Iranian Journal of Applied Ecology

بوم‌شناسی کاربردی/ سال سیزدهم / شماره دوم / ۱۴۰۳/ صفحات ۷۹ تا ۹۲

تاثیر قارچ مایکوریزا بر ماده مؤثرهٔ موسیلاژ و برخی تنظیم‌کننده‌های اسمزی گیاه گاوزبان (*Borago officinails* L.) تحت تنش آبی

علی رحیمی[1*]، شاهرخ جهانبین[2]، امین صالحی[2]، هوشنگ فرجی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۲)

چکیده

تنش آبی یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر عملکرد گیاهان است. با توجه به تأثیر بالقوه قارچ مایکوریزا بر تعدیل اثر تنش آبی بر عملکرد گیاه گاوزبان ، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی ، اجرا گردید. تنش آب به عنوان عامل اصلی در سطوح آبیاری پس از ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A و قارچ مایکوریزا به عنوان عامل فرعی در سطوح عدم کاربرد، کاربرد گونه ***Glomus mosseae*** و کاربرد گونه ***G. intraradices*** در نظر گرفته شد. برای موسیلاژ گل ، برهمکنش آبیاری و قارچ معنی‌دار بود. در سطوح آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر کاهش درصد موسیلاژ گل مشاهده گردید، اما کاربرد قارچ در این سطوح شرایط را تغییر داد و منجر به افزایش موسیلاژ شد. در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر، کاهش پرولین و قند محلول در سطوح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر در شرایط حضور قارچ مایکوریزا نسبت به عدم کاربرد قارچ مشاهده شد. بر اساس نتایج ، تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر و کاربرد قارچ ***G. mosseae*** توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گاوزبان، پرولین، تنش آب، قند محلول، مایکوریزا، موسیلاژ.

۱- بخش تحقیقات جنگلها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج، ایران

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: rahimi.ali1362@yahoo.com

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

مقدمه

گاوزبان اروپایی (*Borago officinails* L.) گیاهی یک‌ساله و از تیره Boraginaceae است که گل، برگ و یا سرشاخه‌های گلدار آن حاوی ترکیبات مختلفی نظیر موسیلاژ، تانن، ساپونین، اسانس و آلکالوئید پیرولیزیدین، ویتامین C، کلسیم و پتاسیم است که خواص درمانی متعددی داشته و در طب سنتی برای درمان ورم و التهاب، استرس، اسپاسم، سرفه و سایر مشکلات تنفسی کاربرد دارد. این گیاه همچنین دارای خاصیت گشاد کنندگی عروق و آرام‌بخش قلب است (۱۱). بذر گاوزبان حاوی اسانس و منبع خوبی از ترکیباتی مانند بتاکاروفیلن است. در میان ترپنوئیدها بتاکاروفیلن ترپنی است که در داروها و نیز به عنوان رایحه طبیعی استفاده می‌شود. این ترکیبات همچنین دارای خواص ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدان و ضد سرطان می‌باشد (۲).

در بین عوامل بازدارنده محیطی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، باغی و دارویی، تنش کمبود آب مهم‌ترین عامل کاهش تولید به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (۳۱). شناسایی زمان بحرانی و برنامه ریزی آبیاری دقیق و اساسی برای گیاه، کلیدی برای نگهداری آب، بهبود عملیات آبیاری و قابلیت تحمل گیاه به کمبود آب در کشاورزی است (۲۶). خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ رشد گیاهان است (۵)، و اثر تنش خشکی را می‌توان این گونه بیان داشت که به طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد.

وقتی پتانسیل آب در خاک کاهش می‌یابد برای ایجاد جریان آب از خاک به داخل ریشه‌ها، مهمترین مکانیسم، تنظیم اسمزی نامیده می‌شود. مواد محلولی که در تنظیم اسمزی نقش دارند، شامل یون‌های غیرآلی (مثل پتاسیم، کلسیم و کلر) یا ترکیبات غیربار‌دار آلی مثل پرولین و یا قندهای محلول هستند (۳). در سال‌های اخیر برای مقابله با کم‌آبی و تنش خشکی قارچ‌های مایکوریزای وزیکولار آربوسکولار در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است (۱۷). تاثیر مثبت این قارچ در کاهش تنش آبی در گیاهان مختلف گزارش شده است (۲۵) و (۲۰). در یک بررسی، رابطه همزیستی و تاثیر مثبت قارچ‌های مایکوریزا روی گیاه دارویی گاوزبان هندی (*Plectranthus amboinicus*) نشان داد که قارچ‌های مایکوریزا حدود ۹۲ درصد کلونیزاسیون روی ریشه این گیاه در شرایط مزرعه و گلدانی شده و موجب افزایش عملکرد گاوزبان هندی شدند (۱۸). هیف‌های قارچ مایکوریزا می‌توانند به منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند، وارد شده و باعث افزایش میزان جذب آب گردند (۳۶). قارچ‌های همزیست، مواد کربوهیدراتی را عمدتاً به شکل ساکارز از گیاه دریافت و عناصر غذایی (عمدتاً فسفر) را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (۲۲). به این ترتیب که عناصر غذایی از غشای آربوسکول از طریق حامل‌های غشایی که با شیب پروتون عمل می‌کنند، به صورت فعال در اختیار گیاه قرار گرفته و مواد کربوهیدراتی موجود در آوند آبکش گیاه، ابتدا توسط قارچ به گلوگز و فروکتوز تبدیل شده و سپس توسط حامل‌های غشایی جذب می‌گردد (۳۵). البته قارچ‌های مایکوریزا در تحقیقاتی در شرایط تنش خشکی بر میزان پرولین و سایر خصوصیات فیزیولوژیک گیاهان دارویی تاثیراتی داشته‌اند، به عنوان نمونه میزان پرولین در گیاه گوش‌خر صحرایی *Knautia arvensis* در شرایط تنش خشکی افزایش نشان داد، اما تجمع کمتری از پرولین در گیاه تلقیح شده با قارچ مایکوریزا نسبت به گیاه غیر مایکوریزایی مشاهده گردید (۷). تنش خشکی باعث افزایش قند محلول، پرولین و کاهش محتوای نسبی آب در ماش سبز (*Vigna radiate L.*) گردید، اما قارچ مایکوریزا باعث کاهش صفات مذکور شد (۳۰). در پژوهشی تنش کمبود آب در گیاه مرزنجوش *Origanum vulgare L.* میزان قند محلول را کاهش داد، در صورتی که تلقیح قارچ مایکوریزا با گیاه مرزنجوش، تاثیری بر قند محلول نداشت و گیاه تلقیح شده با قارچ مایکوریزا مقاومت بیشتری به تنش خشکی نشان داد (۲۱). موسیلاژها پلیمرهای زیستی با وزن مولکولی بالا هستند که به طور طبیعی و در چرخه رشد عادی گیاهان سنتز می‌شوند (۲۷

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

و ۳۸). موسیلاژها دارای واحدهای سازنده‌ای مانند گالاکتورونیک اسید، گلوکورونیک اسید، آرابینوز، گزیلوز، رامنوز، مانوز، گالاکتوز و گلوکز می باشند (۳۸، ۲۳ ، ۳٤ و ۱۲). مهمترین خواص دارویی موسیلاژها، خاصیت ضدسوزش آنهاست و از خاصیت جذب آب موسیلاژها، برای کاهش آب موجود در لوله گوارش (در اسهال‌های مزمن، به عنوان قابض) استفاده می‌کنند (۲۸). کودهای زیستی با تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی و تولید مواد فتوسنتزی داشته و افزایش مواد مؤثره گیاه داروئی همیشه بهار را در پی‌داشت (۱۹). قلی‌نژاد و همکاران (۲۰۱٤) دریافتند که تنش خشکی ملایم میزان درصد موسیلاژ گاوزبان را افزایش داد (۱٦). نتایج آزمایش فلاح و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد برقراری رابطه همزیستی بین اسفرزه و قارچ، اثرات منفی تنش خشکی را بر بسیاری از صفات اسفرزه *Plantago ovata* تعدیل نمود. بیشترین موسیلاژ در شرایط بدون تنش و وجود قارچ مایکوریزا به دست آمد (۱۰).

تنش کمبود آب یکی از مهم‌ترین عامل کاهش تولید گاوزبان (*B. officinails* L.) به شمار می‌رود و می‌تواند صدمات سنگینی به رشد و نمو، عملکرد و همچنین مواد مؤثرهٔ دارویی این گیاه وارد نماید و از سویی، نظر به تأثیر قارچ مایکوریزا بر تعدیل تأثیر تنش آبی و نیز با توجه با اینکه چنین تحقیقی در منطقه انجام نگرفته است، این پژوهش در منطقه بویراحمد انجام گرفت.

مـواد و روش‌ها

مشخصات طرح آزمایشی، روش کاشت و اجرا

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در منطقه بویراحمد (در ایستگاه تحقیقات کشاورزی چم‌خانی با حمایت دانشگاه یاسوج در ۱۳ کیلومتری شهر یاسوج، با طول جغرافیایی ٤۹ درجه و ۳۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۷۳٤ متر از سطح دریا)، در سه تکرار طی سال‌های ۱۳۹٤ و ۱۳۹۵ اجرا گردید.

عامل‌های آزمایش شامل تنش آب (عامل اصلی) به صورت آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر (I_{30})، آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر (I_{60})، آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر (I_{90})، آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر (I_{120}) و آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر (I_{150}) تبخیر آب از تشتک تبخیر کلاس A و قارچ مایکوریزا (عامل فرعی) در سطوح عدم کاربرد (NM(Non mycorrhiza,، کاربرد گونه گلاموس موسهآ (*Glomus mosseae*, GM) و کاربرد گونه گلاموس اینتراردیسز (*Glomus intraradices*,(GI لحاظ شد. مقادیر مختلف تبخیر از تشتک تبخیر موجود در ایستگاه کلیما یا سینوپتیک فرودگاه یاسوج در سه کیلومتری محل اجرای طرح بر اساس وضعیت اقلیمی منطقه در طی فصل رشد گیاه انتخاب و فاقد رفرنس تعیین شد. جدول (۱) نتایج تجزیه خاک را نشان می‌دهد.

پس از عملیات شخم و تهیه بستر، کرت‌هایی به ابعاد ۳×۵ متر تهیه شد. فاصله بین کرت‌های اصلی آزمایش از هم ۳ متر، کرت‌های فرعی ۱ متر و بین تکرارها نیز ۳ متر در نظر گرفته – شد. قبل از کاشت بذر گاوزبان (تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان) در تاریخ ۱۵ فروردین ماه، حدود ۷ گرم از ماده حاوی قارچ مایکوریزای تولید شده توسط کلنیک گیاه‌پزشکی ارگانیک– اسدآباد همدان، در هر حفره کاشت گاوزبان ریخته – شد (۸). بذر گاوزبان در نیمه اول فروردین و با فواصل بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر کاشته شد.

عملیات کاشت به روش دستی و به صورت جوی و پشته انجام گردید. زمان سبز شدن تا مرحله چهار الی پنج برگچه‌ای، آبیاری به فاصله هر سه روز یک‌بار انجام شد. بعد از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها (مرحله سه برگچه‌ای)، تنک‌کردن مزرعه و کنترل علف‌های هرز با استفاده از وجین دستی انجام گرفت. سپس سطوح آبیاری با استفاده از کنتور آب اعمال گردید.

اولین زمان برداشت گل از گیاه گاوزبان در تاریخ ۱٤ خرداد ماه انجام گرفت و آخرین زمان برداشت گل این گیاه در تاریخ ۷ تیر ماه بود. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک محل آزمایش قبل از کشت گاوزبان در عمق ۳۰-۰ سانتیمتر

مشخصات	واحد	اندازه	مشخصات	واحد	اندازه
رطوبت اشباع خاک (Sp)	درصد	۳٦	منگنز قابل جذب	ppm	۱٤/٤
هدایت الکتریکی	dS/m	۰/٤	آهن قابل جذب	ppm	۱۳
اسیدیته کل اشباع (pH)	–	۷/۹	روی قابل جذب	ppm	۰/۷
مواد خنثی شونده T.N.V	درصد	٤۷	رس	درصد	۲٦
درصد کربن آلی	درصد	۰/۹	سیلت	درصد	٤٦
نیتروژن کل	درصد	۰/۰۹	شن	درصد	۲۸
فسفر قابل جذب	ppm	۱۰	بافت خاک	-	لومی
پتاسیم قابل جذب	ppm	۲۰٦			
مس قابل جذب	ppm	۲٦			

شد. تبخیر روزانه از تشتک تبخیر اندازه‌گیری و بر اساس ضریب تشتک و ضریب گیاهی، میزان آب مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری تعیین گردید. آبیاری کرت‌ها توسط لوله‌های پلی‌اتیلن و حجم آب ورودی به کرت‌ها با کنتور آب کنترل شد (زمان آبیاری بر اساس تیمارهای در نظر گرفته شده و مقدار آب آبیاری در هر نوبت از طریق فرمول های زیر تعیین شد).

محاسبۀ میزان آب آبیاری با استفاده از ضرایب مربوطه زیر بدست آمد (۲٤).

میزان تبخیرتعرق پتانسیل با رابطۀ ۱ محاسبه شد:

$$ETo=Kpan(EP) \quad \text{(رابطۀ ۱)}$$

ETo تبخیرتعرق پتانسیل، Kpan ضریب تشت، و EP میزان تبخیر از تشت در یک دورۀ زمانی مشخص است.

میزان تبخیرتعرق گیاه با رابطۀ ۲ محاسبه شد:

$$ET = Kc.\ ETo \quad \text{(رابطۀ ۲)}$$

ET تبخیرتعرق گیاه مورد نظر و Kc ضریب گیاهی است.

میزان حجم آبیاری برای هر کرت با رابطۀ ۳ محاسبه شد:

$$VT = ETo.A \quad \text{(رابطۀ ۳)}$$

VT حجم آب آبیاری (m^3) و A مساحت هر کرت (m^2) است.

تهیه عصاره الکلی از برگ‌ها جهت اندازه‌گیری میزان پرولین و قندهای محلول

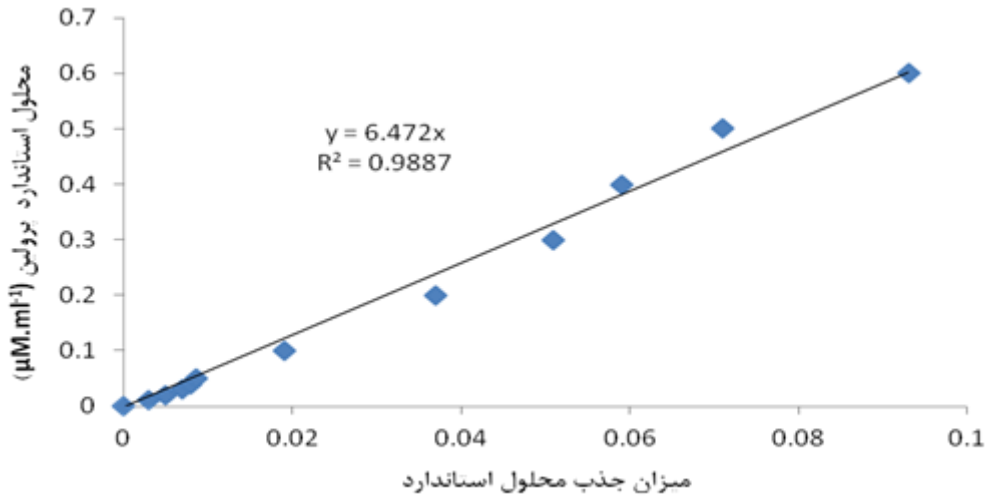
در زمان گلدهی، جهت اندازه‌گیری میزان پرولین و قندهای محلول، ابتدا عصاره الکلی از برگ‌ها در مرحله گلدهی تهیه شد. بدین منظور ابتدا ۰/۵ گرم از بافت برگ تر (نگهداری شده در فریزر با دمای۲٤- درجه سانتی‌گراد) انتخاب شد و در هاون کاملا له گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد به آن اضافه شد و به لوله آزمایش درب‌دار منتقل و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس (به شدت تکان داده شد) گردید. در مرحله بعد مایع رویی جدا و به لوله درب‌دار با حجم ۲۰ سی‌سی منتقل شد. سپس دو مرتبه و هر بار ۵ میلی‌لیتر اتانول۷۰ درصد به بخش جامد باقی‌مانده اضافه و کاملا شستشو گردید. در ادامه، بخش رویی به لوله آزمایش منتقل شد. در نهایت ۱۵ میلی‌لیتر از عصاره به دست آمده، با سانتریفیوژ ۳۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس فاز مایع بالایی به دقت جدا و به یخچالی با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید (۲۹).

اندازه گیری محتوای پرولین برگ

برای اندازه‌گیری محتوای پرولین از روش پاکوئین و لچاژر (۱۹۷۹) استفاده شد (۲۹). بدین منظور ابتدا به تعداد تیمارها، لوله‌های آزمایش درب‌دار به ظرفیت ۵۰ میلی‌لیتر تهیه گردید. در مرحله بعد، ۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی انتخاب گردید و به

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]



شکل ۱. منحنی استاندارد پرولین

لوله‌های مذکور منتقل شد و ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر شده به آن اضافه گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر نین‌هیدرین به نمونه‌ها اضافه شد. برای تهیه نین‌هیدرین به ازاء هر نمونه، ۰/۱۲۵ گرم نین هیدرین به در ۲ میلی‌لیتر اسید فسفوریک ٦ مولار و ۳ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال ۹۹/۹ درصد اضافه و به مدت ١٦ ساعت با همزن مگنت‌دار به هم زده شد تا کاملا حل گردد. بعد از آن، ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به هر نمونه اضافه گردید و نمونه‌ها داخل حمام آب جوش (بن‌ماری) به مدت ٤٥ دقیقه قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها از حمام خارج شد و در دمای محیط خنک گردید. بعد از آن، به هر نمونه ۱۰ میلی‌لیتر بنزن اضافه گردید و به شدت تکان داده شد تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها سپس به مدت نیم ساعت به حال سکون قرار داده شدند و پس از این مرحله، میزان جذب نور نمونه‌ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر مدل UV/VIS 911 قرائت گردید.

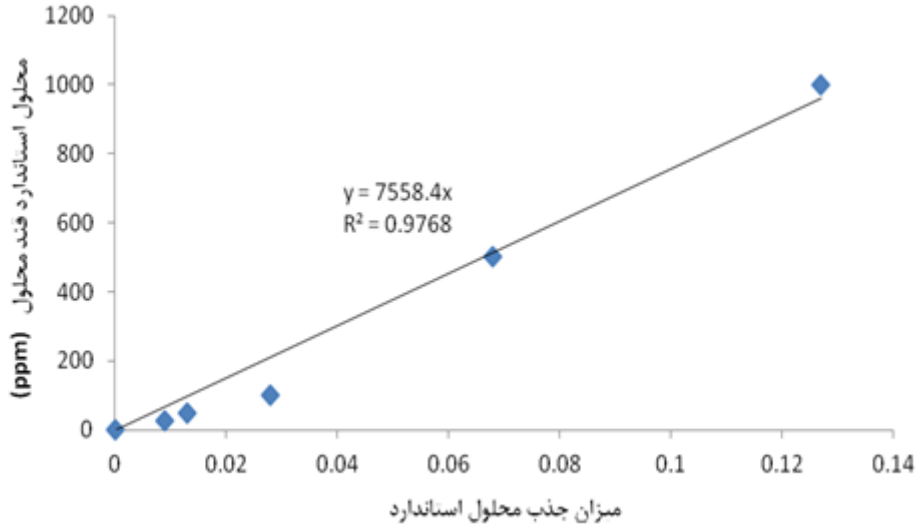
قبل از انجام قرائت جذب نور، استانداردهائی از پرولین (ال- پرولین L- Proline) با غلظتهای ۰، ۰/۰۲، ۰/۰٤، ۰/۰٦، ۰/۰۸، ۰/۱، ۰/۲، ۰/٤، ۰/٦، ۰/۸ و ۱ میکرومول بر میلی‌لیتر با توجه به وزن مولکولی آن تهیه شد (وزن مولکولی ال- پرولین برابر ۱۱۵/۱۳ گرم بر مول می‌باشد). سپس محلول یک میلی‌مولار از پرولین تهیه شد (محلول مادر) و در ادامه، ۱۱۵/۱۳ میلی‌گرم پرولین در یک لیتر آب دو بار تقطیر شده، حل گردید. باید توجه کرد که ال- پرولین در آب کاملا حل می‌شود. بدین ترتیب یک میلی‌لیتر از محلول یک میلی‌مولار مادر معادل یک میکرومول بر میلی‌لیتر می‌باشد. کلیه عملیاتی که روی نمونه‌ها انجام گردید، روی استانداردها نیز انجام شد. سپس منحنی کالیبراسیون رسم گردید (شکل ۱) و میزان پرولین آزاد نمونه‌ها بر اساس میکرومول بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد (۲۹).

اندازه گیری محتوای کل قندهای محلول برگ

بدین صورت که ابتدا به تعداد تیمارهای آزمایش، لوله‌های آزمایشی درب‌دار انتخاب گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی داخل لوله‌های آزمایش ریخته شد. مجددا ۳ میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده به آن اضافه گردید و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. برای تهیه آنترون، ۱۵۰ میلی‌گرم آنترون در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد (W/W) حل شد. آنترون با توجه به تعداد نمونه‌ها به صورت تازه در هر روز تهیه گردید. پس از خنک شدن نمونه‌ها در محیط آزمایشگاه، میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ٦٢٥ نانومتر با اسپکتروفتومتر مدل UV/VIS 911 قرائت گردید. قبل

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]



شکل ۲. منحنی استاندارد قند محلول

از انجام قرائت، استانداردهایی از گلوکز با غلظت‌های ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام تهیه گردید و کلیه مراحل مذکور روی آنها نیز انجام شد. سپس منحنی کالیبراسیون با استفاده از گلوکز رسم شد (شکل ۲) و میزان قندهای محلول نمونه‌ها بر اساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه گردید (۲۹).

اندازه گیری محتوای موسیلاژ گل

به منظور تعیین درصد موسیلاژ، ۵ گرم از ماده خشک گیاهی آسیاب شده (گل خشک گاوزبان) را در بشر ریخته و ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به آن افزوده و ۲٤ ساعت در یخچال نگهداری شد. ۵۰ میلی لیتر از این مایع صاف شده و ۱۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد به آن اضافه کرده و دوباره ۲٤ ساعت نگهداری شد تا موسیلاژ موجود به صورت رسوب درآمد. پس از این مدت بر روی کاغذ صافی که قبلاً وزن شده بود صاف گردید و پس از خشک شدن در حرارت ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، کاغذ صافی را وزن کرده و از روی اختلاف وزن کاغذ صافی تر و خشک وزن موسیلاژ، درصد و عملکرد موسیلاژ محاسبه گردید (۳۳).

۱۰۰/ درصد موسیلاژ گل×عملکرد گل= عملکرد موسیلاژ گل

محاسبات آماری و نرم افزارهای مورد استفاده در آزمایش

جهت تحلیل آماری از نرم افزارهای MSTATC, version 8.1 و SAS version 9.21، برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LS. Means استفاده شد. قبل از تجزیه آماری داده‌ها، آزمون بارتلت برای تمام صفات مورد بررسی گاوزبان انجام گرفت و به دلیل عدم معناداری نتایج این آنالیز، از تجزیه واریانس مرکب باستفاده شد. به دلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل تنش آب و قارچ مایکوریزا بر خصوصیات مورد بررسی گاوزبان، برش‌دهی انجام گرفت.

نتایج و بحث

محتوای پرولین برگ: تغییر معنی‌داری در تنظیم کننده‌های اسمزی گاوزبان (پرولین و قندهای محلول) طی دو سال کشت مشاهده نگردید. برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر پرولین گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). جدول برش‌دهی (جدول ۳) نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر قارچ

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]
[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

مایکوریزا بر پرولین گاوزبان در برخی سطوح آبیاری بود. بر اساس جدول مقایسه میانگین (جدول ٤)، تیمارهای $I_{30}GM$ و

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر سال، تنش آب و قارچ مایکوریزا بر خصوصیات گاوزبان

منابع تغییرات		میانگین مربعات			
	درجه آزادی	درصد موسیلاژ	وزن موسیلاز	پرولین	قند محلول
سال	۱	٤/۷۲٤ ns	۰/۲۷٤ ns	۰/۰٤۰ ns	۰/۰۱۲ ns
تکرار در سال	٤	۱/٤۱۸	۰/۳۰۷	۱۱۱/۰۷۸	۱۷۵/۹۸۳
آبیاری	٤	۲٤/۸٤٦**	۱۱/۹۸٦**	۱٦۸٦۹/۷۱۵**	۳۷٦٤/۰۷۳**
سال × آبیاری	٤	۲/۷٤۳ ns	۰/۰۱٤ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۳۰ ns
خطای a	۱٦	۱/٤۲٤	۰/۱۵۸	٦/۸٤۰	۳۹/۷۰۲
قارچ مایکوریزا	۲	۱/۵۳۷ ns	۱/٦۸۷**	۳۲۷۳/۸۸۰**	۳۳/۰۲۲**
سال × قارچ مایکوریزا	۲	۱/۵٤۵ ns	۰/۰۲۳ ns	۰/۰۱۱ ns	۰/۰۳۰ ns
آبیاری × قارچ مایکوریزا	۸	۲/۰۵۲**	۰/۱۱٤**	۱٤۷٤/۰۲۱**	٤۵/۰۳۸**
سال× آبیاری × مایکوریزا	۸	۱/۱۲۸ ns	۰/۰۲۲ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۲ns
خطایb	٤۰	۲/۲۲۳	۰/۱۵۳	۱/۰۰۱	۱/۹۱٤
ضریب تغییرات (درصد)		۲۵/٦۹۰	۱۳/۹۰۱	۲/٤۵۱	٤/۵۰۲

ns، **، *، به ترتیب عدم‌معنی‌داری، معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

جدول ۳. میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس برش‌دهی اثر قارچ مایکوریزا در هر سطح آبیاری بر خصوصیات گاوزبان

سطوح آبیاری	درجه آزادی	درصد موسیلاژ	وزن موسیلاز	پرولین	قند محلول
I_{30}	۲	۰/۲٤٤ns	۰/۸۹۲۸ns	۰/۹۲۲۷ns	۰/۲۷۷ns
I_{60}	۲	۰/۰۳۰ns	۰/۹۲٦ns	۱٦٤/۱٤۷*	۱۲٦/٦۹۸**
I_{90}	۲	۱/۸٦۲*	۱۹/۳۱٦**	۸۰/۵۸۳**	۱۱۲/۸۷۵**
I_{120}	۲	۱/۲۱۰*	۱۲/٦۹۹**	۱٤۳/۱۰۰**	۱۳۲/۲۵۹**
I_{150}	۲	٦/۳۹۹*	۱۰/۱۳۵**	۸۷۸۱/۲۱۰**	۳٤۱/۰۷۳**

ns، **، *، به ترتیب عدم‌معنی‌داری، معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد می‌باشند.

$I_{30}GI$ نسبت به تیمار $I_{30}NM$ موجب تغییر معنی‌دار پرولین گاوزبان نشدند، اما در سطوح دیگر آبیاری (آبیاری پس از ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر)، کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا موجب کاهش معنی‌دار (۳۵/۳۲ و ۲۹/۹۱ درصد)، (۱۸/۳۲ و ۱٦/۲۱ درصد)، (۲۰/۲۳ و ۱۵/۹۵ درصد) و (٤۹/۵ و ٤٦/۹٦ درصد) پرولین شدند.

در هر سطحی آبیاری که تنش کمبود آب برای گیاه گاوزبان ایجاد شده، گیاه بایستی پتانسیل آب درونی را نسبت به پتانسیل آب خاک کاهش دهد تا شیب پتانسیل آب جهت جذب آب به درون گیاه فراهم شود و این عمل را با استفاده از تجمیع تنظیم‌کننده اسمزی پرولین در ریشه‌های خود انجام می‌دهد که باعث کاهش پتانسیل اسمزی و کاهش پتانسیل آب درونی می‌شود و در نتیجه شیب پتانسیل آب برقرار می‌گردد، در حالی‌که، کاربرد قارچ مایکوریزا باعث کاهش اثرات منفی تنش آب و موجب کاهش پرولین گیاه در شرایط تنش آب گردید. پس از رویش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

اسپورهای قارچی و گسترش آن‌ها در ریزوسفر بخشی از ریسه‌ها وارد سامانه ریشه گیاه شده و این عمل می‌تواند سبب گسترش

جدول ٤. برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر پرولین (µg/gfw) گاوزبان

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	میانگین
I_{30}	۱۷/۲۰٦ a	۱٦/٤۷٦ a	۱۷/۰۹۰ a	۱٦/۹۲٤ c
I_{60}	۲۷/٤۸٦ a	۱۷/۷۷۳ b	۱۹/۲٦٦ b	۲۱/۵۰۸ c
I_{90}	۳٦/۵٦٦ a	۲۹/۸۷۳ b	۳۰/٦۳۳ b	۳۲/۳۵۷ b
I_{120}	٤۵/۷٦٦ a	۳٦/۵۰۰ b	۳۸/٤٦۰ b	٤۰/۲٤۲ b
I_{150}	۱۳۷/۲۲٦ a	٦۹/۲۹٦ b	۷۲/۷۷۰ b	۹۳/۰۹۷ a
میانگین	۵۲/۸۵۰ a	۳۳/۹۸٤ b	۳۵/٦٤٤ b	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند

سامانه ریشه‌ای و افزایش جذب آب گردد. این فرآیندمی تواند موجب افزایش میزان آب در گیاه و کاهش پرولین شود. هنگامی که میزان پرولین گاوزبان با کاربرد قارچ مایکوریزا در شرایط تنش آب کاهش یابد، رنگیزه‌های فتوسنتزی کلروفیل و کاروتنوئید، شاخص سطح برگ و عملکرد گل و دانه گیاه افزایش می‌یابد. البته یک مطالعه نشان داد که تنش آب باعث افزایش پرولین آویشن می شود (٦). همچنین تنش خشکی باعث افزایش پرولین در گیاه ماش سبز *(V. radiate L.)* گردید، اما قارچ مایکوریزا باعث کاهش صفات مذکور شد (۳۰). گیاهان همزیست با قارچ مایکوریزا با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون مایکوریزا، قادرند شرایط تنش خشکی را به طور موقت تحمل کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه میزان پرولین و قندهای محلول نسبت به گیاهان بدون مایکوریزا افزایش کمتری را نشان می‌دهد (۳۲). نتایج مطالعه ای دیگر نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، میزان پرولین برگ تره فرنگی و دو توده تره ایرانی افزایش یافت، ولی میزان پرولین در گیاهان مایکوریزایی کمتر بود که می‌تواند به دلیل کاهش تنش توسط قارچ مایکوریزا در گیاه باشد (١٤). در پژوهشی دیگر، میزان پرولین در گیاه گوش‌خر صحرایی *K. arvensis* در پاسخ به شرایط تنش خشکی افزایش نشان داد، اما تجمع کمتری از پرولین در گیاه تلقیح شده با قارچ مایکوریزا نسبت به گیاه غیر مایکوریزایی بود (۷).

محتوای کل قندهای محلول برگ: قندهای محلول نیز به عنوان یکی از مواد اسمزی نقش چشمگیری در ثبات غشاهای سلولی و حفظ تورژسانس سلول‌ها دارند. در حقیقت، در گیاهانی که قندهای محلول در پاسخ به تنش خشکی تجمع می‌یابند، تنظیم اسمزی بهتر صورت می‌گیرد. جدول (۲) نشان دهنده معنی‌دار بودن برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر قندهای محلول گیاه است. جدول برش‌دهی (جدول ۳) نشان می‌دهد که قارچ مایکوریزا بر قندهای محلول گاوزبان در سطوح مختلف آبیاری اثر معنی‌داری دارد. طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۵)، کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در سطوح آبیاری پس از ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا در آن سطوح موجب تغییر و کاهش معنی‌دار قندهای محلول (۳۱/۸۸ و ۲۹/۲۲ درصد)، (۲۵/۰۹ و ۲۰/۵٦ درصد)، (۲۰/۳۵ و ۱۲/۹۲ ۱۲) و (۲۲/۹۲ و ۲۱/۱۱ درصد) گاوزبان شدند.

جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان از کاهش قندهای محلول گیاه توسط قارچ مایکوریزا در هر سطح آبیاری که تنش

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

کمبود آب برای گیاه گاوزبان ایجاد شده، دارد. هیف‌های قارچ مایکوریزا می‌توانند به منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده

جدول ۵. برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر قندهای محلول (mg/gfw) گاوزبان

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			میانگین
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	
I_{30}	۱۴/۹۴۶ a	۱۴/۶۸۶ a	۱۵/۱۱۳ a	۱۴/۹۱۵ d
I_{60}	۲۵/۹۷۳ a	۱۷/۶۹۳ b	۱۸/۳۸۰ b	۲۰/۶۸۲ c
I_{90}	۳۲/۴۴۰ a	۲۴/۳۰۰ b	۲۵/۷۷۳ b	۲۷/۵۰۴ c
I_{120}	۴۵/۲۰۶ a	۳۵/۹۲۰ b	۳۹/۳۶۰ b	۴۰/۱۶۲ b
I_{150}	۵۹/۰۶۰ a	۴۵/۴۸۰ b	۴۶/۵۹۳ b	۵۰/۳۷۷ a
میانگین	۳۵/۵۲۵ a	۲۷/۶۱۶ b	۲۹/۰۴۴ b	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means (آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) در سطح احتمال ۵ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (I_{30}).

قادر به نفوذ در آنها نیستند وارد شده و باعث افزایش میزان جذب آب گردند و نتیجتا موجب کاهش قندهای محلول گاوزبان شوند و زمانی‌که میزان قندهای محلول گاوزبان با کاربرد قارچ مایکوریزا در شرایط تنش آب کاهش یافت، عملکرد گل گیاه افزایش یافت. نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد که با افزایش تنش خشکی، میزان کربوهیدارت گیاه گشنیز، به طور معنی‌داری افزایش یافت (۱) و بالا رفتن سطح تنش خشکی بر میزان کربوهیدرات در بافت سبز برگ گیاه دارویی بابونه افزود، که می تواند باعث افزایش مقاومت به خشکی شود (۳). همچنین در یک بررسی دیگر، با افزایش سطح تنش خشکی، قندهای محلول گیاه دارویی همیشه بهار *Calendula officinalis* L. افزایش یافت (۹). در حالی‌که تنش خشکی باعث افزایش قند محلول، پرولین و کاهش محتوای آب نسبی در ماش سبز *(V. radiate* L.*)* گردید، اما قارچ مایکوریزا باعث کاهش صفات مذکور شد (۳۰) که این مورد با نتایج این بررسی مطابقت می‌نماید.

محتوای موسیلاژ گل: درصد و عملکرد موسیلاژ گل گاوزبان طی دو سال آزمایش معنی‌دار نگردید. معنی‌دار بودن صفات مذکور در اثر آبیاری قابل ملاحظه است، درحالی‌که اثر قارچ مایکوریزا بر درصد موسیلاژ گل گیاه معنی‌دار نشد، اما بر عملکرد موسیلاژ گل معنی‌دار شد. برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا بر درصد موسیلاژ گل گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). جدول برش‌دهی (جدول ۳) نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر قارچ مایکوریزا بر درصد موسیلاژ گل گاوزبان در برخی سطوح آبیاری در سطح یک درصد بود. جدول مقایسه میانگین (جدول ٦)، نشان دهنده افزایش معنی‌دار درصد موسیلاژ گیاه (۱۹/٦۵ و ۱۴/۱ درصد) و (٦۲/۲۴ و ۵۷/۲۸ درصد) توسط کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا در سطوح آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر بود. نتایج بیانگر آن بود که در این سطوح آبیاری که تنش کمبود آب برای گیاه گاوزبان ایجاد شده، کاربرد قارچ مایکوریزا می‌تواند با افزایش میزان جذب آب در واحد زمان و در واحد طول ریشه باعث افزایش محتوای نسبی و پتانسیل آب برگ و کلروفیل گیاه و متعاقبا با افزایش سرعت مصرف دی‌اکسیدکربن و تولید مواد فتوسنتزی شود. این موضوع احتمالا موجب کاهش اثرات منفی تنش آب و نتیجتا موجب افزایش درصد موسیلاژ گل گیاه در شرایط تنش آب گردد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش آبیاری و قارچ

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

مایکوریزا بر عملکرد موسیلاژ گل گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). جدول برش‌دهی (جدول ۳) نشان

جدول ٦. برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بردرصد موسیلاژ گاوزبان

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	میانگین
I_{30}	٦/٤٨٠ a	٦/٧٠٨ a	٦/٨٨٢ a	٦/٦٩٠ a
I_{60}	٦/٧٣٢ a	٦/٧٤٠ a	٦/٦١٣ a	٦/٦٩٥ a
I_{90}	٧/١٤٢a	٦/٣٨٥ b	٦/٠٥٥ b	٦/٥٢٧ a
I_{120}	٤/٤٣٢ b	٥/٣٠٣ a	٥/٠٥٥ a	٤/٩٣٠ b
I_{150}	٢/٩٨٥ b	٤/٨٤٣ a	٤/٦٩٥ a	٤/١٧٤ b
میانگین	٥/٥٥٤ a	٥/٩٩٦ a	٥/٨٦٠ a	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means در سطح احتمال ٥ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند. (I30) آبیاری پس از ۳۰ میلی‌متر، (I60) آبیاری پس از ٦۰ میلی‌متر، (I90) آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر، (I120) آبیاری پس از ۱۲۰میلی‌متر و (I150) آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر.

جدول ۷. برهمکنش تنش آب و قارچ مایکوریزا بر عملکرد موسیلاژ گاوزبان (Kg/ha)

سطوح آبیاری	قارچ مایکوریزا			
	عدم کاربرد مایکوریزا	گونه *G. mosseae*	گونه *G. intraradices*	میانگین
I_{30}	١١/٨٢ a	١٢/٥٧a	١٢/٣٥a	١٢/٢٤ a
I_{60}	١٠/٤٣ a	١٢/٦٠a	١٢/١٦a	١١/٧٣ a
I_{90}	٧/٨٤ b	١١/٣٥a	١٠/٢٦a	٩/٨١ b
I_{120}	٢/٨٦b	٥/٤٦ a	٥/٢٩ a	٤/٥٤ c
I_{150}	١/١٠b	٣/٤٨a	٣/٢٠ a	٢/٥٩ c
میانگین	٦/٨١ b	٩/٠٩ a	٨/٦٥ a	

در هر سطح آبیاری میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند، بر اساس آزمون LS. Means در سطح احتمال ٥ درصد با همدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

دهنده معنی‌دار بودن اثر قارچ مایکوریزا بر عملکرد موسیلاژ گل گاوزبان در برخی سطوح آبیاری بود. جدول مقایسه میانگین (جدول ۷) نشان داد که در سطوحی از آبیاری (آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) کاربرد قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به عدم کاربرد قارچ مایکوریزا در آن سطوح، موجب تغییر معنی‌دار و افزایش عملکرد موسیلاژ گل (٤٤/٧٧ و ٣٠/٨٦ درصد)، (٩٠/٩ و ٨٤/٩٦ درصد) و (٢١٦/٣٣ و ١٩٠/٩ درصد) شدند. نتایج نشان دهنده تعدیل تنش آب در برخی سطوح آبیاری به همراه کاربرد قارچ مایکوریزا بود که احتمالا با افزایش میزان جذب آب توسط ریسه‌های خود و تنظیم هورمون‌های گیاهی (کاهش غلظت اسید آبسیزیک در ریشه‌ها و افزایش میزان سیتوکینین گیاه)، باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل برگ و شاخص سطح برگ و افزایش تولید مواد فتوسنتزی گیاه گردیده و متعاقبا باعث افزایش عملکرد موسیلاژ گل گاوزبان شده است. در مطالعه ای نشان داده شد که اثر فواصل آبیاری بر

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

درصد موسیلاژ گیاه اسفرزه *Plantago ovata* معنی‌دار بود (۱۵). بیشترین و کمترین درصد موسیلاژ گیاه اسفرزه به ترتیب با آبیاری ۷ و ۱۴ روز به دست آمد. در پژوهشی دیگر مشخص گردید که در تنش خشکی ملایم بر درصد موسیلاژ گاوزبان افزوده شد (۱۶) که با نتایج این بررسی مطابقت می‌نماید و سطح تنش خشکی ملایم در این بررسی (آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) بر درصد موسیلاژ گاوزبان افزود، اما مکانیسم آن ناشناخته باقی مانده است، اما تنش کمبود آب شدید (آبیاری پس ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) احتمالا به دلیل کاهش میزان جذب آب گیاه، محتوای نسبی آب برگ، کلروفیل برگ و شاخص سطح برگ و نتیجتا کاهش تولید مواد فتوسنتزی، متعاقبا کاهش موسیلاژ گل گاوزبان را در پی داشته است، در حالی‌که قارچ‌های مایکوریزا در شرایط تنش کمبود آب شدید (آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر) ممکن است با تنظیم هورمون‌های گیاهی و افزایش میزان جذب آب گیاه و محتوای نسبی آب برگ، نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و موجب افزایش مواد مؤثره گیاه دارویی گاوزبان شود.نتایج مطالعه ای دیگر نیز نشان داد که برقراری رابطه همزیستی بین اسفرزه *P. ovata* و قارچ مایکوریزا اثرات منفی تنش خشکی را بر بسیاری از صفات اسفرزه تعدیل نمود (۱۰). بیشترین موسیلاژ در شرایط بدون تنش و وجود قارچ مایکوریزا به دست آمد. همچنین نتیجه یک پژوهش دیگر نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و قارچ مایکوریزا بر تولید موسیلاژ اسفرزه *P. ovata* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (۱۳) و مایکوریزا در شرایط بدون تنش خشکی موجب افزایش بیشتر موسیلاژ گردید که با نتایج این مطالعه حاضر همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

اثر سال بر هیچ یک از ویژگی های مورد مطالعه گیاه دارویی گاوزبان معنی‌دار نبود. برای موسیلاژ گل که ماده مؤثره گاوزبان است، برهمکنش آبیاری و قارچ مایکوریزا معنی‌دار بود و در سطوح آبیاری پس از ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر که تنش آبی شدید ایجاد شد و باعث کاهش درصد موسیلاژ گل گردید، اما کاربرد قارچ مایکوریزا در این سطوح شرایط را تغییر داد و منجر به افزایش درصد موسیلاژ گیاه شد. در سطوح آبیاری پس از ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر که تنش کمبود آب برای گاوزبان ایجاد شد، کاهش پرولین و قند محلول گاوزبان در سطوح آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر در شرایط حضور قارچ مایکوریزا نسبت به عدم کاربرد قارچ حاصل شد. بنابراین بر اساس نتایج این بررسی، تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر آب از تشتک تبخیر و کاربرد قارچ مایکوریزای *G. mosseae* توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی

در پایان از همکاری دانشگاه یاسوج، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد و حفاظت محیط زیست کهگیلویه و بویراحمد بخاطر فراهم نمودن بستر مناسب برای پیشبرد پژوهش اخیر از جمله زمین کشت آزمایش و استفاده از آزمایشگاهها تقدیر بعمل می‌آید.

منابع

1-Ahmadian, A. and Nourzad, S., 2014. Effect of water stress and harvesting stages on quantitative and qualitative yields of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in the conditions of Torbat Haidaria. *Journal of Agricultural Ecology*, 6 (1): 141-130. (In Persian).

2-Ali, A. F., 2001. Response of marigold (*Calendula officiualis* L.) plants to some rock phosphate source and yeast. 5th Arabian Horticulture Conference, Ismalia, Egypt, 30-42.

3-Arazmjo, A., Heidari, M., Ghanbari, A., Siahsar, B. and Ahmadian, A., 2010. Effects of three types of

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

fertilizers on essential oil, photosynthetic pigments, and osmoregulators in chamomile under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 3(1): 23-33. (In Persian).

3-Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M. R. and Salimi, G., 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologia Bratislava, 19: 324-328.

4-Anjum Sh. A., Xie, X.Y., Wang, Ch, L., Saleem, M. F., Man, Ch. and Lei, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2026-2032.

5-Bagheri, N., Athakhi, Sh. and Razavizadeh, R., 2020. Investigating the effect of silicon on some morphological and physiological indicators and the expression of betaine aldehyde dehydrogenase and proline 5-carboxylate synthetase genes in Iranian borage medicinal plant under drought stress. *Plant Biological Sciences*, 12(1), 85-106.

6-Bahreininejad, B., Razmjooa, J. and Mirzab, M., 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. *International Journal of Plant Production*, 7(1): 151-166.

7-Doubková, P., Vlasáková, E. and Sudová, R. 2013. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates drought stress imposed on *Knautia arvensis* plants in serpentine soil. *Plant and Soil*, 37 (1): 149-161.

8-Enteshari, S. H and Hajihashemi, F., 2010. Effect of two arbuscular mycorrhizal fungi species on root nodulation and amounts of some elements in soyabean on salt stress condition, *Journal of Plant Protection*, 24(3): 315-323. (In Persian).

9-Jafarzadeh, L., Omidi, H., and Bostani, A. A., 2014. The study of drought stress and Bio fertilizer of nitrogen on some biochemical traits of Marigold medicinal plant (*Calendula officinalis* L.). *Plant Research Journal (Iranian Biology Journal)*, 2f: 180-193. (In Persian).

10-Fallah, S., Raisi, F. and Ghasemi, K., 2012. The effect of mycorrhizal symbiosis and different nitrogen sources on the quantitative and qualitative characteristics of safflower under drought stress. Master's thesis, Shahrekord University. Shahrekord, Iran.

11-Farhadi, R. and Balashahri, M. S., 2012. Pharmacology of Borage (*Borago officinalis* L.) medicinal plant. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3(2): 73-77.

12-Fekri, N., Khayami, M., Heidari, R. and Javadi, M. A., 2008. Isolation and identification of monosaccharide of Mucilage in Dragon's head by thin layer chromatography. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 24(2): 207-216. (In Persian).

13-Ghasemi, K. and Fallah, S. A., 2014. Effect of drought stress and different fertilizers on efficiency of water consumption and biomass of *Plantago ovata*. *Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences)*, 28(3): 501-510. (In Persian).

14-Ghasem Jokar, N., Nadian, H. A., Khalil Moghaddam, B., Heidary, M. and Gharineh, M. H., 2015. Influence of mycorrhizal symbiosis on growth and proline content in Leek (*Allium porrum* L.) and two genotypes of persian Leek (*Allium ampeloprasum ssp. persicum* L.) under drought stress. *Journal of Plant Production*, 38(1): 15-26. (In Persian).

15-Ghasemi Siani E., Fallah, S. and Tadayyon, A., 2011. Study on yield and seed quality of Plantago ovata Forssk., under different nitrogen treatments and deficit irrigation. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(3): 517- 528. (In Persian).

16-Gholinegad, R., Sirousmehr, A. R. and Fakheri, B., 2014. Effect of drought dtress and organic fertilizer on activity of aome antioxidant enzymes, photosynthetic pigments, proline and yield of Borage (*Borago officinalis* L). *Journal of Horticultural Science*,28(3): 338-346. (In Persian).

17- Gogoi, P. and Singh, R. K., 2011. Different effect of some arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Piper longum* L. (Piperaceae). *Indian Journal of Sciences and Technology*, 4(2): 119- 125.

18-Hemalatha, M. and Selvaraj, T., 2003. Association of AM fungi with Indian borage (*Plectranthus amboinicus*) and its influence on growth and biomass production. *Mycorrhiza News*, 15(1): 18-21.

19-Hosini Mazinani, S. M. and Hadipur, A. R., 2012. Improving the quantitative and qualitative performance of the medicinal plant Ca.lendula officinalis L. by using biofertilizers. *Quarterly Journal of Medicinal Plants*, 15 (2): 91-83.

20-Karagiannidis, N., Thomidis, T., Panou-Filotheou, E. and Karagiannidis, C. H., 2012. Response of three mint and two Oregano species to *Glomus etunicatum* inoculation. *Australian Journal of Crop Sciences*,

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

6(1): 164- 169.
21-Khalil, S. S. and Noemani, A. S. A. 2015. Effect of bio-fertilizers on growth, yield, water relations, photosynthetic pigments and carbohydrates contents of *Origanum vulgare* L. plants grown under water stress conditions, *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 9(4): 60-73.
22-Marulanda, A. and Barea, G. M. 2009. Stimulation of plant growth and drought to clearance by native micro-organisms from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulator*, 28: 115- 124.
23-Moafeghy, A., 1992. Isolation and determination of mucilage polysaccharides from plantagoes with tissue and farming cultivated. MSc. Thesis, Faculty of Science, Tehran University. Tehran, Iran.
24-Moghbeli Mehni Dareroodi, A., Delbari, M. and Koohi, N. ,2014. Effect of surface and subsurface drip irrigation on yield of Damask Rose under different irrigation regimes. *Iran Water and Soil Research*, 45(4): 412-405. (In Persian).
25-Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M. and Nezhadali, A., 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgar* Var. Duice). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(2): 546-553.
26-Ngouajio, M., Wang, G. and Goldy, R., 2007. Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. *Agricultural water management*, 87: 285-291.
27-Niknam, V., 1999. Identification of secondary metabolits (N-aliphatic composition, mucilage polyssacharides, saponines, sterols, phenolic compositions). Ph.D. Thesis, Faculty of Science, Tehran University. Tehran, Iran.
28-Omidbeigi, R., 2018. Production and processing of medicinal plants (volume one). Astan Quds Razavi Publishing House, Mashhad, 348 pages.
29-Paquin, R. and Lechasseur, P., 1979. Observations sur une methode dosage de la proline libreans les extraits de plantes. *Canadian Journal of Plant Science*, 57: 1851-1854.
30-Prabhu, D., Shankar, T., Sathyavathe, V. and Sankaralingam, S., 2013. Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of green Gram (*Vigna radiata* L.) grown under water stress conditions. *World Applied Sciences Journal*, 25 (4): 561-567.
31-Reddy, A. R., Chaitanya, K. Y. and Vivekanandan, M., 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, 161: 1189-1202.
32-Ruíz-Sánchez, M. Armada, E., Munoz, Y., Salamonec, G., Aroca, R., Ruíz-Lozano, J. M. and Azcón, R., 2011. Azospirillum and arbuscular mycorrhizal colonization enhance rice growth and physiological traits under well-watered and drought conditions. *Journal of Plant Physiology*, 168: 1031–1037.
33-Samsam Shariat, S., 2007. Cultivation and propagation of medicinal plants. Third edition. Mani Publications. 420 pages.
34-Shimizu, N. and Tomoda, M., 1983. Pectic substances. I. the major pectin from the fruits of *Zizyphus jujuba* Miller var. inermis Rehd. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 31(2): 499-506.
35-Smith, S. E., Facelli, E. and Pope, S., 2010. Plant performance in stressful environments: interpreting new and established knowledge of the roles of arbuscular mycorrhizas. *Plant and Soil*, 326: 3-20.
36-Tisdall, J. M., 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. *Australian Journal of Soil Research*, 29 (6): 729-743.
37-Zhao, Z. H., Li, J., Wu, X. M., Dai, H., Gao, X. M., Liu, M. J. and Tu, P. F., 2006. Structures and immunological activities of two pectic polysaccharides from the fruits of *Ziziphus jujube*. *Food Research International*, 39 (8): 917-923.
38-Zhao, Z., Liu, M. and Tu, P., 2008. Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao*). European Food Research and Technology*, 226 (5): 985-989.

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]

Effect of Mycorrhizal Fungi on Mucilage Active Ingredient and Osmotic Regulators of Borage (*Borago officinails* L.) under Water Stress

Ali Rahimi[1*], Shahrokh Jahanbin[2], Amin Salehi[2]and Hooshang Faraji[2]

(Received: December 01-2024; Accepted: March 02-2025)

Abstract

Water stress is one of the most important factors affecting plant performance. Considering the potential effect of mycorrhizal fungi on modulating the effect of water stress on the performance of Borage , an experiment was conducted as split-plot in randomized complete block design. Water stress as the main factor in irrigation levels after 30, 60, 90, 120 and 150 mm water evaporation from evaporation pan class A and mycorrhiza fungi as sub-agent in levels of non-application, application of *Glomus mosseae* and *G. intraradices* species were considered. For flower mucilage, the interaction of irrigation and mycorrhizal fungus was significant, and at the irrigation level of 120 and 150 mm, water evaporation increased the water stress and caused a decrease in flower mucilage. At the irrigation levels after 90, 120 and 150 mm of water evaporation, , the reduction of proline and soluble sugar of borage was observed after 60, 90, 120 and 150 mm of water evaporation in the presence of mycorrhizal fungus compared to the absence of fungus application. Based on the results, irrigation treatment is recommended after 90 mm of water evaporation and the application of mycorrhizal fungus G. *mosseae*.

Keywords: Borage, Proline, Water stress, Soluble sugar, Mycorrhiza, Mucilage.

1-Forests, Rangelands and Watershed Research Department, Kohgiluyeh-Boyerahmad Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran
2- Department of Agriculture and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Iran
*: Corresponding Author, Email: rahimi.ali1362@yahoo.com

[Downloaded from ijae.iut.ac.ir on 2025-04-24]

[DOI: 10.47176/ijae.13.2.1521.1]