرار گرفته (جدول ۱) و بیشترین قطر ساقه ۱۰/۳ میلی‌متر در تیمار ۲۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم همراه با تیمار ۱۰۰ گرم قارچ میکوریزا حاصل گردید و کمترین مقدار (۳/۳ میلی‌متر)آن در تیمار عدم مصرف نیترات و بدون قارچ

میکوریزا مشاهده گردید (جدول ۲). قطر ساقه با مصرف بیشتر نیترات پتاسیم افزایش نشان داد ولی کاربرد قارچ میکوریزا هم‌زمان با نیترات پتاسیم میزان افزایش این صفت را تشدید نمود. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل نیترات پتاسیم و تیمار قارچ میکوریزا بر روی صفت‌های وزن تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن تر و خشک اندام هوایی در تیمار نیترات پتاسیم ۲۰ میلی مولار با اعمال ۱۰۰ گرم میکوریزا در گلدان و کمترین مقدار هم در تیمار عدم مصرف نیترات پتاسیم بدون میکوریزا حاصل گردید (جدول ۲). میکوریزها میکروارگانیسم‌هایی هستند که با گیاهان زندگی همزیستی داشته و در قبال دریافت مواد غذایی مورد نیازشان، آب و عناصر غذایی را برای گیاه جذب می‌کنند. این میکروارگانیسم‌ها جذب اغلب عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را به‌میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند که از آن جمله می‌توان به نیتروژن، فسفر، آهن، روی، منیزیم، مس، بر و مولیبدن اشاره کرد (گوتیرز و همکاران ۲۰۱۷). بررسی‌ها نشان داده که تمامی این عناصر در فتوسنتز و تولید اسمیلات‌ها نقش موثری بر عهده دارند (دیاگن و همکاران ۲۰۲۰) و بر بیوماس گیاه می‌افزایند. بررسی سایر محققان نیز حاکی از نقش موثر میکوریزها در افزایش رشد عمومی گیاهان است. عظیمی و همکاران (۲۰۱۸) طی مطالعه‌ای تأثیر کاربرد کودهای میکوریزی مختلف را بر رشد گیاه کاکوتی کوهی بررسی نمودند. این محققان نشان دادند که تمامی تیمارهای میکوریزی مورد بررسی اثر افزایشی معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی این گیاه داشته است. در بررسی دیگری ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی را در گیاه ریحان مورد مطالعه قرار دادند. گونه‌های میکوریزی مورد بررسی شامل *G.mosseae*، *G.fasciculatum* و *Rhizophagus irregularis* بود. این محققان نشان دادند که کاربرد کودهای میکوریزی و به‌ویژه *G.mosseae*، تا ۱۷۵ درصد بر وزن خشک اندام هوایی ریحان می‌افزاید. یک گیاه برای رشد مطلوب به‌عوامل رشدی متعددی مانند کود، آب و مواد غذایی نیاز دارد. بررسی‌ها نشان داده که کودهای میکوریزی میزان جذب آب و مواد غذایی مختلف مانند نیتروژن، فسفر، آهن، روی و منگنز را در گیاهان افزایش می‌دهد، چرا که این میکروارگانیسم‌ها سطح جذبی ریشه گیاهان را افزایش می‌دهند (حبیب زاده ۲۰۱۵). بر اساس تحقیقات انجام گرفته تنوع قارچ‌های میکوریزی موجود در خاک هر چه بیشتر باشد، میزان افزایش جذب آب و مواد غذایی از طریق میکوریزها بهتر خواهد بود (کارا آسلان و همکاران ۲۰۱۵). در مطالعه آن‌ها کاربرد تلفیقی کودها افزایش معنی‌داری را در عملکرد خشک بوته‌های بادرنجبویه باعث شده است. مورتی و نارایاناپا (۲۰۱۳) در یک بررسی بر روی گیاه دارویی *Ruta graveolens* نشان دادند که کاربرد کود میکوریزی افزایش معنی‌داری را در عملکرد خشک باعث گردیده است. این محققین همچنین مشاهده نمودند که کاربرد تلفیقی از کودهای میکوریزی، افزایش بیشتری را در عملکرد خشک بوته‌های *Ruta graveolens* در مقایسه با هر یک به تنهایی داشته است. در این رابطه کومار و چاندرا (۲۰۰۸) نیز در بررسی که در گیاه دارویی بادرنجبویه انجام دادند، مشاهده نمودند که ترکیبی از سویه‌های قارچ میکوریزی تأثیر بیشتری بر وزن خشک بادرنجبویه در مقایسه با هر یک به تنهایی دارد. وزن تر و خشک ریشه شیرین بیان به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد تحت تأثیر اثرات متقابل سطوح مختلف نیترات پتاسیم و میکوریزا قرار گرفتند (جدول ۱). بیشترین مقدار وزن تر و خشک ریشه در تیمار ۲۰ میلی مولار نیترات پتاسیم با کاربرد ۱۰۰ گرم در گلدان میکوریزا حاصل گردید. بالاترین مقدار وزن تر و خشک ریشه ۴۵/۷ ، ۱۵/۴ گرم بود (جدول ۲). رشد ریشه‌ها وابسته به انتقال اسمیلات‌ها از اندام‌های هوایی به ریشه‌ها است که این مولفه تحت تأثیر وضعیت آبی گیاه و وجود مقدار کافی از اسمیلات‌ها قرار دارد (بلال و همکاران ۲۰۲۰). میکوریزها با بهبود هر دو وضعیت آبی گیاه و افزایش فتوسنتز و تولید اسمیلات‌ها، بر وزن تر ریشه می‌افزایند (شهابی‌وند و همکاران ۲۰۱۸). محتوی نسبی رطوبت برگ در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر اثرات متقابل تیمار نیترات پتاسیم و میکوریزا قرار گرفته است (جدول ۱). بالاترین محتوی رطوبت نسبی برگ (۶۸ درصد) مربوط به تیمار

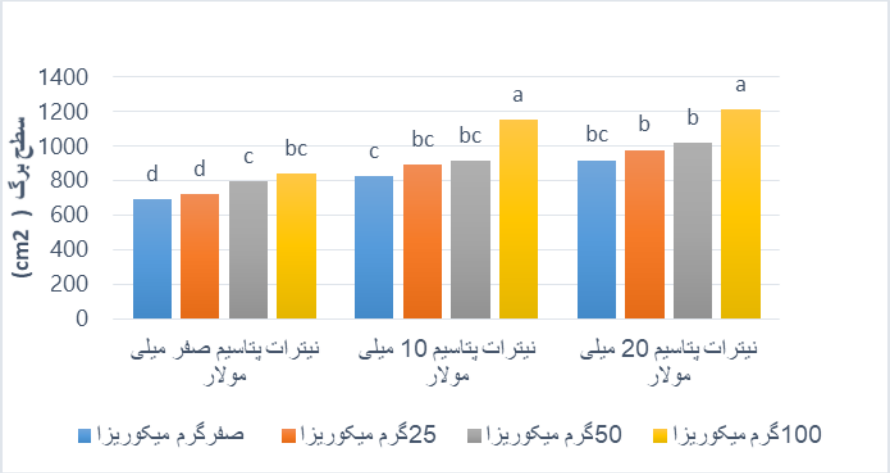
۱۰ میلی مولار نیترات پتاسیم همراه با ۵۰ گرم میکوریزا می‌باشد (شکل ۱). با افزایش سطح نیترات پتاسیم از مقدار این صفت به‌طور معنی‌داری کاسته شد. کمترین مقدار این صفت (۶۰ درصد) در تیمار ۲۰ میلی مولار بدون مصرف میکوریزا حاصل گردید. پیرزاد و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر سویه‌های مختلف میکوریزی از جمله *Glomus Hoei ،Funneliformis mosseae* و *Rhizophagus irregularis* را مورد مطالعه قرار دادند. این محققین نشان دادند که سویه‌های مختلف افزایش معنی‌داری را در محتوای رطوبت نسبی برگ‌های همیشه بهار باعث می‌شوند. پتاسیم معمولاً در تنظیم اسمزی، حفظ موازنه الکتروشیمیایی و فعالیت آنزیم‌ها دخالت می‌کند. پتاسیم نقش مهمی را در وضعیت انرژی گیاه، انتقال و ذخیره‌سازی اسمیلات‌ها و حفظ قدرت گیاهان بر عهده دارد (فاوزی و همکاران ۲۰۰۷). حقیقی و همکاران (۲۰۱۱) نیز اظهار داشتند که پتاسیم فعالیت آنزیم‌ها را تنظیم می‌کند و شدت فتوسنتز را افزایش می‌دهد. پتاسیم محتوای رطوبت نسبی گیاه را افزایش می‌دهد (خادم و همکاران ۲۰۱۱). پتاسیم موجب افزایش محتوای نشاسته، کربوهیدرات‌ها، پروتئین ها و افزایش سطح کاروتن در برگ گیاهان می‌شود (پری و همکاران ۲۰۱۱).



شکل ۱- مقایسه میانگین محتوی رطوبت نسبی برگ برای سطوح نیترات پتاسیم و میکوریزا

اثرات متقابل تیمار نیترات پتاسیم و میکوریزا به طور معنی‌داری میزان سطح برگ را تحت تأثیر قرار داد. بیشترین میزان سطح برگ (۱۲۰۰ سانتی‌متر مربع) در تیمارهای توام نیترات پتاسیم ۱۰ میلی مولار و ۱۰۰ گرم میکوریزا به‌دست آمد، البته با مقدار سطح برگ در تیمار ۲۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم و ۱۰۰ گرم میکوریزا اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۲). التونی و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر قارچ‌های میکوریزی را بر سطح برگ‌های *Antirrhinum majus* بررسی نمودند. این محققین نشان دادند که کاربرد کودهای میکوریزی افزایش معنی‌داری را در سطح برگ‌های *Antirrhinum majus* باعث می‌شود. این محققین اظهار داشتند که بهبود فتوسنتز گیاه، یکی از مهم‌ترین دلایل افزایش سطح برگ‌ها با کاربرد میکوریز می‌باشد. بررسی‌ها نشان داده که قارچ‌های میکوریزی فتوسنتز گیاهان را به‌طرق مختلف بهبود می‌بخشند. قارچ‌های میکوریزی جذب مواد غذایی از جمله نیتروژن و فسفر را که در فتوسنتز نقش دارند، افزایش می‌دهند (کریشنا کومار و همکاران ۲۰۱۳). از سوی دیگر قارچ‌های میکوریزی با آزادسازی هورمون‌های رشدی، فتوسنتز گیاهان را بهبود می‌بخشد (دلیان و همکاران ۲۰۱۱). ارانگو و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر سویه‌های مختلف کودهای میکوریزی را بر سطح برگ بررسی نمودند. نتایج بررسی این محققین نیز نشان داد که کاربرد کود میکوریزی افزایش معنی‌داری را در سطح برگ نعناع

فلفلی باعث شده، ولی سویه‌های مختلف کود میکوریزی بر وزن تر کل، اثر متفاوتی داشتند. گونه *Glomus intraradices* موثرترین سویه در افزایش این صفت بود. در بررسی این محققین کاربرد کود شیمیایی فسفره نیز افزایش معنی‌داری را در سطح برگ‌های نعناع فلفلی باعث شد، ولی میزان تأثیر وابسته به سویه میکوریز مورد بررسی بوده و بیشترین سطح برگ با کاربرد کود شیمیایی فسفره و گونه *Glomus intraradices* به‌دست آمد. برقعلی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی که در گیاه دارویی *Coriaria nepalensis* انجام دادند، مشاهده نمودند که کاربرد توأم کودهای شیمیایی فسفره و زیستی میکوریزی افزایش معنی‌دار بیشتری را در مقایسه با هر یک از سطح برگ‌های *Coriaria nepalensis* باعث می‌شود.



شکل ۲- مقایسه میانگین سطح برگ برای سطوح نیترات پتاسیم و میکوریزا

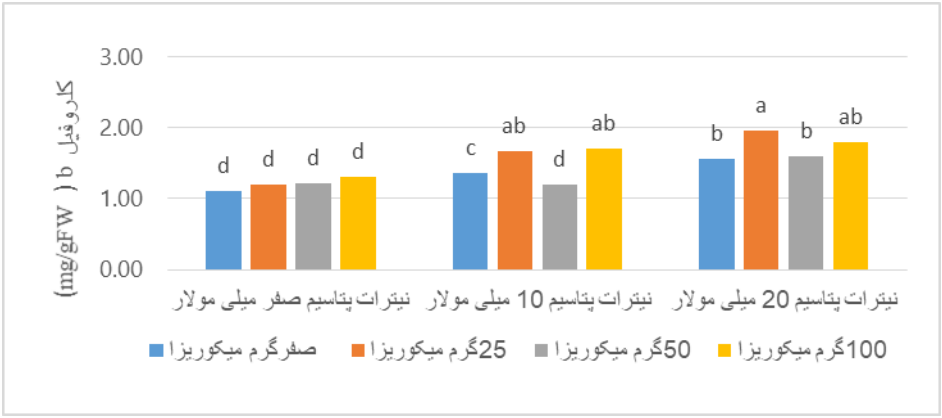
مقدار کلروفیل a و b به‌طور معنی‌داری (سطح احتمال پنج درصد) تحت تأثیر کاربرد همزمان کود نیترات پتاسیم و میکوریزا قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین میزان کلروفیل a (۴/۵۶ میلی گرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار ۱۰ و ۲۰ میلی مولار نیترات پتاسیم به همراه مصرف ۱۰۰ گرم میکوریزا بود (شکل ۳). بیشترین میزان کلروفیل b نیز مربوط به سطح ۲۰ میلی‌مولار نیترات پتاسیم همراه با کاربرد ۲۵ گرم میکوریزا بود (شکل ۴).

مطالعات نشان داده که هورمون‌های لازم برای تولید کلروفیل در گیاهان سیتوکنین‌ها و اکسین‌ها هستند و میزان این هورمون‌ها در گیاهان میکوریزی، تحت تأثیر فعالیت میکوریزها افزایش می‌یابد (کریشنا کومار و همکاران ۲۰۱۳). میکوریزها چه به‌طور مستقیم و از طریق تغییر فعالیت آنزیم و چه به‌طور غیر مستقیم از طریق افزایش جذب آب و مواد غذایی، بر فعالیت این گروه از هورمون‌ها تأثیر می‌گذارند (دلیان و همکاران ۲۰۱۱). در یک بررسی اخظری و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر تیمارهای میکوریزی را بر میزان کلروفیل گیاه *Chrysopogon zizanioides* مورد بررسی قرار دادند. این محققین نشان دادند که تیمار قارچ میکوریزی به میزان ۳۷ درصد بر محتوای کلروفیل a برگ‌های *Chrysopogon zizanioides* می‌افزاید.

قارچ میکوریزی باعث افزایش تولید کلروفیل در برگ های گیاهان می‌شود. این تیمار کود میکوریزی از طریق افزایش انرژی درونی گیاه و افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی، بر میزان تولید کلروفیل می‌افزاید (کریشنا کومار و همکاران ۲۰۱۳). اخضری و همکاران (۲۰۱۸) طی مطالعه‌ای تأثیر کاربرد کودهای میکوریزی را در گیاه *Chrysopogon zizanioides* مورد مطالعه قرار دادند. با توجه به نتایج به دست آمده از این بررسی کاربرد کودهای میکوریزی افزایش ۳۷ درصدی را در محتوای کلروفیل b در گیاه *Chrysopogon zizanioides* باعث شد. در بررسی دیگری موستاکاس و همکاران (۲۰۲۰) نیز افزایش معنی‌داری را در محتوای کلروفیل *b* در

Salvia fruticosa، با کاربرد تیمار قارچ میکوریزی به‌دست آوردند. تامیزینیان و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند که کاربرد کود زیستی میکوریزی افزایش معنی‌داری را در محتوای کلروفیل b در گیاه دارویی مورد بررسی‌شان *Coleus aromaticus* باعث شده است.

شکل ۳- مقایسه میانگین کلروفیل a برای سطوح نیترات پتاسیم و میکوریزا



شکل ۴_ مقایسه میانگین کلروفیل b برای سطوح نیترات پتاسیم و میکوریزا

میزان کارتنوییدهای برگی به‌طور معنی‌داری (سطح احتمال ۵ درصد) تحت تأثیر کاربرد سطوح نیترات پتاسیم و میکوریزا قرار گرفت (جدول ۱). بالاترین مقادیر کارتنویید در سطوح نیترات پتاسیم ۱۰ و ۲۰ میلی مولار همراه با مصرف ۱۰۰ گرم میکوریزا مشاهده شد (شکل۵).

تامیزینیان و همکاران (۲۰۰۹) طی بررسی که انجام دادند، افزایش معنی‌داری را در محتوای کاروتنوییدها در برگ‌های گیاه دارویی همیشه بهار با کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه گزارش کردند. پتاسیم فعال کننده آنزیم‌های زیادی در گیاه است و این آنزیم‌ها کاتالیزور ساخت موادی از جمله نشاسته و پروتئین هستند. پتاسیم همچنین در فتوسنتز، تنظیم اسمزی، رشد سلولی، تنظیم روزنه‌ای و نظام آبی گیاه، بارگیری هیدروکربن‌های ساخته شده در برگ به آوند آبکش و انتقال آن‌ها در گیاه، تعادل آنیون- کاتیون و به‌عنوان کاتیون همراه در انتقال نیتروژن نقش دارد (حبیب‌زاده ۲۰۱۵).

شکل ۵_ مقایسه میانگین کارتنوئیدهای برگ برای سطوح نیترات پتاسیم و میکوریزا

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، استفاده از کودهای پتاسیمی و قارچ میکوریزا توانست صفات مورفولوژیکی گیاه شیرین بیان خصوصاً بخش ریشه را بهبود ببخشد. مقدار وزن تر و خشک ریشه در گیاه دارویی شیرین بیان که مورد استفاده دارویی و غذایی دارد، با مصرف نیترات پتاسیم همراه با میکوریزا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و این نتایج، استفاده از کود نیترات پتاسیم و میکوریزا را در کاشت این گیاه توجیه و پیشنهاد می‌کند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی، خصوصاً همکاران بخش گلخانه و آزمایشگاهی مرکز، به‌خاطر همکاری صمیمانه در اجرای این پژوهش قدردانی و تشکر می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Adesemoye A and J Kloepper. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. Applied Microbial Biotechnology, 85: 1-12.

Ajeesh R, Kumar V, Santoshkumar A and Surendra A. 2015. Harnessing Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for quality seedling production. Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences, 3(6): 22-40.

Akhzari D, Kalantari N and Mahdavi SH. 2018. Studying the effects of mycorrhiza and vermicompost fertilizers on the growth and physiological traits of Vetiver Grass (*Chrysopogon zizanioides* L.). Journal of Desert, 23(1): 57-62.

Arango MC, Ruscitti MG, Ronco MG and Beltrano J. 2012. Mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus fertilizer on growth, essential oil production and nutrient uptake in peppermint (*Mentha piperita* L.). Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 14(4): 692-699.

Arnon AN. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.

Azimi R, Heshmati GA and Kianian MK. 2018. Effects of drought stress and mycorrhiza on viability and vegetative growth characteristics of *Ziziphora clinopodioides* Lam. Journal of Rangeland Science, 8: 56-67.

Bargali K and Bargali SS. 2009. Effect of phosphorus nutrition on growth and mycorrhizal dependency of *Coriaria nepalensis* seedlings. Journal of Nature and Science, 7(6): 19-24.

Bilal HM, Islam H, Adnan M, Tahir H, Zulfiqar R, Umer S and kaleem M. 2020. Effect of salinity stress on growth, yield and quality of roses: A Review. International Journal of Enviromental Sciences Resources, 25(1): 46-57.

Da Silva MF, Pescador R, Rebelo RA and Stürmer SL. 2008. The effect of arbuscular mycorrhizal fungal isolates on the development and oleoresin production of micropropagated *Zingiber officinale*. Brazilian Journal of Plant Physiology, 20(2):119-130.

Delian E, Chira A, Chira L and Săvulescu E. 2011. Arbuscular mycorrhizae: an overview. South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment, 2: 167-192.

Deshpande AN, Dhage AR , Bhalerao VP and Bansal SK. 2013. Potassium nutrition for improving yield and quality of onion. Indian Journal of Fertilisers, 9(10): 14-21.

Diagne N, Ngom M, Ibrahima Djighaly P, Fall D, Hocher V and Svistoono S. 2020. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: importance in biotic and abiotic stressed regulation. Diversity, 12: 370-381.

Ebrahimi RF, Rahdari P, Shokri Vahed H, Shahinrokhsar P and Babazadeh S. 2012. Rice response to different methods of potassium application under salinity stress condition. American-Eurasian J. Agriculture & Environ. Science, 12 (11): 1441-1445.

El-tony FE. 2020. Effect of the use of arbuscular mycorrhiza for plant growth promotion on morpho-physiological properties of *Antirrhinum majus* L. Under Salinity Stress. Acta Scientific Agriculture, 4: 139-149.

Fawzy ZF, El-Nemr MA and Saleh SA. 2007. Influence of levels and methods of potassium fertilizer application on growth and yield of eggplant. Journal of Applied Sciences Research, 3(1): 42-49.

Gavimath CC, Gourgonda AR, Prakash KE, Kadakol VM and Hooli VR. 2014. Studies on diversity and quantification of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in *Coriandrum sativum* L. AE International Journal of Science and Technology, 2: 1-7.

Gutiérrez A, Pérez-Moreno J, Hernández- Santiago F, Uscanga-Mortera E, García-Esteva A, Manuel Cetina-Alcalá V, del Rosario Cardoso-Villanueva M and Xoconostle-Cázares B. 2017. Nutrient mobilization, growth and field survival of *Pinus pringlei* inoculated with three ectomycorrhizal mushrooms. Botanical Sciences, 96 (2): 286-304.

Habibzadeh Y. 2015. Effects of phosphorus levels on dry matter production and root traits of chickpea plants in presence or absence of Arbuscular mycorrhizal fungi. Journal of Agricultural Science and Food Technology. 1(1):1-6.

Haghighi H, Sam Daliri M, Mobaser HR and Moosavi AA. 2011. Effect of different nitrogen and potassium fertilizer levels on quality and quantity yield of flue-cured tobacco (Coker 347). World Applied Sciences Journal, 15 (7): 941-946.

Hasanuzzaman M, Borhannuddin Bhuyan MHM, Nahar N, Shahadat Hossain MD, Al Mahmud J, Shahadat Hossen MD, Masud AAC, Moumita and Fujita M. 2018. Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. Agronomy, 8(31): 1-29.

Jan B, Sharif M and Khan F. 2014. Effect of Different Fungicides Application on Wheat Yield and Soil Native Status of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Pakistan Journal of Nutrition,13 (12): 735-741.

Karaarslan E, Uyanöz R and Doğu S. 2015. Morphological identification of vesicular-arbuscular mycorrhiza on bulbous plants. Archives of Biological Sciences, 67(2): 411-426.

Khadem SA, Galavi M, Ramrodi SR, Mousavi M, Rousta M and Rezvani-moghadam P. 2010. Effect of animal manure and superabsorbent polymer on corn leaf relative water content, cell membrane stability and leaf chlorophyll content under dry condition. AJCS, 4(8):642-647.

Kumar R and Chandra R. 2008. Influence of PGPR and PSB on rhizobium leguminosarum bv. viciae strain competition and symbiotic performance in Lentil. World Journal of Agricultural Sciences, 4 (3): 297-301.

Krishnakumar S, Balakrishnan N, Muthukrishnan R and Ramesh Kumar S. 2013. Myth and mystery of soil mycorrhiza: A review. African Journal of Agricultural Research. 8(38): 4706-4717.

Lu F, Lee C and Wang C. 2015. The influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on yam (Dioscorea spp.) tuber weights and secondary metabolite content. PeerJ ,3(e1266): 1-19.

Moustakas M, Bayçu G, Sperdouli I, Eroglu H and Eleftheriou EP. 2020. Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Enhances Photosynthesis in the Medicinal Herb *Salvia* fruticosa by Improving Photosystem II Photochemistry. Plants, 9(962): 1-18.

Murthy KM and Narayanappa M. 2013. Influence of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae (VAM) on Growth of Ruta graveolens – A Medicinal Plant. International Journal of Science and Research, 4(5): 897-900.

Nabi G, Rab A, Jaffar Abbas S, Farhatullah Munsif F and Hussain Shah I. 2010. Influence of different levels of potash on the quantity, quality and storage life of onion bulbs. Pakistan Journal of Botany, 42(3): 2151-2163.

Perry TW, Rhykerd CL, Holt DA and Mayo HH. 2011. Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage. Journal of Animal Science, 34: 642-646.

Pirzad A and Shokrani F. 2012. Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. Under Water Stress. World Applied Sciences Journal, 18 (9): 1203-1208.

Salih SH, Hamd SAM and Dagash MI. 2015. The Effects of Rhizobium, Mycorrhizal Inoculations and Diammonium Phosphate (DAP) on Nodulation, Growth, and Yield of Soybean. Universal Journal of Agricultural Research, 3(1): 11-14.

Shahabivand S, Padash A, Aghaee A, Nasiri Y and Fathi Rezaei P. 2018. Plant biostimulants (Funneliformis mosseae and humic substances) rather than chemical fertilizer improved biochemical responses in peppermint. Iranian Journal of Plant Physiology, 8 (2): 2333- 2344. (In Persian).

Sinha R, Valani D, Chauhan K and Agarwal S. 2014. Embarking on a second green revolution for sustainable agriculture by vermiculture biotechnology using earthworms: reviving the dreams of Sir Charles Darwin. Int J Agric Health Saf, 1:50–64.

Thamizhiniyan P, Panneerselvam M and Lenin M. 2009. Studies on the growth and biochemical activity of coleus aromaticus benth. as influenced by am fungi and azospirillum. Recent Research in Science and Technology, 1(6): 259–263.

Thapa T, Kumar U and Chakraborty B. 2015. Association and root colonization of some medicinal plants with Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Journal of Medicinal Plants Studies. 3(2): 25-35.

Vafadar F, Amooaghaie R and Otroshy M. 2014. Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus on plant growth, stevioside, NPK, and chlorophyll content of Steviarebaudiana. Journal of Plant Interactions, 9: 128-136.

Zolfaghari M, Nazeri V, Sefidkon F and Rejali F. 2013. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Plant Physiology, 3: 643-650. (In Persian).

Zubair M, Ayub G, Wazir FK, Khan M and Mahmood Z. 2006. Effect of potassium on preflowering growth of gladiolus cultivars. Journal of Agricultural and Biological Science, 1: 36-46.