مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

پاسخ فیزیولوژیکی، عملکردی و جذب عناصر غذایی گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.) به تنش خشکی در شرایط تغذیه با کوهای آلی و زیستی

منصور جمالی دوست، امین صالحی*، هوشنگ فرجی، حمیدرضا بلوچی و پروین رستم‌پور

[۱] **ایران، یاسوج، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۰

چکیده

به منظور بررسی برخی خصوصیات گیاه دارویی زنیان در پاسخ به تنش خشکی در شرایط تغذیه با کودهای آلی و زیستی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سروستان-استان فارس در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ به اجرا درآمد. عامل اصلی شامل آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و عامل فرعی شامل سطوح تغذیه‌ای (شاهد، میکوریزا، ۱۵ تن کود دامی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا،۳۰ تن کود دامی در هکتار و ۳۰ تن کود دامی در هکتار+ مایکوریزا) بود. تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار محتوی نیتروژن، کلروفیل، عملکرد دانه و افزایش پتاسیم، پرولین و کربوهیدرات محلول شد. استفاده از کود دامی و قارچ میکوریزا در هر دو تیمار آبیاری سبب افزایش این صفات نسبت به شرایط عدم استفاده شد. بیشترین میزان فسفر دانه (۰/۸۸درصد)، کاروتنوئید برگ (۲/۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و میزان اسانس (۲/۸۰ درصد) به‌ترتیب از تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا و آبیاری مطلوب، ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا و قطع آبیاری و ۳۰ تن در هکتارکود دامی + میکوریزا و آبیاری مطلوب به‌دست آمد و کمترین میزان این صفات به ترتیب (۰/۳۰درصد)، (۰/۹۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) و (۱/۶۰درصد) در سطح شاهد و قطع آبیاری، شاهد و آبیاری مطلوب و شاهد و آبیاری مطلوب مشاهده گردید. همزیستی گیاه زنیان با قارچ میکوریزا و افزایش جذب آب و املاحی چون فسفر و پتاسیم به تحمل شرایط خشکی این گیاه کمک کرده است.

واژه های کلیدی: کلروفیل برگ، میکوریزا، پرولین، زنیان (*Carum copticum*)،کربوهیدرات

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۶۷۷۶۸۳۶ ، پست الکترونیکی:aminsalehi@yu.ac.ir

مقدمه

یکی از گیاهان روغنی و دارویی که در سطح جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زنیان می‌باشد.گیاه زنیان با نام علمی *Carum copticum* از تیره چتریان (Apiaceae)، جزو پیشرفته‌ترین گیاهان گلدار نهاندانه اولیه، علفی، یکساله، بی‌کرک، ساقه ایستاده، برگ‌هایی با پهنک منقسم، بریدگی زیاد و نازک، با گل‌های سفید به صورت چتر مرکب، میوه کوچک و بیضوی است. در طب سنتی، از زنیان به عنوان ضد نفخ، مسکن دردهای روماتیسمی و رفع ناراحتی‌های گوارشی استفاده می‌شود (۲۳). از مهمترین عوامل محدودکننده تولید در سامانه‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک کمبود منابع آبی می‌باشد که محدوده تأمین سایر منابع و همچنین کارایی مصرف آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۶). تنش آبی موجب بسته‌شدن روزنه-ها و در نتیجه کاهش غلظت CO_2 در بافت مزوفیل می-شود. همچنین این شرایط موجب افزایش تولید و تجمع گونه‌های فعال اکسیژن، از جمله رادیکال‌های سوپر-اکسید (O_2^-)، هیدروژن پراکسید (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^-) می‌شود (۳۲). تخریب مولکول

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

کلروفیل از مهمترین صدمات اکسیداتیو می‌باشد. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ از شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش و همچنین تعیین‌کننده سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک گیاه می‌باشد (۳۳). کاروتنوئیدها یکی از مکانسیم‌های دفاعی غیرآنزیمی برای مقابله با تنش اکسیداتیو می‌باشد که از یک سو موجب گرفتن انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه و از سوی دیگر باعث تبدیل اکسیژن یک‌تایی به سه‌تایی می‌شود و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده موجب ایفای نقش آنتی‌اکسیدانی می‌شوند (۳۸). در آزمایشی روی گیاه گلرنگ، افزایش شدت تنش خشکی با کاهش محتوای کلروفیل برگ همراه بوده و موجب کاهش کلروفیل a، b و کاروتنوئید در این گیاه شد (۴۴). همچنین افزایش میزان پرولین و کربوهیدرات محلول برگ در شرایط تنش خشکی در گیاه دارویی زنیان گزارش شده است (۱۶). در بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه دارویی کتان مشخص شد که با افزایش تنش خشکی ناشی از پلی-اتیلن گلیکون (Polyethylene glycol) تا سطح ۷- بار میزان قند محلول کتان افزایش یافت و سپس ثابت ماند و افزایش تنش خشکی نیز سبب افزایش پرولین این گیاه گردید (۲۰). تنش خشکی باعث کاهش جذب برخی عناصر و آثار سوء کمبود عناصر بر روی رشد گیاه و در نهایت عملکرد گیاه می‌گردد. در گیاهان زراعی تحت شرایط تنش خشکی، در مرحله‌های اولیه تنظیم اسمزی، انباشتگی یون پتاسیم نسبت به تولید مولکول‌های آلی اهمیت بیشتری دارد، زیرا تنظیم اسمزی از طریق جذب یون‌های معدنی نظیر پتاسیم، دارای راندمان بالاتر انرژی می‌باشد (۳۴). کاهش میزان فسفر و افزایش پتاسیم در شرایط تنش خشکی در اندام‌های هوایی گیاه مرزه گزارش شده است (۳). استفاده از کودهای زیستی و آلی نظیر قارچ میکوریزا و کود دامی از جمله راهکارهایی است که در چند دهه اخیر به کار گرفته شده است. قارچ میکوریزا گیاهان را قادر می‌سازند که با تنش‌های غیرزنده از طریق کاهش کمبود مواد معدنی، برطرف کردن اثر زیان‌آور شوری، افزایش تحمل به خشکی و بهبود استقرار گیاهچه-های ریز ازدیادی شده، مقابله کنند. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی از طریق تأمین عناصر معدنی نظیر فسفر، آهن، مس و روی به ویژه نیتروژن برای گیاه، باعث افزایش اجزای عملکرد و عملکرد دانه می‌شود (۳۷). همچنین استفاده از انواع نهاده‌های آلی می‌تواند به عنوان یکی از راهکارهای بوم شناختی مؤثر بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان دارویی مد نظر قرار گیرد. کودهای آلی به ویژه کود دامی در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و به عنوان منابع غنی از عناصر غذایی بخصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم به شمار می‌روند که این عناصر را به مرور در اختیار گیاهان قرار می‌دهند. گزارش شده که کاربرد کودهای دامی علاوه بر بهبود عملکرد محصول از طریق افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، افزایش میزان فتوسنتز و افزایش تولید ماده خشک، باعث بهبود کیفیت خاک (ویژگی‌های فیزیکی) خاک نیز می‌گردد (۳۹).

پژوهشی به منظور بررسی کشت مخلوط جو و زنیان تحت تأثیر کودهای دامی و شیمیایی در سال ۱۳۹۲ در مزرعه پژوهشی دانشگاه زابل به اجرا در آمد. عامل اصلی کود دامی پوسیده و کود شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و عامل فرعی شامل پنج آرایش مختلف کشت به‌صورت خالص زنیان با فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر، خالص جو با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر، کشت زنیان-جو به-صورت درهم، مخلوط جایگزین زنیان - جو با فاصله ردیف زنیان ۴۵ سانتی‌متر و مخلوط جایگزین زنیان-جو با فاصله ردیف زنیان ۶۰ سانتی‌متر بود. اثر تیمارهای کودی و آرایش کشت بر ویژگی‌های کمی زنیان و جو شامل ارتفاع بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد پنجه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که کشت مخلوط زنیان-جو با فاصله ردیف ۶۰ سانتی‌متر همراه با کاربرد کود دامی می‌تواند برای بهبود عملکرد در منطقه گرم و خشک زابل توصیه شود (۲۱) همچنین Eblagh و

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

همکاران (۱) به منظور بررسی اثر کاربرد سطوح مختلف کود فسفر، کود دامی (گاوی) و باکتری حل‌کننده فسفات بر عملکرد، میزان و ترکیبات اصلی اسانس گیاه زنیان، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۹۰ با سه تکرار و ۱۸ تیمار در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا کردند. عامل اول شامل کود دامی در سه سطح (m_1=۰، m_2=۱۵، m_3= ۳۰ تن در هکتار)، عامل دوم شامل کود فسفر در سه سطح (P_1 =۰، P_2=۱۵، P_3= ۳۰ کیلوگرم در هکتار) و عامل سوم شامل باکتری حل‌کننده فسفات در دو سطح (b_1=عدم حضور و b_2=حضور باکتری) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین درصد اسانس (۱/۰۴ درصد) در تیمار کودی $p_1b_2m_1$ و کمترین آن (۰/۸۳درصد) در تیمار کودی $p_1b_2m_3$ بود. عملکرد اسانس با افزایش سطوح کود دامی و حضور باکتری حل‌کننده فسفات افزایش یافت. در این پژوهش سعی بر این خواهد بود که تأثیر مثبت قارچ‌های میکوریزا و کود دامی در بالا بردن مقاومت گیاه زنیان به تنش‌های خشکی، بررسی گردد تا بتوان ضمن افزایش عملکرد کمی و کیفی این محصول خطرات ناشی از کودهای شیمیایی و پیامدهای تنش خشکی را نیز تعدیل کرد.

مواد و روشها

این آزمایش به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف آبیاری و تغذیه‌ای بر خصوصیات فیزیولوژیکی و جذب عناصرغذایی زنیان در مزرعه تحقیقاتی سازمان جهاد کشاورزی سروستان-استان فارس در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله گلدهی) و عامل فرعی شامل سطوح تغذیه‌ای در شش سطح (شاهد، مایکوریزا، ۱۵ تن کود دامی در هکتار، ۱۵ تن کود دامی در هکتار+ مایکوریزا، ۳۰ تن کود دامی در هکتار و ۳۰ تن کود دامی در هکتار+ مایکوریزا) بود. برای تعیین میزان حاصلخیزی خاک و نیاز کودی قبل از انجام عملیات زراعی از ۱۰ نقطه مزرعه و از عمق۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه خاکی مرکب تهیه و در آزمایشگاه آب و خاک و گیاه دشت ناز گلشن یاسوج تجزیه شد. که نتایج آن در جدول ۱ شرح داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مخلوط خاکی مورد استفاده قبل از اعمال تیمارها

بافت	pH	هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفرقابل جذب	پتاسیم قابل جذب	روی قابل جذب
					($mg.kg^{-1}$)		
لومی رسی	۷/۵۰	۰/۵	۱/۷	۰/۰۸۵	۸	۲۵۰	۰/۴۶

قارچ میکوریزا آربوسکولار گونه گلوموس موسه‌آ (*Glomus mosseae*) تهیه شده از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک، شهرستان اسدآباد-همدان (به میزان۸۰ کیلوگرم در هکتار) هر گرم نمونه کود قارچ میکوریزا حاوی حدود ۱۲۰ اسپور زنده بود). قارچ میکوریزا به میزان ۲۰ گرم به - ازای هر بوته در هنگام کاشت و داخل کپه‌های حفر شده برای کشت بذر به‌صورت نواری استفاده گردید، سپس عملیات کاشت انجام گرفت. پس از عملیات آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک و تسطیح)، طبق نقشه اجرایی طرح، هر کرت اصلی آزمایش از ۴ کرت فرعی و هر کرت فرعی از ۳ پشته به طول ۳ متر و عرض ۵۰ سانتی‌متر با ۲ ردیف کاشت (فاصله خطوط کاشت ۲۵سانتی‌متری) و فاصله بذر

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

روی ردیف ۴ سانتی‌متر تنظیم گردید. جهت جلوگیری از اثرات احتمالی نشت آبیاری‌ها، بین دو کرت اصلی سه پشته نکاشت (۱/۵متر) و بین دو کرت فرعی، یک پشته نکاشت (۰/۵متر) و فاصله بین دو بلوک ۳ متر لحاظ شد. کود دهی طبق آزمون خاک و در نظر گرفتن نیاز گیاه صورت گرفت. بذر زنیان از توده بومی نهاوند بوده که از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و در اوایل اسفندماه سال ۱۳۹۷، در عمق ۳ سانتی‌متری زیر سطح خاک کشت شدند. تیمارهای قطع آبیاری نیز در زمان گلدهی زنیان اعمال شد. علف‌های هرز در طول فصل رشد بنا به ضرورت از طریق وجین دستی کنترل گردید. کاشت در طرفین هر پشته به صورت کپه‌ای انجام گردید. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت، مزرعه هر سه روز یک‌بار تا زمان خروج گیاهچه‌ها آبیاری شد. ۷ روز پس از کاشت، سبز شدن کامل شد و در ادامه مزرعه تا ۳۰ تیر هر ۱۲روز یک بار آبیاری شد. زمان اعمال تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و در تاریخ ۱ مرداد ۹۷ بود که تا ۱۵ شهریور به طول انجامید و در این مدت در کرت‌های تیمار آبیاری مطلوب تا ۳۰ شهریور، هر ۱۵روز یکبار (۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر- معادل نصف نیاز آبی گیاه) آبیاری صورت گرفت. آبیاری مطلوب ۴ دوره بیشتر از تیمار قطع آبیاری، آبیاری شد. یعنی معادل ۴ بار آبیاری تیمار آبیاری کامل، در کرت‌های آزمایشی تیمار مذکور آبیاری صورت نگرفت. در نهایت تعداد دفعات آبیاری برای تیمارهای آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله گلدهی برابر با ۱۸ و ۱۴ نوبت آبیاری بود. در پایان فصل رشد با زرد شدن برگ‌ها و قهوه‌ای شدن بذرها، برداشت برای تیمار قطع آبیاری در تاریخ ۱۵ شهریورماه و آبیاری مطلوب۳۰ شهریورماه انجام شد. برداشت از سطح ۴ خط کاشت پس از حذف دو خط کاشت حاشیه هر کرت و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت، از سطحی معادل ۱ متر مربع صورت گرفت. در سطوح مذکور تمامی بوته‌ها از سطح ۱سانتی‌متری خاک برداشت شدند. در این تحقیق صفاتی از قبیل میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم دانه، کلروفیل، کاروتنوئید، پرولین و کربوهیدرات محلول کل مورد سنجش قرار گرفتند. به‌منظور تعیین غلظت عنصر غذایی نیتروژن از نمونه‌های بذری پس از خشک شدن در آون و پودر شدن، عصاره (به روش هضم توسط اسید سولفوریک، اسید سالیسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم) تهیه شد و عصاره مزبور برای اندازه‌گیری میزان عنصر نیتروژن مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب درصد نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر توسط دستگاه کجلدال (Model 750) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری فسفر از روش کالری‌متری (رنگ زرد مولیبدات – وآنادات) با دستگاه اسپکتروفتومتر (Lamda EZ ۲۰۱) استفاده شد و مقادیر پتاسیم به روش نشر شعله‌ای با دستگاه فلیم‌فتومتر (Model PFP7) بر حسب میلی‌گرم بر گرم، قرائت گردید (۴). با استفاده از اسپکتروفتومتر(Lamda EZ ۲۰۱)، جذب عصاره برگ گیاه در استون ۸۰ درصد در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a و کلروفیل b و طول موج ۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئیدها اندازه‌گیری شد. برای انجام محاسبات مربوط به تعیین میزان این رنگیزه‌ها بر حسب میلی‌گرم بر لیتر از روابط Lichtenthaler (۴۰) استفاده شد. با توجه به حجم و وزن نمونه‌ها، غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها برحسب میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ ($mg.g\ FW^{-}$) محاسبه گردید[1]. اندازه‌گیری پرولین به کمک روش Batesو همکاران (۲۸) و قرائت جذب با استفاده از اسپکتوفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر گزارش گردید. مقدار قندهای محلول به روش Irigoyen و همکاران (۳۵) انجام و جذب در طول موج ۷۱۵ نانومتر قرائت گردید. جهت تعیین عملکرد دانه، ۱ متر مربع از وسط هر کرت انتخاب و بعد از برداشت از سطح ۱سانتی‌متری خاک، همه چترها از بوته‌ها جدا شد و تمامی دانه‌ها از چترها به روش دستی جدا شد. سپس بذور جدا شده از هر کرت پس از، از دست دادن رطوبتشان وزن شدند و در نهایت عملکرد

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

دانه در واحد سطح برای هر تیمار محاسبه گردید. به منظور استخراج اسانس، ۱۰۰ گرم نمونه بذری از هر کرت وزن و پس از آسیاب شدن، به آن ۱۰۰۰ لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس هر یک از نمونه‌ها به مدت سه ساعت در دستگاه کلونجر جوشانده شد تا اسانس آن استخراج شود. تجزیه و تحلیل داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال خطای ۵٪ انجام گرفت. و برهمکنش اثرات متقابل با رویه L.S.Means صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن دانه: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فاکتورهای مورد بررسی هر کدام به تنهایی تأثیر معنی-داری بر غلظت نیتروژن دانه در سطح احتمال ۱ درصد داشتند اما برهمکنش این فاکتورها بر میزان نیتروژن دانه معنی‌دار نشد (جدول۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر جذب عناصر و صفات فیزیولوژیکی و عملکردی زنیان

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلروفیل کل	کاروتنوئید	پرولین	کربوهیدرات محلول	درصد اسانس	عملکرد دانه
تکرار	۳	۰/۰۲۸۳^{ns}	۰/۰۶۳۶**	۰/۳۴۳۷**	۰/۵۶۶۶**	۰/۱۶۳۷**	۰/۲۳۹۱*	۰/۱۳۰۵**	۰/۰۶۶^{ns}	۴۵۶۱/۵۴۷^{ns}
سطوح آبیاری	۱	۱/۳۴۰۰**	۰/۳۶۴۰**	۲/۱۸۴۵**	۵/۵۰۶۷**	۴/۲۱۸۶**	۳/۱۸۲۷**	۸/۲۵۰۲**	۱/۶۴۷**	۹۹۷۱۰/۸۱**
خطای(a)	۳	۰/۰۲۹۰	۰/۰۱۳۷	۰/۱۵۷۲	۰/۱۸۷۵	۰/۱۲۷۴	۰/۱۷۱۰	۰/۱۱۹۶	۰/۱۲۵	۸۷۲۴/۵۸
سطوح تغذیه‌ای	۵	۰/۲۲۸۷**	۰/۱۳۶۹**	۰/۵۰۳۵**	۰/۸۰۵۱**	۰/۴۵۰۱**	۱/۰۸۷۸**	۰/۹۲۰۴**	۰/۴۲۸**	۵۵۸۵۷/۲۹**
اثرمتقابل	۵	۰/۰۱۳۰^{ns}	۰/۰۲۵۴*	۰/۰۶۵۶^{ns}	۰/۰۱۹۴ ^{ns}	۰/۰۸۱۷**	۰/۰۱۷۷^{ns}	۰/۰۴۶۳^{ns}	۰/۲۸۴**	۲۳۷۱/۸۸ ^{ns}
خطای(b)	۳۰	۰/۰۱۳۸	۰/۰۰۷۲	۰/۰۶۰۱	۰/۰۳۲۷	۰/۰۱۸۱	۰/۰۶۶۲	۰/۰۲۵۹	۰/۰۴۵	۲۱۰۳/۵۵
ضریب تغییرات(٪)	-	۲۷/۱۷	۲۳/۹۵	۱۴/۹۲	۱۱/۷۷	۹/۳۵	۱۹/۲۱	۹/۱۲	۱۰/۲۷	۱۰/۹۴

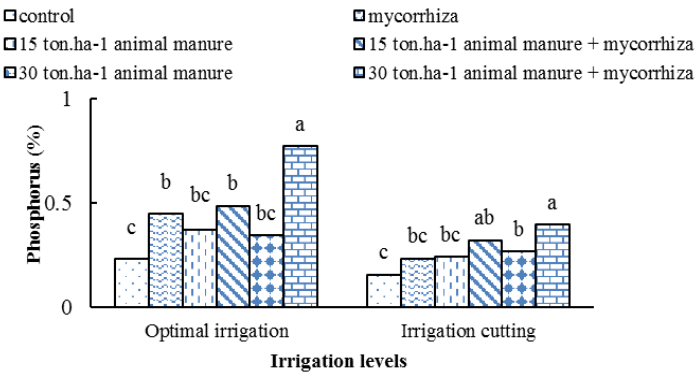
ns، * و **: به ترتیب نبود تفاوت معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

بر اساس جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول۳)، بالاترین درصد نیتروژن دانه از تیمار آبیاری مطلوب به میزان (۰/۶۰درصد) و کمترین میزان این صفت نیز از تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی به میزان (۰/۲۷درصد) بدست آمد که اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند. برخی از گیاهان در طول دوره قطع آبیاری میزان نیتروژن برگ خود را حفظ می‌کنند که می‌تواند بر اثر تخریب پروتئین‌ها یا کاهش سطح برگ و افزایش غلظت نیتروژن در واحد سطح کمتر، باشد. و برخی دیگر از جمله زنیان همانطور که در تحقیق حاضر مشاهده شد، نیتروژن خود را از دست می‌دهند. در بین سطوح تغذیه‌ای، بیشترین درصد نیتروژن دانه (۰/۶۹درصد) در تیمار تلفیقی۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا مشاهده شد که سبب افزایش۲/۱۳ برابری نسبت به شاهد گردید (جدول۳). کاربرد تلفیقی منابع تغذیه‌ای نسبت به کاربرد هر کدام از تیمارها به تنهایی، تأثیر بیشتری بر میزان نیتروژن دانه داشتند در بین سطوح غیرتلفیقی (میکوریزا، ۱۵ تن کود دامی و ۳۰ تن کود دامی در هکتار)، تیمار۳۰ تن کود دامی در هکتار با تیمار میکوریزا در یک گروه آماری قرار گرفت ولی اختلافش با ۱۵ تن کود دامی در هکتار معنی‌دار شد و در بین سطوح تلفیقی کود دامی و میکوریزا، با افزایش کود دامی از ۱۵ به ۳۰ تن در هکتار درصد نیتروژن نیز افزایش

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

یافت. میکوریزا نسبت به کود دامی تأثیر بیشتری در افزایش غلظت نیتروژن دانه داشت که احتمالا دلیل این امر پایین بودن سرعت آزادسازی عناصر غذایی درمیکوریزا نسبت به کود دامی می‌باشد. میکوریزا از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن و برخی عناصر ریز مغذی، افزایش جذب آب و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاه میزبان در سامانه‌های کشاورزی پایدار می‌شوند. نتایج مطالعات Arriagada و همکاران (۲۷) بر روی گیاه دارویی اکالیپتوس نشان داد که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزا به نام‌های *Glomu mosseae* و *G.deserricola* سبب بهبود معنی‌دار غلظت نیتروژن در این گیاه (به ترتیب ۲/۹۶٪، ۳/۵۱٪) در مقایسه با عدم تلقیح (۱/۷۶٪) شد که با نتایج حاضر همخوانی دارد. پژوهشگران در این آزمایش، بهبودی که در رشد، نمو و مقدار کلروفیل برگ و متعاقب آن وزن خشک گیاه که در اثر همزیستی میکوریزایی حاصل شده بود را به افزایش غلظت نیتروژن، نسبت دادند. همانطور که مشاهده شد کود دامی تأثیر مثبتی بر افزایش نیتروزن دانه نسبت به شاهد داشت. در واقع کود دامی دارای انواع مواد مغذی برای گیاهان بوده، که این عنصر را به موقع برای تغذیه گیاه آزاد می‌کند، این کود آلی به خوبی تغییر فرم یافته، تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری رطوبت آن در حد عالی بوده و از لحاظ کیفی سرشار از عناصر قابل جذب نظیر نیتروژن برای گیاهان است.

درصد فسفر دانه: براساس نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به درصد فسفر دانه زنیان (جدول۲)، اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای و برهمکنش آن‌ها بر میزان فسفر دانه معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای نشان داد که هم در تیمار تنش خشکی و هم آبیاری مطلوب، کاربرد کود دامی و میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار میزان فسفردانه نسبت به شاهد شد (شکل۱). به‌طوری که بیشترین میزان این صفت هم در تیمار آبیاری مطلوب و هم قطع آبیاری در مرحله گلدهی، از تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا، به تزتیب به میزان (۰/۷۸درصد) و (۰/۴۰درصد) به‌دست آمد (شکل۱) و کمترین میزان نیز در هر دو مرحله در تیمار شاهد به‌دست آمد.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای بر فسفر دانه. حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD با احتمال خطای ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

تنش خشکی تعداد تارهای کشنده ریشه را کاهش داده و بر مورفولوژی ریشه و انشعابات ریشه صدمه وارد می‌نماید که در نتیجه آن جذب عناصر غذایی به‌وسیله سیستم ریشه‌ای کاهش می‌یابد. در حقیقت تنش کم‌آبی مقاومت

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

مکانیکی خاک را افزایش می‌دهد و در نتیجه موجب کاهش رشد ریشه می‌شود. کاهش در رشد ریشه موجب کاهش توانایی گیاه برای جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر می‌شود (۴۵). در تحقیقی بر روی گیاه مرزه گزارش شد که با افزایش تنش خشکی میزان فسفر در اندام‌های هوایی این گیاه کاهش یافت (۳). در این تحقیق نقش میکوریزا و کود دامی در بالا بردن فسفر دانه زنیان مثبت ارزیابی شد. با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که حضور یک شبکه گسترده از ریسه‌های برون ریشه‌ای توسط قارچ میکوریزا در خاک اطراف ریشه، فسفر را از نقاط دور از دسترس ریشه و با سرعتی بیش از سرعت انتشار فسفر در خاک به ریشه‌های گیاه میزبان انتقال می‌دهد همچنین ریسه‌ها قادرند حجم بیشتری از خاک را در مقایسه با ریشه‌های گیاه میزبان از فسفر تخلیه کنند. تخمین زده شده است بیش از ۸۰ درصد فسفر مورد ن*یاز گیاه همزیست با قارچ میکوریزا توسط ریسه‌های برون ریشه‌ای قارچ‌های میکوریزا فراهم می‌شود. همچنین، تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط هیف‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآمده و برای ریشه قابل جذب گردد (۳۰). تأثیر مثبت میکوریزا آربوسکولار مبنی بر افزایش جذب فسفر در گیاهان دارویی ریحان (۱۸) و بادرنجبویه (۱۷) با نتایج این آزمایش هم‌سویی دارد. همانطور که ذکر شد تأثیر میکوریزا بر افزایش فسفر دانه بیشتر از کود دامی بود که طبق نتایج قبلی احتمالا دلیل این امر آزادسازی تدریجی این عناصر از کود دامی می‌باشد. گزارش شده که کاربرد کود گاوی موجب افزایش فسفر قابل جذب خاک می‌شود، در نتیجه جذب آن توسط گیاه افزایش یافته و به دانه منتقل شده و غلظت آن در دانه افزایش می‌یابد (۲۲). در بررسی تاثیر باکتری *Glomus intraradices* و قارچ *Pseudomonas putida* بر برخی صفات مورفولوژی و بیوشیمیایی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* .L)، تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار گیاه شنبلیله با باکتری و قارچ آرباسکولار میکوریز، باعث افزایش صفات مورد بررسی به خصوص مقدار فسفر گیاه در شرایط تنش خشکی شد. باکتری *Pseudomonas putida* و قارچ آرباسکولار میکوریزا *Glomus intraradices* از طریق افزایش میزان جذب عناصر غذایی، حفظ و نگهداری آب باعث افزایش بیوماس، مقدار پروتئین محلول گردید (۵). Sengar و همکاران (۴۳) گزارش دادند که کود دامی باعث افزایش میزان فسفر در دانه برنج شد که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

میزان پتاسیم دانه: اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر میزان پتاسیم دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد اما اثر بر همکنش آبیاری و سطوح تغذیه‌ای بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول۲). مقایسه میانگین سطوح آبیاری نشان داد که بیشترین میزان پتاسیم دانه (۱/۸۶درصد) در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی به دست آمد که سبب افزایش ۳۰/۰۷ درصدی نسبت به آبیاری مطلوب شد.

افزایش جذب پتاسیم در شرایط قطع آبیاری را می‌توان به کاهش رشد و نمو گیاه و همچنین سازوکار جذب فعال این یون نسبت داد که از این طریق گیاه مقاومت خود را در برابر تنش بالا می‌برد. با قطع آبیاری، گیاه جهت افزایش مقاومت به کمبود آب خلاف پدیده انتشار با مصرف انرژی، غلظت یون پتاسیم را در ریشه و اندام هوایی افزایش می‌دهد. پتاسیم نیز با تأثیر بر باز و بسته شدن روزنه‌ها، حفظ آماس سلولی، کاهش از دست رفتن آب، توازن آب در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی مصرف آب، باعث کاهش تأثیر تنش خشکی در گیاه می‌شود (۲۶). نتایج مطالعات دهقان‌زاده و نوزادنمینی (۱۰) در گندم افزایش درصد پتاسیم را با افزایش فواصل آبیاری نشان داد که علت آن را حفظ پتانسیل تورگر آب برگ عنوان نموده‌اند. بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین منابع تغذیه‌ای (جدول۳)، بیشترین میزان پتاسیم دانه (۱/۹۹درصد) در تیمار تلفیقی۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا حاصل

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

شد که جز با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا، با بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت و کمترین میزان این صفت در تیمار شاهد مشاهده شد که با تیمار ۱۵ تن کود دامی در هکتار اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. قارچ میکوریزا با بهبود شرایط فیزیکی و فرایندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجب بهبود رشد، تسریع واکنش‌های متابولیسمی، افزایش سنتز و بهبود تجمع پتاسیم گردید. در نتیجه میزان آب برگ و انتقال عناصر غذایی به گیاه افزایش می‌یابد. نقش پتاسیم در تنظیم اسمزی و تحمل گیاهان به تنش خشکی، در گیاه دارویی نوروزک (*Salvia leriifolia*) گزارش شده است (۶). ظفری و همکاران (۱۳۹۷) اثر تلقیح قارچ و باکتری در مقاومت به تنش کم‌آبی در یونجه را مورد بررسی قراردادند. تیمارهای آزمایشی شامل تنش کم‌آبی در سطوح ۳۵٪، ۵۵٪ و ۷۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای و تیمارهای تلقیح شامل تلقیح بذر با میکوریزا گونه موسه‌آ، باکتری همزیست یونجه، موسه‌آ+ باکتری همزیست یونجه و شاهد بودند. نتایج نشان داد که با افزایش تنش، غلظت سدیم افزایش اما غلظت پتاسیم و فسفر کاهش یافت. بین تیمارهای تلقیحی، پتاسیم و فسفر به‌ترتیب با بیشترین مقادیر (۶/۷۲ و۵/۰۷) به تلقیح دوگانه و کمترین مقادیر (۶/۱۳ و ۲/۹) به شاهد در سطح تنش ۳۵ درصد ظرفیت زراعی تعلق گرفت. بعد از تلقیح دوگانه تیمار تلقیحی میکوریز نسبت به تلقیحی باکتری همزیست بیشتر بود. اما سدیم با کمترین مقدار (۲/۵۳) به تلقیح دوگانه و بیشترین مقدار (۳/۰۸) به شاهد در سطح تنش ۳۵ درصد ظرفیت زراعی مربوط بود. تلقیح دوگانه با افزایش جذب آب، عناصر غذایی و اسمولیت‌های سازگاری توانست مقاومت گیاه را در برابر کم‌آبی بهبود بخشد (۹).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر جذب عناصر و صفات فیزیولوژیکی و عملکردی زنیان

سطوح تغذیه	نیتروژن (٪)	پتاسیم (٪)	کلروفیل کل (mg gFW^{-1})	پرولین (µmol g FW^{-1})	کربوهیدرات محلول برگ (µmol g FW^{-1})	عملکرد دانه (kg.ha^{-1})
آبیاری						
آبیاری مطلوب	۰/۶۰ a	۱/۴۳b	۱/۸۸ a	۱/۰۸ b	۱/۳۲ b	۴۶۴/۷۸a
قطع آبیاری	۰/۲۷ b	۱/۸۶ a	۱/۲۰ b	۱/۶۰ a-	۲/۱۸ a	۳۷۳/۶۳b
منابع تغذیه‌ای						
شاهد	۰/۲۲e	۱/۲۹d	۱/۱۱e	۰/۸۶d	۱/۲۷e	۲۹۵/۲۳d
میکوریزا	۰/۳۷cd	۱/۶۶bc	۱/۵۷bc	۱/۳۷b	۱/۸۶ bc	۴۵۰/۴۱b
۱۵ تن کود دامی در هکتار	۰/۳۲ de	۱/۴۸ dc	۱/۳۴ d	۱/۰۶cd	۱/۷۳ c	۳۹۶/۱۰c
۱۵ تن کود دامی در هکتار و میکوریزا	۰/۵۵ b	۱/۸۴ab	۱/۷۶b	۱/۶۶a	۱/۹۲b	۴۹۰/۰۸ab
۳۰ تن کود دامی در هکتار	۰/۴۵ bc	۱/۶۵bc	۱/۴۴cd	۱/۲۴bc	۱/۵۵d	۳۹۷/۵۶c
۳۰ تن کود دامی در هکتار و میکوریزا	۰/۶۹ a	۱/۹۹ a	۲/۰۱a	۱/۸۴ a	۲/۲۷ a	۵۱۸/۸۴a

* در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

در تحقیقی بر روی گیاه دارویی مرزه محققین بیان کردند که با کاربرد کود زیستی در شرایط تنش خشکی میزان پتاسیم این گیاه افزایش یافت (۳). طبق نتایج حاصل از این تحقیق همانگونه که ذکر شد در تیمارهای غیرتلفیقی و کاربرد کود دامی بدون مصرف میکوریزا، با افزایش سطوح کود دامی، میزان پتاسیم دانه نیز افزایش پیدا کرد. یافته‌هایی روی گوجه فرنگی نیز مبین این امر بود که وجود تنظیم کننده‌های رشد گیاهی و افزایش جذب عناصر معدنی نظیر

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

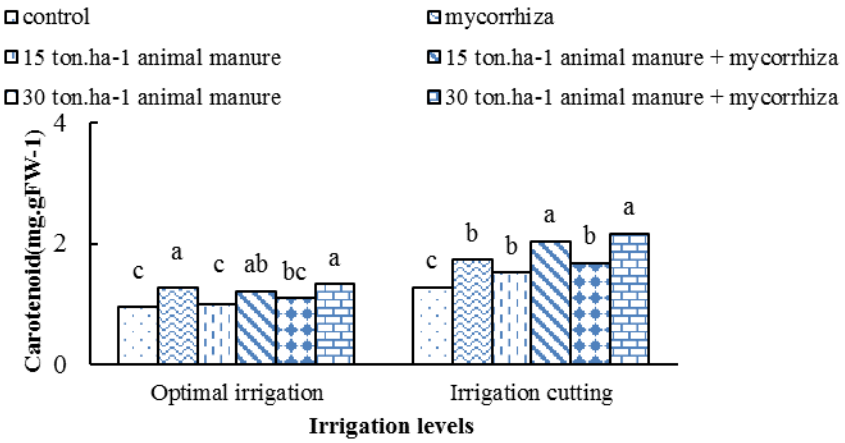
پتاسیم در تیمارهای حاوی کود دامی را به عنوان دلیل عمده افزایش غلظت پتاسیم در مقایسه با تیمار عدم مصرف دانست (۴۶).

محتوی کلروفیل کل برگ: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول۲ نشان می‌دهد که آبیاری و منابع تغذیه‌ای تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل برگ زنیان داشته است اما برهمکنش این دو فاکتور بر صفت مذکور تأثیر معنی‌داری را نشان نداد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اعمال قطع آبیاری نسبت به آبیاری مطلوب سبب کاهش ۵۵/۶۷ درصدی کلروفیل برگ گردید که اختلاف معنی‌داری را با هم نشان دادند (جدول۳). در بین سطوح تغذیه‌ای بیشترین میزان کلروفیل برگ (۲/۰۱ میلی‌گرم برگرم وزن تر برگ) از تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+میکوریزا حاصل شد که سبب افزایش ۸۱/۰۸، ۲۸/۰۲، ۵۰، ۱۴/۲۰ و ۳۹/۵۸ درصدی به ترتیب نسبت به شاهد، میکوریزا، ۱۵ تن در هکتار کود دامی، ۱۵ تن کود دامی در هکتار+میکوریزا و ۳۰ تن کود دامی در هکتار شد. تیمارهای تلفیقی کود دامی و میکوریزا نسبت به تیمار کاربرد جداگانه میکوریزا از محتوای کلروفیل بیشتری برخوردار بودند و در بین تیمارهای تلفیقی و در حضور میکوریزا با افزایش سطوح کود دامی میزان این صفت نیز افزایش یافت. یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی در گیاهان، غلظت کلروفیل می‌باشد. به واسطه شرکت نیتروژن در ساختار کلروفیل، ارتباط مثبت و معنی‌داری بین نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل وجود دارد و کودهای به کار رفته در این تحقیق به شکل‌های مختلف با افزایش نیتروژن در دسترس گیاه، باعث افزایش کلروفیل شده‌اند. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مصرف کود دامی و میکوریزا با افزایش میزان نیتروژن (جدول ۳) در گیاه، باعث افزایش میزان کلروفیل‌ها شده که به دنبال آن سبزینگی، توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت رشد و عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. در بررسی تاثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارمترهای وابسته به آن و محتوی نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L) ، گزارش شد که شاخص محتوی کلروفیل، هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق، سرعت فتوسنتز و محتوای نسبی آب در شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۵). نتایج این تحقیق مبنی بر افزایش میزان کلروفیل در شرایط کاربرد کودهای زیستی، با نتایج آزمایشی بر گیاه ریحان (۲۴) همسو بود. در بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری گزارش شده که تلقیح بذور با مخلوط ازتوباکتر و قارچ میکوریزا توانست اثرات منفی ناشی از تنش کم آبی بر روی محتوای کلروفیل را تا حدی کاهش دهد (۱۱).

کاروتنوئیدها: اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای و برهمکنش آن‌ها بر میزان کاروتنوئید زنیان معنی‌دار شد (جدول۲). در سطوح تنش خشکی و آبیاری مطلوب، کاربرد کود دامی و میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار میزان کاروتنوئید نسبت به شاهد شد (شکل۲) به‌طوری که بیشترین میزان این صفت (۲/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا و قطع آبیاری بدست آمد که تنها با تیمار ۱۵ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا و آبیاری مطلوب و در یک گروه آماری قرار گرفت ولی تفاوت معنی‌داری را با بقیه تیمارها نشان داد و کمترین میزان (۰/۹۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) نیز در تیمار شاهد و آبیاری مطلوب مشاهده شد (شکل۲). کاروتنوئیدها (کاروتن و گزانتوفیل) در پلاست‌های گیاهی حضور داشته و در کنش‌های محیطی، عهده‌دار حفاظت از اجزای فتوسنتزی مانند کلروفیل می-باشند. در تحقیقی بر روی گیاه همیشه بهار محققان گزارش دادند که با افزایش خشکی محتوی کاروتنوئید این گیاه افزایش یافت، همچنین بیان نمودند از مهمترین نقش-های حفاظتی کاروتنوئیدها جلوگیری از فتواکسیداسیون کلروفیل‌ها می‌باشد (۷). براساس نتایج این تحقیق جذب بیشتر و بهتر مواد غذایی در نتیجه استفاده از کودهای

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

زیستی و آلی منجر به بهبود وضعیت رنگدانه‌های برگ و افزایش غلظت کاروتنوئید شده است. افزایش محتوای کاروتنوئید برگ گلرنگ با کاربرد قارچ میکوریزا در شرایط تنش خشکی نیز گزارش شده است (۱۲).



شکل۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای برکاروتنوئید برگ. حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD با احتمال خطای ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

میزان پرولین برگ: بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر میزان پرولین برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد اما برهمکنش این دو فاکتور بر صفت مذکور معنی‌دار نگردید (جدول۲). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول۳)، بیشترین میزان پرولین برگ (۱/۶۰ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی به دست آمد که با تیمار آبیاری مطلوب (۱/۰۸ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) اختلاف معنی‌داری را نشان داد. پرولین یک اسیدآمینه مهم در گیاه است که در شرایط تنش خشکی از اکسیداسیون درون سلولی و تشکیل رادیکال‌های آزاد جلوگیری می‌کند و همچنین فشار اسمزی گیاه را برای جذب آب تنظیم می‌کند. در تحقیقی افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش خشکی در گیاه دارویی زنیان گزارش شده است (۱۶). در شرایط تنش خشکی مقدار پرولین در تیمارهای میکوریزایی بیشتر از تیمارهای غیرمیکوریزایی بود و نشان می‌دهد که تغییرات سنتز این اسیدآمینه با تلقیح قارچی و تحمل خشکی مرتبط است. بر اساس نتایج این تحقیق، همانطور که در جدول ۳ قابل مشاهده است، در بین سطوح تغذیه‌ای کاربرد تلفیقی کود دامی و میکوریزا باعث افزایش میزان این صفت نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا یا کاربرد جداگانه کود دامی شد و در بین تیمارهای تلفیقی کود دامی و میکوریزا با افزایش سطوح کود دامی میزان پرولین برگ افزایش یافت به گونه‌ای که بیشترین میزان این صفت (۱/۸۴ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) در تیمار تلفیقی ۳۰ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا به دست آمد و باعث افزایش ۱/۱ برابری نسبت به عدم مصرف کود (شاهد) شد. به طور کلی در این آزمایش افزایش پرولین گیاه احتمالا به دلیل جذب عناصر و مواد غذایی به کمک قارچ میکوریزا و کود دامی بوده است. به نوعی گیاه از شرایط تنش خشکی فرار کرده است و با افزایش میزان پرولین سعی در کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی دارد. نتیجه این آزمایش با نتایج آزمایشی بر گیاه دارویی مرزه (۳) مغایرت دارد، آنان گزارش کردند که با افزایش سطوح تنش خشکی میزان پرولین گیاه افزایش

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

یافت اما کاربرد قارچ میکوریزا، میزان تجمع پرولین را کاهش داد.

میزان کربوهیدرات محلول برگ: تجزیه واریانس تأثیر سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای بر میزان قند محلول برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار اما برهمکنش این دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول۲). قطع آبیاری باعث افزایش معنی‌دار میزان کربوهیدرات محلول برگ نسبت به آبیاری مطلوب شد به گونه‌ای که باعث افزایش ۶۱/۴۸ درصدی نسبت به این تیمار شد. در بین سطوح منابع تغذیه‌ای بیشترین میزان کربوهیدرات محلول برگ مربوط به تیمار تلفیقی ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا بود که اختلافش با بقیه تیمارها معنی‌دار بود و کمترین میزان این صفت در تیمار عدم مصرف منابع تغذیه‌ای (شاهد)، مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری را با بقیه تیمارها نشان داد. قندهای محلول به عنوان تنظیم کننده‌های اسمزی، ثبات‌دهنده غشاءهای سلولی و حفظ-کننده تورژسانس سلول‌ها، عمل می‌کنند و در زمان وقوع تنش، محتوای این ترکیب‌ها در سلول‌های گیاهی افزایش می‌یابد. این مواد محلول سازگار با واکنش‌های آنزیمی در داخل سلول‌ها تداخل نداشته و به عنوان محافظان اسمزی در شرایط تنش کمبود آب عمل می‌کنند (۲۹). افزایش غلظت قندهای محلول در شرایط تنش خشکی در گیاهان دارویی کتان (۲۰) و همیشه بهار (۷)، گزارش شده است. در تحقیق حاضر با توجه به افزایش عناصر غذایی نظیر نیتروژن با کاربرد کودهای زیستی و آلی و نقش مؤثر این عناصر در ساخت ترکیبات ضروری سلول نظیر پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها، افزایش قند محلول برگ در نتیجه کاربرد کود دامی و میکوریزا دور از انتظار نبود. در تحقیقی بر روی گلرنگ، مصرف قارچ‌های میکوریزایی باعث روند افزایشی در مقدار قندهای محلول گردید (۱۲). در بررسی تأثیر تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی-های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.)، نتایج نشان داد که خشکی، کود زیستی نیتروژن و اثر برهمکنش آن‌ها بر تمام صفات بجز ارتفاع بوته و وزن ریشه تأثیر معنی‌داری داشت. به‌طوریکه با افزایش سطح خشکی، کاروتنوئید (۷۱٪) قندهای محلول (۳۶٪) محتوی پرولین (۴۷٪) و رنگیزه‌های فتوسنتزی (۶۳٪) افزایش یافت. بیشترین محتوی این صفات زمانی حاصل شد که از کود زیستی بصورت بذرمال استفاده شد (۷).

عملکرد دانه: اطلاعات حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول۲)، نشانگر آن بود که اثر سطوح آبیاری و منابع تغذیه‌ای بر عملکرد دانه، معنی‌دار شد اما برهمکنش این دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار نگردید. بر اساس جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی (جدول۳)، بیشترین میزان عملکرد دانه (۴۶۴/۷۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری مطلوب به‌دست آمد که با تیمار قطع آبیاری (۳۷۳/۶۳ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری را نشان داد و باعث افزایش ۲۴/۴۰ درصدی نسبت به قطع آبیاری در مرحله گلدهی شد. در بین سطوح تغذیه‌ای، کاربرد تلفیقی کود دامی و میکوریزا باعث افزایش میزان این صفت نسبت به کاربرد جداگانه منابع تغذیه‌ای و تیمار شاهد شد و در بین تیمارهای تلفیقی کود دامی و میکوریزا با افزایش سطوح کود دامی میزان این صفت افزایش یافت به گونه‌ای که بیشترین عملکرد دانه (۵۱۸/۸۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار تلفیقی۳۰ تن کود دامی در هکتار+ میکوریزا به دست آمد که جز با تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی + میکوریزا، با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. کمترین عملکرد دانه (۲۹۵/۲۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار شاهد مشاهده شد که اختلافش با بقیه تیمارها معنی‌دار بود و تیمارهای ۱۵ تن در هکتار کود دامی و ۳۰ تن در هکتار کود دامی در یک گروه آماری قرار داشتند. کاهش عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری می‌تواند به دلیل سقط و از بین رفتن گل‌ها و دانه‌ها و همچنین کاهش تعداد دانه سالم و افزایش تعداد دانه‌های پوک در چترها باشد. با توجه به نقش مهم آب در فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه، فتوسنتز، و

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

ساخته شدن مواد مورد نیاز و همچنین انتقال قندها، مواد محلول، مواد پرورده و انتقال مجدد مواد به سمت دانه‌ها می‌توان بیان نمود که کاهش میزان آب و اعمال تنش رطوبتی بر ساخته شدن و انتقال مجدد مواد به سمت دانه‌ها تأثیرگذار بوده و از طریق کاهش پر شدن دانه و افزایش درصد پوکی دانه‌ها، سبب کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد شده است. کاربرد کودهای زیستی در شراط کم آبیاری، می‌تواند در کاهش آثار سوء تنش خشکی بر عملکرد دانه زنیان مفید باشد. به‌دلیل تأثیر مثبت کودهای زیستی بر روابط آبی گیاه میزبان، چرخه مواد غذایی و در دسترس قرار دادن و افزایش جذب عناصر غذایی در تیمار تغذیه تلفیقی می‌تواند سبب افزایش عملکرد گیاه شود (۸). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که جذب عناصر غذایی در زنیان نتیجه بهتری طی تغذیه تلفیقی کودهای زیستی نسبت به زمانی که به‌تنهایی استفاد شده‌اند، ایجاد کردند. بنابراین تغذیه تلفیقی، تمامی مشخصه‌های مؤثر بر عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در خصوص تأثیر کود دامی بر روی عملکرد دانـه زنیان، می‌توان اظهار کرد که افزایش مقادیر کود دامی بـا بهبـود مـواد آلی خاک، از طریق تأثیر بر قدرت جذب، نگهداری و فراهمـی مناسب رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتـروژن، فـسفر و پتاسیم بر روی افزایش عملکرد دانه زنیان شـد. همچنـین در رابطـه بـا برتـری تیمارهای حاوی کودهای دامی و زیـستی نـسبت بـه شاهد می‌توان بیان نمـود کـه کـاربرد تلفیقـی کودهای آلـی و زیستی، ضمن بهبود احتمالی فعالیت‌های میکروبی مفید در خاک نظیر معدنی کردن عناصر غذایی، موجب بهبود رشـد و وزن خشک گیاه زنیان و افزایش بارز عملکـرد آن در مقایسه با تیمار شاهد شود. چترهای در حال رشد با دانه‌های در حال توسعه، برای جذب مواد فتوسنتزی و آب به‌شدت رقابت می‌کنند که در زمان افزایش تنش‌های محیطی این رقابت بیشتر شده و منجر به کاهش تعداد چتر از طریق ریزش آن‌ها و در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود.

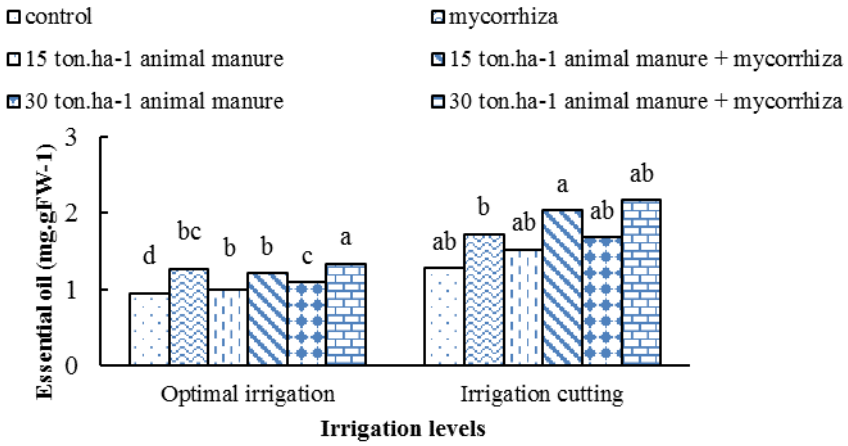
نتیجه مطالعه‌ای بر روی گیاه دارویی گشنیز نیـز مبین همین مطلب است. در این مطالعه که با استفاده از مقادیر مختلف کود حیوانی و تحت شرایط مزرعه‌ای در یک خـاک شـنی صـورت گرفت، نشان داده شد که مـصرف حـدود ۲۰ تـن کـود دامـی همراه با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برتـری محـسوسی از نظر عملکرد دانـه نسبت به سایر تیمارها داشت (۴۲). با افزیش دفعات آبیاری، جذب آب و عناصر غذایی در گیاه بیشتر می‌شود که افزایش کلی وزن تودهٔ زنده را به‌همراه خواهد داشت، اما تنش خشکی، جذب آب و عناصر غذایی، سطح برگ، سرعت رشد گیاه، طول دورهٔ رشد گیاه و سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش می-دهد و همه این عوامل در نهایت به کاهش تولید مادهٔ خشک منجر می‌شود (۱۴). پژوهشی به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی زنیان در سطوح مختلف آبیاری در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی -شهرستان نقده در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. سطوح آبیاری در سه سطح (آبیاری بعد از ۵۰ (شاهد)، ۱۰۰ (تنش متوسط) و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید) و کودهای زیستی (قارچ میکوریزا، ترکیب ازتوباکتر + فسفر بارور-۲، میکوریزا + ازتوباکتر+ فسفر بارور-۲ و شاهد) به‌ترتیب به‌عنوان کرت‌های اصلی و فرعی در آزمایش درنظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که با افزیش سطح آبیاری از ۵۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، عملکرد دانه و درصد اسانس زنیان به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در بین کودهای زیستی تیمار تلفیقی قارچ میکوریزا+ ازتوباکتر+ فسفر بارور-۲ نسبت به تیمارهای مصرف جداگانه بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مطالعه شده داشتند. در هر یک از سطوح آبیاری (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) بیشترین عملکرد دانه از تیمار کاربرد تلفیقی میکوریزا+ ازتوباکتر+ فسفر بارور-۲ (۷۸۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه از تیمار شاهد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (۱۳). نتایج تحقیق Fanaei و همکاران (۱۹) نشان داد که در گلرنگ

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

کاهش ۲۷ درصدی عملکرد دانه در شرایط قطع آبیاری در فاز رویشی به علت کاهش تعداد طبق در بوته بود همچنین قطع آبیاری در فاز زایشی به دلیل کاهش تعداد دانه در طبق و وزن هزاردانه ۴۵ درصد کاهش یافت.

درصد اسانس: اثر سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای و برهمکنش این دو فاکتور بر درصد اسانس گیاه دارویی زنیان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول۲). بر اساس داده‌های حاصل از مقایسه میانگین بر همکنش اثر سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای بر درصد اسانس (شکل۳)، در سطوح قطع آبیاری بیشترین درصد اسانس (۲/۰۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۵ تن در هکتار کود دامی+میکریزا به‌دست آمد که جز با تیمار میکوریزا با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان نداد و کمترین میزان نیز در تیمار میکوریزا (۱/۷۰ درصد) مشاهد شد. در سطوح آبیاری مطلوب نیز کاربرد کود دامی و میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس نسبت به شاهد شد به‌طوری که بیشترین میزان این صفت (۲/۸۰ درصد) از تیمار تلفیقی۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا بدست آمد که با هیچ‌کدام از تیمارها در یک گروه آماری قرار نگرفت. و کمترین میزان (۱/۶۰درصد) نیز در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل۳). از تأثیر کاربرد کود دامی بود ولی در زمان آبیاری کامل تفاوت معنی‌داری بین این تیمارها مشاهده نشد. همانطور که در قسمت نتایج مشاهده گردید بیشترین درصد اسانس در شرایط آبیاری مطلوب و کاربرد تلفیقی کود دامی و میکوریزا به دست آمد. نتایج برخی از تحقیقات نشان داد که کاربرد کودهای زیستی و دامی و فراهمی عناصر غذایی، موجب افزایش تولید اسانس شد. ازآنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند، واحدهای سازندهٔ آن‌ها مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، به ATP و NADPH نیاز مبرمی دارند (۱۵) و با توجه به این موضوع که عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری‌اند، قارچ میکوریزا و کودهای آلی از طریق فراهمی عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و عناصر کم مصرف (آهن، منگنز، روی و مس) سبب بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش مقدار اسانس این گیاه دارویی شدند. مطالعات برخی از محققان با نتایج این تحقیق همسو نبود. به عنوان مثال در مطالعه‌ای Petropoulos و همکاران (۴۱) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه جعفری گزارش نمودند که تنش خشکی سبب افزایش اسانس گیاه جعفری شد درحالی که عملکرد ماده خشک گیاه را کاهش داد. آنان افزایش تشکیل و تجمع اسانس در شرایط کم‌آبی تحت شرایط تنش خشکی را به نوعی سازوکار دفاعی و سازگاری بیوشیمیایی به شرایط محیطی نسبت دادند. Estrada و همکاران (۳۱) با مطالعه گیاه فلفل مشاهده نمودند که تنش خشکی موجب تشدید ساخت متابولیت-های ثانویه در گیاه می‌شود. میزان تشکیل مواد مؤثره گیاهان تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد.محققان در بررسی تأثیر کودهای زیستی فسفر و نیتروژن بر صفات کمّی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان تحت تنش کمبود آب دریافتند که بیشترین درصد و عملکرد اسانس گاوزبان از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی و زیستی به-دست آمد. Ahmadian و همکاران (۲) در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و مصرف کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز اعلام نمودند که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی می‌تواند ضمن کاهش اثر تنش خشکی، باعث افزایش میزان ماده مؤثره و بهبود خصوصیات کیفی اسانس زیره سبز گردیده و جایگزین آبیاری بیشتر در مرحله پر شدن دانه شود.

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196



شکل۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و سطوح تغذیه‌ای بر درصد اسانس. حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون LSD با احتمال خطای ٪۵ اختلاف معنی‌داری ندارند

نتیجه گیری

به طورکلی، اختلاف بوجود آمده بین آبیاری مطلوب و قطع آبیاری در مرحله گلدهی نشان دهنده حساسیت این گیاه به شرایط خشکی است چرا که در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه و درصد اسانس زنیان به عنوان صفات کلیدی کاهش چشمگیری داشت. نتایج آزمایش حاکی از تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی به‌ویژه در شرایط کاربرد تلفیقی آن‌ها، بر عملکرد، جذب عناصر و مقدار اسانس در زنیان بود. در سطوح مختلف تنش خشکی استفاده از کود دامی و میکوریزا سبب افزایش مقدار فسفر، کاروتنوئید و میزان اسانس نسبت به شرایط عدم استفاده از این کودها شد. به طوری‌که بیشترین میزان فسفر دانه، کاروتنوئید برگ و میزان اسانس از تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی+ میکوریزا به‌دست آمد و کمترین میزان این صفات در سطح شاهد به‌دست آمد. به نظر می‌رسد همزیستی ریشه گیاه زنیان با قارچ میکوریزا و در نتیجه افزایش توانایی گیاه در جذب آب و املاحی چون فسفر و پتاسیم به تحمل شرایط خشکی توسط گیاه کمک کرده است.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از دانشگاه یاسوج به خاطر حمایت مالی و از سرکار خانم مهندس یاسمین کرمی مسئول آزمایشگاه ژنتیک دانشکده کشاورزی به خاطر آماده‌سازی تجهیزات جهت اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱- ابلاغ، ن.، فاتح، ا.، فرزانه، م. و اسفوری، م. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد، میزان و ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودی. مجله علوم کشاورزی و تولید پایدار. ۱۸(۱):۱-۱۵.

۲- احمدیان، ع.، قنبری، ع.، سیاهسر، ب.، حیدری، م.، رامرودی، م. و موسوی نیک، س.م. ۱۳۸۹. اثر باقیمانده کودهای شیمیایی و حیوانی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، خصوصیات فیزیولوژیکی و محتوای اسانس گیاه *Matricaria chamomilla* در شرایط تنش خشکی. مجله تحقیقات محصولات زراعی ایران. ۸(۴): ۶۶۸-۶۷۶.

DOI: 10.22034/JPR.2024.2196 مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵

۳- اسماعیل‌پور، ب.، جلیل‌وند، پ. و هادیان، ج. ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۲۵(۲): ۱۶۹-۱۷۷.

۴- امامی، ع. ۱۳۷۵. روش‌های تجزیه گیاه. نشریه سازمان تحقیقات، آموزش ترویج کشاورزی، شماره ۹۸۲. موسسه تحقیقات خاک و آب، جلد اول، ۱۲۶ صفحه.

۵- ایران‌خواه، س.، گنجعلی، ع.، لاهوتی، م. و مشرقی، م. ۱۳۹۵. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۳۰(۱) : ۱۲۱-۱۱۲.

۶- ترحمی، گ.، لاهوتی، م. و عباسی، ف. ۱۳۹۸. بررسی اثرات ناشی از تنش خشکی بر روی تغییرات قندهای محلول، میزان کلروفیل و پتاسیم در گیاه نوروزک (*Salvia leriifolia Bevth*). فصلنامه علوم زیستی (دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان). ۹(۳):۱-۷.

۷- جعفرزاده، ل.، امیدی، ح.ع. و بستانی، ا. ۱۳۹۳. بررسی تنش خشکی و کود زیستی نیتروژنه بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی گیاه دارویی همیشه بهار. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲۷(۲):۱۸۰-۱۹۳.

۸- جهان، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۱. حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک (رهیافتی آگرواکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۵۰ ص.

۹- ظفری، م.، عبادی، ع. و جهانبخش، س. ۱۳۹۷. اثر توأم قارچ و باکتری بر افزایش اسمولیت‌های سازگاری در یونجه تحت تنش کم‌آبی. مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۳۱(۱):۱۵۶-۱۶۵.

۱۰- دهقانزاده، ح. و نوزادنمینی، ک. ۱۳۸۸. تأثیر تیمارهای کم‌آبیاری بر تجمع پرولین، قندهای آزاد محلول و پتاسیم در ارقام گندم نان. فصلنامه علمی اکوفیزیولوژیکی گیاهان زراعی.۱(۱):۲۰-۱۶.

۱۱- راعی، ی.، شریعتی، ج. و ویسانی، و.۱۳۹۴. تأثیر کودهای بیولوژیک بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گلرنگ در سطوح مختلف آبیاری. نشریه دانش کشورزی و تولید پایدار. ۲۵(۱): ۶۵-۸۴.

۱۲- رضائی چیانه، ا.، خرمدل س.، مولودی، آ. و رحیمی، ا. ۱۳۹۶. اثر کود نانوکلات روی و تلقیح با قارچ میکوریزا بر برخی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) در شرایط تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۵(۱):۱۶۸-۱۸۴.

۱۳- رضائی چیانه ، ا.، جلیلیان، ج.، ابراهیمیان،ا.، و سیدی م. ۱۳۹۳. اثر کودهای زیستی بر عملکرد کمی و کیفی زنیان در سطوح مختلف آبیاری. مجله به زراعی کشاورزی.۷(۳): ۷۸۸-۷۷۵.

۱۴-رضائی چیانه، ا.، سلماسی، س.، قاسمی گلعذانی، ک.، دلازار، ع.، ۱۳۹۱. تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه توده رازیانه (*Foenicolum vulgare* L.). مجله علوم کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲ (۴): ۵۵-۷۰.

۱۵-رضوانی مقدم.، پ، امین‌غفوری، ا.، بخشایی، س. و جعفری، ل.، ۱۳۹۲. تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر برخی ویژگی‌های کمی و اسانس گیاه دارویی مرزه تابستانی (*Satureja hortensis* L.). مجله آگرواکولوژی. (۲): ۱۰۵-۱۱۲.

۱۶- رضوی‌زاده، ر.، شفقت، م. و نجفی، ش. ۱۳۹۳. اثر تنش کمبود آب بر شاخص‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه زنیان. مجله زیست شناسی گیاهی ایران. ۶(۲۲): ۲۵-۳۸.

۱۷- عباس‌زاده، ب. و ذاکریان، ف. ۱۳۹۵. میزان جذب عناصر در بادرنجبویه تحت تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا آربوسکولار، شبه میکوریزا و ورمی‌کمپوست. دو ماهنامه علنی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۲(۱):۴۷-۵۹.

۱۸- عقلمند، س.، اسماعیل‌پور، ب.، عباس زاده دهجی، پ.، سلطانی طولارود، ع.ا. و جلیل‌وند، پ. ۱۳۹۵. تأثیر قارچ میکوریزا و اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیک گیاه ریحان در شرایط تنش کم‌آبی. نشریه دانش آب و خاک.۲۶(۱):۵۱-۶۶.

۱۹- فنایی، ح.، ازمل، ع و پیری، ع.، ۱۳۹۵. تأثیر کودهای بیولوژیکی و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی از صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گلرنگ تحت رژیم های مختلف آبیاری. مجله آگرواکولوژی. ۸ (۴): ۵۵۱-۵۶۶.

۲۰- موحدی دهنوی، م.، باقری، ر.، بهزادی، ی.، محتشمی، ر. و نیکنام، ن. ۱۳۹۶. مقایسه پاسخ‌های فیزیولوژیک کتان به تنش خشکی و شوری و محلول پاشی با اسید سالیسیلیک. مجله زیست شناسی گیاهی ایران. ۳۳(۹):۳۹-۶۲.

۲۱-مهدوی‌مرج، ت.، قنبری، ا. و اصغری‌پور، م.ر. ۱۳۹۴. بررسی کشت مخلوط جو و زنیان تحت تأثیر کودهای دامی و شیمیایی. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱(۴): ۶۳-۷۸.

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵
DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

۲۲- میرلوحی، ا.، محمدی، ر.، رضوی، ج.، مجیدی، م.م. و ف. نوربخش. ۱۳۸۸. تأثیر مصرف کود آلی و تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزای آن در برنج. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی.۱۶(۱):۴۳-۲۹.

۲۳- نجفی ش. ۱۳۹۲. گیاهان دارویی. انتشارات مرندیز مشهد. چاپ اول. صفحه۲۴۴.

۲۴-ویسانی، و.، رحیم‌زاده، س. و سهرابی، ی. ۱۳۹۱. تأثیر کودهای بیولوژیک بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۱): ۷۳-۸۷.

۲۵-حیدری، ن.، پوریوسف، م و توکلی، ا. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر تنش خشکی بر فتوسنتز، پارمترهای وابسته به آن و محتوی نسبی آب گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی ایران). ۲۷(۵):۸۲۹-۸۳۹.

26 -Arquero, O., Barranco, D. andBenlloch, M. 2006. Potassium starvation increases stomataconductance in olive trees. Scientica Horticulturae, 41(2): 433-436.

27-Arriagada, C.A., Herrera, M.A. and Ocampo, J.A. 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of Eucalyptus globules co-cultured with Glycine max in soil contaminated with heavy metals. Journal of Environment Management, 84: 93-99.

28-Bates, L., Waldren, R. and Teare, I. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

29- Buhnert, H.J., Nelson, D.E. and Jensen, R.G. 1995. Adaptation to environmental stresses. The Plant Cell, 7(7): 1099-1111.

30- Chaves, M.M. and Maroco, J.S. 2003. Understanding plant responses to drought: from genes to the whole plant. Functional Plant Biology, 30: 264- 239.

31- Estrada, B., Pomar, F.J., Merino, F. and Bernal, M.A. 1999. Pungency level in fruits of the Padron pepper with different water supply. Sciential Horticulture, 81(4): 385-396.

32-Foyer, C.H., Leadis, M. and Kunert, K.J. 1994. Photo oxidative stress in plants. Physiologia Plantarum, 92(4): 696-717.

33-Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K. and Hati, K.M. 2004. Comprative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology, 95(1): 85-93.

34-Hu, Y. and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity, a comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168: 541-549.

35-Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugers in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum, 84:55-60.

36-Kenan Kill, U., Gencoglan, C. and Merdan, H. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. Field Crops Research, 101: 249-254.

37-Koocheki, A., Tabrizi, L. and Nassirimahallati, M. 2007. The effect of irrigation intervals and manure on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Asian Journal of Plant Science, 6(8): 1229-1234.

38-Krinsky, N.I. 1989. Antioxidant functions of carotenoids. Free Radical Biology and Medicine, 7(6): 617-635.

39-Leithy, S., El- Meseiry, T.A. and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, Cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research, 2: 773-779.

40-Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic biomembranes. Journal of Methods in Enzymology, 148: 350-382.

41-Petropoulos, S.A., Dimitra, D., Polissiou, M.G. and Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia Horticulturae. 115: 393-397.

42-Salem, A.G. and Awad, A.M. 2005. Response of coriander plants to organic and mineral fertilizers fertigated in sandy soils. Egyptian Journal of Agricultural Research. 83(2): 829-858.

43-Sengar, S.S., Wade, L.J., Baghel, S.S., Singh, R.K. and Singh, G. 2000. Effect of nutrient management on rice in rain fed low land of

مقاله پژوهشی، صفحات ۲۹۱-۲۷۵ DOI: 10.22034/JPR.2024.2196

southeast Madhya Pradesh. Indian Journal of Agronomy, 45(2): 315-322.

44-Shariati, J., Weisany, W. and Torabian, S. 2015. Effect of azotobacter and arbuscular mycorrhizal on growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) at different irrigation regimes. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities,18(4):1-8.

45-Whitmore, A.P. and Whalley, W.R. 2009. Physical effects of soil drying on roots and crop growth. Journal of Experimental Botany, 60 (10): 2845-2857.

46-Zaller, J.G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientica Horticulturae, 112(2): 191-199.

Physiological and functional response and nutrient uptake of Ajwain (*Carum copticum* L.) to drought stress in terms of feeding with organic and biological fertilizers.

Jamalidoost M., Salehi A.*, Faraji H., Baloochi H.R. and Rostampoor P.

Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, I.R. of Iran

Abstract

In order to study some characteristics of Ajwain on response to drought stress in the conditions of feeding with organic and biological fertilizers, an experiment was conducted in a split plot design based on randomized complete block design with four replications at the Sarvestan-Fars province in the 2019-20 crop year. The main factor consisted of two levels of irrigation (optimal irrigation and irrigation cutting off at flowering stage) and the sub-factor consisted of nutritional levels (control, mycorrhiza, 15 ton.ha^{-1} manure, 15 ton.ha^{-1} manure + mycorrhiza, 30 ton.ha^{-1} manure, 30 ton.ha^{-1} manure + mycorrhiz). Drought stress significantly reduced nitrogen percent, chlorophyll content and grain yield and increased potassium, proline and total soluble carbohydrates. Use of manure and mycorrhizal fungi in both irrigation treatments increased these traits compared to non-use conditions. The highest grain phosphorus (0.88%), leaf carotenoid (2.07 mg. g^{-1} FW) and essential oil percentage (2.80%) were obtained from 30 ton.ha^{-1} animal manure + mycorrhiza and optimal irrigation, 30 ton.ha^{-1} animal manure + Mycorrhiza and irrigation cuting off and 30 ton.ha^{-1} animal manure + mycorrhiza and optimal irrigation respectively. The least amount of these traits (0.30%), (0.942 mg. g^{-1} FW) and (1.60%) were obtained in control with irrigation cuting off treatments, control treatment with optimal irrigation and control and optimum irrigation treatments, respectively. The root coexistence of the plant with mycorrhizal fungi and thus the plant's ability to absorb water and minerals such as phosphorus and potassium have contributed to the plant's tolerance to drought.

Key words: Leaf Chlorophyll, Mycorrhiza, Proline, (*Carum copticum*), Carbohydrate