به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷
صفحه‌های ۲۱۷-۲۰۵

اثر تنش خشکی و کودهای زیستی بر برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی

حسین نظری ناسی[۱]، رضا امیرنیا[۲]*، محمدرضا زردشتی[۳]

۱. دکتری، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۲. دانشیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۳. استادیار، گروه زراعت، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۰۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر کودهای زیستی بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، محتوی رطوبت نسبی آب برگ و عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشاتی به مدت دو سال در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمار تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در ۴ سطح (شامل تیمارهای بدون تنش (شاهد)، تنش ملایم، تنش متوسط و تنش شدید) و کودهای زیستی به‌عنوان عامل فرعی در ۴ سطح (شامل تیمارهای بدون کاربرد کود زیستی (شاهد)، نیتروکسین، مایکوریزا و تیوباسیلوس) بودند. نتایج تجزیهٔ واریانس مرکب نشان داد که اثر متقابل رژیم‌های رطوبتی و کودهای زیستی در صفات کلروفیل a، b و عملکرد دانه معنادار بود. تیمارهای نیتروکسین و مایکوریزا در شرایط تنش شدید خشکی غلظت کلروفیل a را به‌ترتیب ۱۵/۷۸ و ۲۱ درصد و غلظت کلروفیل b را به‌ترتیب ۴۰ و ۴۷ درصد نسبت به عدم کاربرد کود زیستی افزایش دادند. فقط تیمار مایکوریزا تأثیر مثبت و معناداری در میزان کارتنوئید و محتوای رطوبت نسبی آب برگ داشت (به ترتیب ۱۹ و ۵/۵۸ درصد افزایش در مقایسه با عدم تلقیح). با توجه به تأثیر مثبت تیمار نیتروکسین در افزایش عملکرد دانه (به ترتیب تحت شرایط تنش متوسط و شدید خشکی، ۱۳ و ۱۲/۶ درصد عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد)، پایین بودن هزینهٔ تهیه و سهولت کاربرد آن، استفاده از تیمار مذکور قابل‌توصیه است.

کلیدواژه‌ها: باکتری‌های محرک رشد، رژیم‌های آبیاری، رنگدانه‌های فتوسنتزی، قارچ مایکوریزا، محتوای رطوبت نسبی آب برگ.

* نویسنده مسئول
Email: ramirnia@gmail.com

www.SID.ir

۱. مقدمه

با وجود محدودیت منابع آب و توزیع مکانی نامناسب آن در پهنهٔ جغرافیایی کشور، متأسفانه کارایی استفاده از این منبع ارزشمند بسیار پایین است. کشاورزی پایدار با رعایت اصول اکولوژیک، می‌تواند ضمن ایجاد توازن در محیط زیست، کارایی استفاده از منابع را افزایش داده و زمینهٔ بهره‌وری برای مدت زمان طولانی‌تری را برای انسان فراهم سازد. یکی از ارکان اصلی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم های زراعی با هدف کاهش چشمگیری در مصرف آب و نهاده‌های شیمیایی است. امروزه به‌منظور حاصلخیزی خاک و تولید محصولات در کشاورزی پایدار، کودهای زیستی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی به شمار می‌آیند [۳۴].

قارچ‌های میکوریزا و باکتری های محرک رشد یکی از انواع کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند و جزء مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های همزیست با گیاهان در اغلب خاک‌ها هستند. در این همزیستی قارچ، قند، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و برخی مواد آلی دیگر را از میزبان دریافت و در مقابل مواد معدنی و به‌خصوص مواد فسفات را از خاک جذب و در اختیار گیاه قرار می‌دهد و از این طریق باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه میزبان می شوند [۱۷]. باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه از طریق تثبیت نیتروژن [۲۲]، حل کردن فسفات، آزادسازی آهن خاک از طریق تولید سیدروفور [۱۵] همچنین با تولید هورمون های گیاهی مانند اکسین سایتوکنین، جیبرلین و کاهش سطح اتیلن از طریق تولید آنزیم ACC-دآمیناز، باعث افزایش وزن ریشه، افزایش رشد طولی و انشعابات فرعی، تولید ریشه های نازک‌تر و افزایش تولید تارهای کشنده و در نتیجه افزایش سطح ریشه و جذب آب و عناصر بیشتر می‌شود [۲۹]. بنابراین، تلقیح گیاهان با این میکروارگانیسم ها باعث افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود [۵].

کدوی پوست کاغذی[1] گیاهی علفی و یکساله متعلق به خانوادهٔ کدوئیان[2] است. در اکثر فارماکوپه های معتبر جهان از بذر این گیاه و روغن حاصل از آن به‌عنوان دارو نام برده شده است [۲۸]. تحقیقات اندکی دربارهٔ نقش کودهای زیستی در افزایش رشد و عملکرد گیاه کدوی پوست کاغذی در شرایط تنش خشکی انجام شده است. گزارش شده است که گونه‌های قارچ میکوریزا توانایی متفاوتی در کاهش آثار تنش خشکی به واسطهٔ تغییر در محتوای نسبی آب برگ دارند [۳۶]. نقش گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا در بهبود محتوای نسبی آب برگ در مطالعات دیگر نیز تأیید شده است [۳۱]. همچنین، همزیستی میکوریزا با گیاهان به جذب منیزیم در گیاه کمک می کند و می‌تواند سنتز کلروفیل‌ها را افزایش دهد [۷]. مشاهده شده که کاربرد قارچ میکوریزا درگیاه دارویی اکالیپتوس باعث افزایش چشمگیر محتوای کلروفیل می‌شود [۱۰]. در گیاه رازیانه[3] کاربرد قارچ مایکوریزا تأثیر معناداری بر میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید رازیانه داشت [۱۹]. میزان کلروفیل aدر گیاه همیشه بهار[4] نیز تحت تأثیر تیمارهای باسیلوس، سودوموناس پوتیدا، دوموناس فلورسنس، ازتوباکتر و کورینه باکتریوم قرار گرفت [۳۰]. کاربرد نیتروکسین عملکرد کنجد[5] را به میزان ۲۱/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داده و تأثیر مثبت و معناداری بر تعداد کپسول در بوته، تعداد شاخهٔ فرعی و وزن هزاردانه داشته است، ولی در مقابل سبب کاهش تعداد دانه در کپسول شده است [۳۵]. همچنین، کاربرد ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در گیاه ریحان ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن خشک و تر برگ و ریشه‌ها را افزایش داد [۱۸].

1. Cucurbita pepo
2. Cucurbitaceae
3. Foeniculum vulgare
4. Calendula officinalis
5. Sesamum indicum

Archive of SID
www.SID.ir

با توجه به نبود اطلاعات کافی در زمینهٔ نحوهٔ تأثیر انواع مختلف کودهای زیستی بر عملکرد دانهٔ گیاه کدوی پوست کاغذی در شرایط تنش خشکی، این موضوع یکی از اهداف پژوهش حاضر بود. بررسی امکان کاهش میزان آب آبیاری که تأثیر کمتر و نارکارآمدتری در تشکیل عملکرد اقتصادی دارد، از ملزومات کشت این گیاه در شرایط استان زنجان است. بنابراین، تعیین حد بهینه میزان آب آبیاری برای تولید عملکرد اقتصادی قابل قبول، از دیگر اهداف این پژوهش بود.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرتهای خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و طی سال های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشگاه زنجان اجرا شد. تیمار تنش خشکی به‌عنوان عامل اصلی در ۴ سطح، شامل: بدون تنش (شاهد)، تنش ملایم، تنش متوسط و تنش شدید و کاربرد کودهای زیستی به‌عنوان عامل فرعی در ۴ سطح شامل: تیمار بدون کاربرد کود زیستی (شاهد)، استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین، مایکوریزا و تیوباسیلوس بودند.

برای اعمال تیمارهای تنش خشکی از روش پرهیز از آبیاری[1] استفاده شد [۲۱]. بدین صورت که کرت‌های آزمایشی، پس از انجام آبیاری و رسیدن مقدار رطوبت خاک به سطح ظرفیت مزرعه‌ای مورد نظر، دیگر آبیاری نشدند. برای اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و تعیین زمان آبیاری از دستگاه TDR[2] استفاده شد [۲۷]. همهٔ کرت‌های آزمایش تا یک هفته قبل از نخستین گل دهی به‌صورت یکسان آبیاری شدند سپس تیمارهای تنش خشکی به مدت یک ماه تا شروع رنگ گیری میوه‌ها اعمال شدند. برای رسیدن به سطوح ۸۵ درصد (تنش ملایم)، ۷۰ درصد (تنش متوسط) و ۵۵ درصد (تنش شدید) ظرفیت زراعی، به خاک اجازه داده شد تا به سطح رطوبتی معادل آن برسد و سپس آبیاری انجام شود. یادآور می شود در طول آزمایش از سیستم آبیاری قطره ای برای کنترل و مدیریت بهتر آبیاری استفاده شد.

در این تحقیق از رقم کاکایی کدوی تخم کاغذی که به‌واسطهٔ شرکت دارویی زردبند از مؤسسهٔ تحقیقات گیاهان دارویی کشور مجارستان تهیه شده بود، استفاده شد. طول دورهٔ رشد این گیاه حدود ۱۰۰ روز است.

کودهای زیستی از مؤسسهٔ آب و خاک کرج تهیه شدند. کود زیستی بیوسولفور طبق دستورالعمل مؤسسه و نتایج آزمایش خاک به‌صورت مخلوط ۲ کیلوگرم کود حاوی باکتری تیوباسیلوس (حاوی 10^6 عدد باکتری در هر گرم مایهٔ تلقیح) در ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در مزرعه پخش و توسط دیسک در عمق ۲۰ سانتی متری خاک استفاده شد. کود زیستی نیتروکسین استفاده شده حاوی باکتری های تثبیت کنندهٔ نیتروژن از جنس ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به میزان 10^8 سلول زنده در هر میلی لیتر بود که به مقدار دو لیتر درهکتار و به صورت بذرمال استفاده شد. عملیات بذرمال کردن کودها در سایه و به دور از تابش مستقیم نورخورشید صورت گرفت، که بلافاصله پس از خشک شدن بذرها در سایه، به کاشت بذور اقدام کرد. قارچ مایکوریزا[3] از گونه *Glomus mossae* در هنگام کاشت، از خاک آلوده به ریشه و ریسه قارچ برای هربوته به مقدار ۲۰ گرم به خاک افزوده شد (هر گرم نمونهٔ خاک حاوی حدود ۳۰۰ اسپور زنده بود).

برای اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ[4]، بلافاصله قبل از آبیاری تیمارها، از برگ های جوان در مرحلهٔ شروع

1. Irrigation withholding
2. Time Domain Reflectometry
3. Vesicular arbuscular mycorrhizae (VAM)
4. Relative Water Content (RWC)

Archive of SID
www.SID.ir

گل‌دهی بوته‌ها نمونه‌برداری انجام گرفت. از برگ‌های نمونه گیری شده، ۵ تکه تقریباً به مساحت یک سانتی‌متر مربع تهیه و بلافاصله وزن تازهٔ آن‌ها تعیین شد. سپس برگ‌ها در پتری‌های دربدار داخل آب مقطر در دمای اتاق و نور کم به مدت ۵ ساعت شناور شدند. پس از این مدت تکه های برگ از آب مقطر خارج و سطح آن ها به آرامی توسط دستمال کاغذی خشک و به‌سرعت وزن تورژسانس آن‌ها تعیین شد. سپس برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون ۸۰ درجهٔ سانتی گراد قرار گرفتند و در نهایت وزن خشک آن ها مشخص شد و با استفاده از رابطهٔ (۱) میزان محتوای نسبی آب برگ (RWC) محاسبه شد [۳۲]:

(۱)

$$\%RWC=[(W_F-W_D)/(W_T-W_D)]*100$$

RWC، درصد محتوای نسبی آب برگ؛ W_F، وزن تر برگ؛ W_D، وزن خشک برگ؛ W_T، وزن آماس برگ برای سنجش محتوای رنگیزه های فتوسنتزی، از برگ های جوان گیاه در مرحلهٔ شروع گل‌دهی بوته‌ها نمونه‌برداری انجام گرفت. مقدار ۰/۵ گرم از برگ را در هاون چینی ریخته، سپس با استفاده از نیتروژن مایع آن را خرد کرده و به خوبی له شد. ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به نمونه اضافه کرده، سپس در دستگاه سانتریفیوژ (مدل SIGMA ساخت آمریکا) با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. عصارهٔ جدا شدهٔ فوقانی حاصل از سانتریفیوژ را به فالکون منتقل کرده و مقداری از نمونهٔ داخل فالکون را در کووت اسپکتروفتومتر ریخته و سپس مقدار جذب به‌طور جداگانه در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۴۵ نانومتر برای کلروفیل b و ۴۷۰ برای کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر (مدلUV-160A، شرکت Shimadzu، ژاپن) قرائت شد. در نهایت با استفاده از فرمول‌های زیر میزان کلروفیلa ، b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه به‌دست آمد [۹].

(۲)

$$\text{کلروفیل a} = (19.3 * A663 - 0.86 * A645)\ V/100W$$

(۳)

$$\text{کلروفیل b} = (19.3 * A645 - 3.6 * A663)\ V/100W$$

$$\text{محتوای کارتنوئیدها} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227 \quad (۴)$$

در این رابطه، V، حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)؛ A، جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر؛W ، وزن تر نمونه بر حسب گرم هستند. پس از برداشت میوه‌ها و شکافتن آن‌ها با چاقوی تیز دانه‌ها با دست جمع‌آوری و شمارش شدند. دانه‌ها به مدت ۴۸ ساعت تا زمان ثابت شدن وزن در دمای ۴۵ درجهٔ سانتی‌گراد در آون نگهداری شدند تا خشک شوند. سپس عملکرد دانه در هکتار به‌دست آمد [۱۱].

قبل از تجزیهٔ داده ها، آزمون متجانس بودن واریانس ها (آزمون بارتلت) انجام شد. بررسی آماری داده‌ها شامل تجزیهٔ واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3، مقایسهٔ میانگین ها و ترسیم نمودارها به ترتیب با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 و Excel انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

۱.۳. محتوای کلروفیل‌ها

تجزیهٔ واریانس مرکب صفات کدوی طبی در دو سال آزمایش نشان داد که تیمار رژیم های رطوبتی و کودهای زیستی در سطح احتمال ۱درصد، اثر معناداری بر میزان کلروفیل های a، b و مجموع کلروفیل a + b گذاشته است. همچنین، اثر متقابل رژیم‌های رطوبتی و کودهای زیستی در صفات مذکور معنادار بود (p<۰/۰۱) (جدول ۱).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۱. تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانهٔ گیاه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و تلقیح با کودهای زیستی

منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	کاروتنوئید	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل ab	محتوای رطوبت نسبی آب برگ	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۰/۰۶ ns	۰/۸۸ ns	۵۹/۷ ns	۴۶/۰۵ ns	۶/۵۴ ns	۱۴۴۳/۰۵ ns
بلوک (سال)	۴	۱/۰۶ ns	۱۸/۴۶ ns	۱۲/۸۲ ns	۶۱/۷۷ ns	۶۰/۳۲ **	۱۸۵۲/۵۱ ns
رژیم‌های آبیاری (I)	۳	۲۶/۶۸ **	۳۲۰/۲۵ *	۲۲۹/۹ **	۱۰۸۴/۸۹ **	۴۳۴/۰۷ **	۶۳۹۱۲۲/۲ **
I×Y	۳	۱/۳۹ ns	۲۴/۴۵ ns	۰/۵۵ ns	۳۱/۵۹ ns	ns۵/ ۵۲	۸۵۶/۹۶ ns
آبیاری× بلوک(سال)	۱۲	۴/۸۲ *	۲۱/۷۲ ns	۴/۶۴ ns	۳۶/۷۱ ns	ns ۹/۹۸	۳۰۵۸/۹۹ ns
کودهای زیستی (B)	۳	۱۳/۱۶ **	۲۹۱/۵۷ **	۸۸ **	۶۹۷/۲۴ **	۱۲۷/۲۲ *	۲۲۱۶۴/۳۵ ns
B×I	۹	۰/۵۵ ns	۲۷/۵۹ **	۹/۴۲ **	۶۳/۹۲ **	ns ۷/۵۷	۴۳۹۰/۰۷ *
Y×B	۳	۳/۲۶ **	۲/۳۳ ns	۰/۹۴ ns	۶/۰۲ ns	ns ۱۱/۴۹	۴۷۵۳/۲ *
Y×B×I	۹	۰/۴۴ ns	۱/۰۲۲ ns	۰/۶۷ ns	۲/۸ ns	ns ۱۴/۹۱	۱۱۱۶/۹۹ ns
خطا	۴۸	۲/۱۸	۲۱/۳	۶/۱۹	۳۱/۷۸	۳۳/۶۳	۱۹۱۷/۱۶
ضریب تغییرات (٪)		۲۱	۹/۴۲	۲۲	۹/۳۹	۸/۱۱	۶

ns، *، ** به‌ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

در شرایط مطلوب رطوبتی، فقط کود زیستی نیتروکسین منجر به افزایش ۱۲/۳۳ درصدی محتوای کلروفیل a نسبت به عدم کاربرد کود زیستی شد، ولی تیمارهای دیگر تأثیر معناداری ایجاد نکردند. تیمارهای تلقیحی نیتروکسین و مایکوریزا به‌ترتیب در شرایط تنش متوسط خشکی ۱۱/۴۱ و ۱۱/۴۹ درصد و در شرایط تنش شدید خشکی ۱۵/۷۸ و ۲۱ درصد غلظت کلروفیل a را نسبت به عدم کاربرد کود زیستی افزایش دادند. با این حال تأثیر مثبت تیمار تیوباسیلوس فقط در شرایط تنش شدید خشکی مشاهده شد (افزایش ۵/۷۱ درصدی غلظت کلروفیل a) (جدول ۲).

روند پاسخ غلظت کلروفیل b به کودهای زیستی تا حدود زیادی مشابه کلروفیل a بود. به این شکل که در شرایط مطلوب رطوبتی، فقط کود زیستی نیتروکسین تأثیر مثبتی ایجاد کرد. همچنین، در شرایط تنش متوسط و شدید خشکی تیمار نیتروکسین به‌ترتیب ۳۴/۲ و ۴۰ درصد و تیمار مایکوریزا به‌ترتیب ۳۲/۷ و ۴۷ درصد غلظت کلروفیل b را نسبت به عدم کاربرد کود زیستی افزایش دادند. اما، برخلاف کلروفیل a تیمار تیوباسیلوس تأثیر معناداری در غلظت کلروفیل b ایجاد نکرد (جدول ۲). به این ترتیب غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی واکنش تقریباً مشابهی به تغییرات رژیم رطوبتی خاک و کاربرد کودهای زیستی نشان دادند.

بیشترین میانگین برای مجموع کلروفیل های a و b در شرایط مطلوب رطوبتی (شاهد) ۷۵/۷۵ میکروگرم در گرم وزن تر، و در شرایط تنش شدید ۶۱/۸۷ میکروگرم در گرم وزن‌تر به‌ترتیب در تیمارهای نیتروکسین و مایکوریزا حاصل شد (جدول ۲).

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۲. مقایسات میانگین رنگدانه‌های فتوسنتزی و عملکرد دانه گیاه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و تلقیح با کودهای زیستی

رژیم‌های آبیاری	کودهای زیستی	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن‌تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن‌تر)	کلروفیل b+a (میلی‌گرم در گرم وزن‌تر)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
شاهد	شاهد	۵۰/۳±۳/۰۳bcd	۱۳/۸۶±۰/۹۸ bcd	۶۴/۱۶±۲/۲۱ bcd	۹۰۱±۱۷/۳۵ a
	نیتروکسین	۵۷/۳۸±۰/۶۵a	۱۸/۳۶±۰/۴۵a	۷۵/۷۵±۰/۷۵a	۹۱۹±۱۹/۴۴ a
	مایکوریزا	۵۴/۳۵±۱/۵۷ab	۱۵/۰۲±۰/۴۴b	۶۹/۳۸±۱/۶۶ b	۹۵۳±۱۸/۷۲a
	تیوباسیلوس	۵۲/۶۹±۱/۳۵abc	۱۴/۲۵±۰/۷۹ bc	۶۶/۹۴±۲ bc	۹۴۳±۶/۶ a
تنش ملایم	شاهد	۴۹/۲۳±۱/۳۵bcde	۱۱/۲۶±۰/۶۱ cdef	۶۰/۵±۱/۸۳ cde	۷۵۹±۹/۸b
	نیتروکسین	۵۴/۹±۰/۵۹ ab	۱۲/۷۵±۰/۴۴bcde	۶۷/۶۵±۰/۷۷ bc	۸۱۲±۱۱/۸۹ b
	مایکوریزا	۴۹/۹±۲/۹۸bcde	۱۰/۶۹±۱/۶۳ defg	۶۰/۶±۴/۵۶ cde	۷۹۸±۲۵/۲ b
	تیوباسیلوس	۴۵/۲۲±۰/۷۲defg	۹/۲۳±۰/۵۵fghi	۵۴/۴۵±۱/۰۷ efg	۷۵۹±۴۰/۴ b
تنش متوسط	شاهد	۴۴/۶۴±۱/۸۴efg	۷/۸±۱/۰۵ghij	۵۲/۴۵±۲/۸۲fgh	۵۹۵±۱۲/۵۲d
	نیتروکسین	۵۰/۳۸±۰/۷۸bcd	۱۱/۸۷±۰/۵۴ cdef	۶۲/۲۶±۱/۳۱ cd	۶۸۵±۲۰/۳۸c
	مایکوریزا	۵۰/۴۴±۱/۰۵bcd	۱۱/۶±۱/۲۳ cdef	۶۲/۰۵±۱/۷۸ cd	۷۰۰±۸/۹ c
	تیوباسیلوس	۴۳/۲۶±۱/۴fg	۷/۰۵±۱/۸۸hij	۵۰/۳۱±۱/۱۳gh	۶۱۱±۱۳/۵۸d
تنش شدید	شاهد	۴۰/۰۷±۲/۳۴g	۵/۷۹±۱/۴۷j	۴۵/۸۷±۳/۷۴h	۴۹۲±۱۸/۴۸e
	نیتروکسین	۴۷/۵۸±۰/۶۷cdef	۹/۸۲±۰/۶۵ efgh	۵۷/۴۱±۱/۳۳ def	۵۶۳±۱۴/۷۵d
	مایکوریزا	۵۰/۷۹±۰/۵۹bcd	۱۱/۰۷±۰/۷۸ cdef	۶۱/۸۶±۱/۲۹ cd	۵۷۳±۱۲/۸۲ d
	تیوباسیلوس	۴۲/۵±۳/۰۴ fg	۶/۲۹±۰/۷۳ij	۴۸/۸±۳/۱۷gh	۵۸۹±۱۸/۳ d

مقادیر، نمایانگر میانگین سه تکرار در طول دو سال آزمایش است. حروف مشابه، با یکدیگر اختلاف معناداری را ندارند.

غلظت کلروفیل، شاخصی برای ارزیابی قدرت منبع[1] شناخته می شود، از این رو کاهش میزان فتوسنتز و در نتیجه کاهش عملکرد طی تنش خشکی، می‌تواند در اثر کاهش غلظت کلروفیل باشد. بنابراین، حفظ کلروفیل های موجود و افزایش ساخت آن ها در شرایط تنش، نقش کلیدی در پایداری عملکرد دارد. میسلیوم‌های قارچ با نفوذ به بافت های درونی ریشه و تشکیل سیستم مکمل جذب، به افزایش گسترش ریشه در خاک انجامیده و در نتیجه، ریشه‌ها به فضای بیشتری از خاک دسترسی پیدا می‌کنند.

به این ترتیب این سیستم مکمل جذب، قابلیت بیشتری برای دستیابی به آب، انحلال عناصر غذایی (با تولید آنزیم‌هایی مثل فسفاتاز) و انتقال عناصر غذایی دارد. مقاومت به خشکی با وضعیت تغذیه‌ای گیاه نیز مرتبط

1. Source strength

Archive of SID
www.SID.ir

است. بنابراین، قارچ مایکوریزا با فراهم کردن عناصری مثل منیزیم که در ساختار کلروفیل ها نقش مهمی دارد، به افزایش سنتز کلروفیل ها و افزایش مقاومت به خشکی منجر شده است. همچنین، مشاهده شده است که در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا میزان هورمون های سیتوکنین و جیبرلین افزایش می‌یابد که افزایش هورمون‌های مذکور به‌ویژه سیتوکنین می‌تواند از طریق باز شدن بیشتر روزنه‌های هوایی و در نتیجه جابه‌جایی و تنظیم محتوای کلروفیل در افزایش شدت فتوسنتز مؤثر باشد [۸]. همچنین همزیستی مایکوریزایی احتمالاً می تواند به‌عنوان محرک متابولیسمی عمل کند که سبب جابه‌جایی قاعده گرایی فرآورده‌های فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها شده و بدین سان محرکی برای انجام فعالیت فتوسنتزی بیشتر باشد [۴].

فقط تیمار نیتروکسین در شرایط مطلوب رطوبتی محتوای کلروفیل a و b را افزایش داد. افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه و وجود آب کافی در خاک، شرایط مساعدی را برای افزایش سنتز کلروفیل ها، فراهم آورده است. اگرچه افزایش میزان نیتروژن گیاه در سطح تنش متوسط و حتی شدید خشکی نیز محتوای کلروفیل‌ها را افزایش داد. این نتایج رابطهٔ نیتروژن با غلظت کلروفیل را در گیاه کدوی طبی به وضوح نشان می‌دهد. نیتروژن جزء ترکیب اصلی کلروفیل های a و b است. همچنین، در ترکیب شمار زیادی از آنزیم های مؤثر در سنتز کلروفیل نقش دارد [۱۳]. حداقل ۲۵ درصد و معمولاً ۷۵ درصد نیتروژن برگ ها در کلروپلاست قرار دارد و این نیتروژن نقش آنزیمی در استروما و لاملا دارد. پروتئین و کلروفیل در لاملا تشکیل کمپلکس می‌دهند. نیتروژن در ترکیب پروتئین های همراه کلروفیل وجود دارد که نقش اساسی در محافظت و حفظ کارکرد صحیح کلروفیل دارند [۲۴].

در تأیید نتایج به‌دست آمده، گزارش شده که باکتری های ازتوباکتر و آزسپیریلیوم غلظت کلروفیل‌ها را در گیاه گشنیز به‌طور چشمگیری افزایش دادند [۱۶]. همچنین، نتایج مطالعه ای در گیاه همیشه بهار مؤید تأثیر مثبت ازتوباکتر و باسیلوس در محتوای کلروفیل این گیاه بود [۳۰].

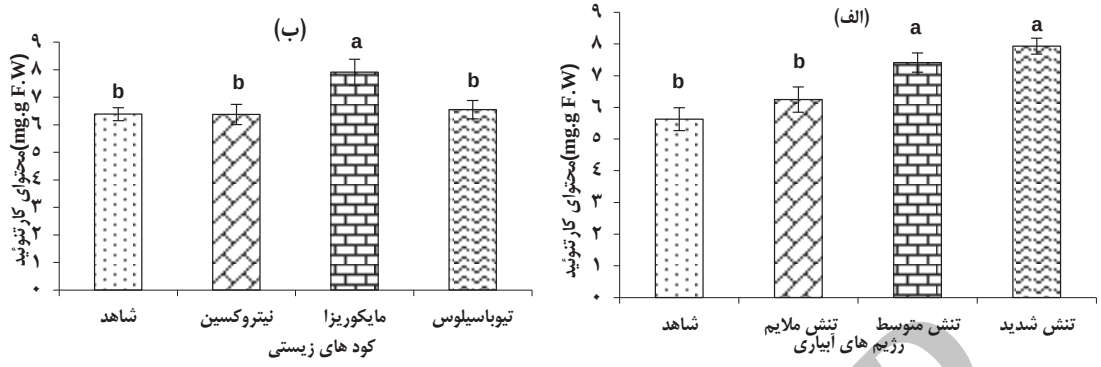
۲.۳. محتوای کاروتنوئید

میزان کاروتنوئید برگ به طور معناداری تحت تأثیر تیمار رژیم های رطوبتی و کودهای زیستی قرار گرفت ($p<$۱٪). اما اثر متقابل رژیم های رطوبتی و کودهای زیستی در این صفت معنادار نبود (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین محتوای کارتنوئید برگ در رژیم‌های مختلف رطوبتی نشان داد که حتی سطح ملایم تنش خشکی تا حدودی به افزایش میزان کاروتنوئید انجامید. اما، افزایش بیشتر و معنادار در سطوح تنش متوسط و شدید خشکی مشاهده شد (به ترتیب ۲۴ و ۲۹ درصد افزایش در مقایسه با تیمار شاهد) (شکل ۱-الف). نتایج این آزمایش با یافته‌های محققان دیگر مطابقت دارد [۶و۱۲]. نتایج نشان می دهد، در شرایط تنش های محیطی محتوای کاروتنوئیدها به‌طور معنادار افزایش پیدا می‌کند و به دلیل نقش محافظتی که برای کلروفیل ها دارند، از تجزیهٔ کلروفیل‌ها به‌ویژه در تنش شدید خشکی و نوری جلوگیری می‌کنند.

کودهای زیستی نیتروکسین و تیوباسیلوس تأثیر معناداری روی میزان کارتنوئید برگ نداشتند. اما، میزان کارتنوئید برگ طی تلقیح با قارچ مایکوریزا (۷/۹ میلی گرم در گرم وزن تر) در مقایسهٔ با عدم تلقیح (۶/۳۸ میلی گرم در گرم وزن تر) ۱۹ درصد بیشتر بود (شکل ۱-ب). افزایش محتوای کاروتنوئید برگ طی تیمار با قارچ مایکوریزا در گیاه سیب زمینی [۲۳] و لوبیا [۳] نیز گزارش شده است. افزایش میزان کارتنوئیدهای برگ در تیمار با قارچ مایکوریزا را می‌توان به افزایش چشمگیری عنصر فسفر نسبت داد زیرا فسفر، حامل انرژی در فرآیند فتوسنتز است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱. مقایسه میانگین محتوای کاروتنوئید گیاه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری (الف) و تلقیح با کودهای زیستی (ب). مقادیر نمایانگر میانگین سه تکرار در طول دو سال آزمایش هستند. ستون‌های دارای حروف مشابه با یکدیگر اختلاف معناداری ندارند.

۳.۳. محتوای نسبی آب برگ

نتایج جدول تجزیهٔ واریانس نشان داد کـه محتـوای نسـبی آب برگ تحت تـأثیر تیمارهـای تـنش خشـکی ($p<$٪۱) و کودهـای زیسـتی قـرار گرفـت ($p<$٪۵). ولـی اثـر متقابـل تیمارهای تنش خشکی و عامل کودهای زیستی بر محتوای نسبی آب برگ معنادار نبود (جدول ۱).

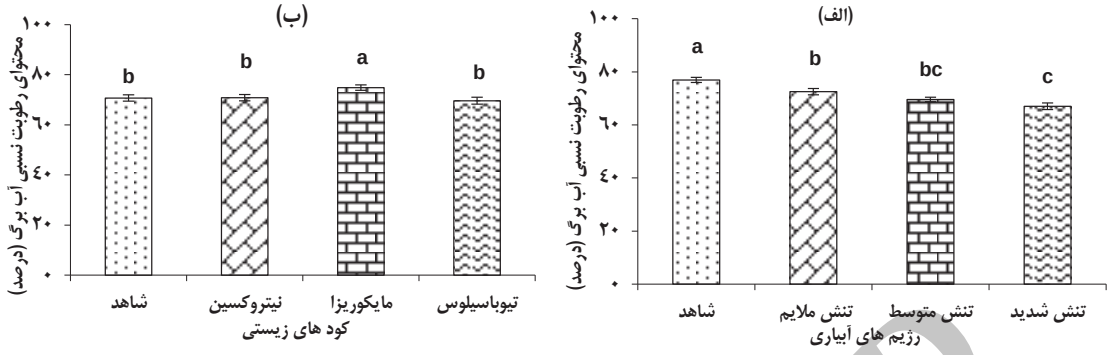
نتـایج مقایسـهٔ میـانگین محتـوای نسـبی آب بـرگ در رژیم‌های مختلف رطوبتی نشان داد که حتـی سـطح ملایـم تـنش خشـکی بـه کـاهش معنـادار میـزان آن (۵/۷ درصـد کاهش نسبت به تیمار شاهد) منجر شد. اما، کاهش شدیدتر در میزان محتوای نسـبی آب بـرگ در سـطح تـنش شـدید خشکی مشاهده شد (۱۲/۸۸ درصد کـاهش در مقایسـه بـا تیمار شاهد) (شکل ۲-الف).

در کل محتوای نسبی آب برگ گیاه کدوی طبی حداقل تا سطح تنش متوسط خشکی دامنهٔ تغییرات پایینی داشت و تقریباً سطح بالای محتوای نسبی آب بـرگ خـود را حفـظ کرد. به طوری که محتـوای نسـبی آب بـرگ آن در شـرایط تنش متوسط خشکی و سطح ملایم تنش در گروهی آماری قرار گرفتند. این امر تا حدودی نشان‌دهندهٔ پایداری نسـبی محتوای نسبی آب برگ این گیاه در شرایط تـنش خشـکی است.

همچنین کودهـای زیسـتی نیتروکسـین و تیوباسـیلوس تأثیر معناداری بر محتـوای نسـبی آب بـرگ نداشـتند. امـا، مقدار این صفت طـی تلقـیح بـا قـارچ مـایکوریزا (۷۴/۸۴ درصد) در مقایسـه بـا عـدم تلقـیح (۷۰/۶۸ درصـد) ۵/۵۸ درصد افزایش یافت (شکل ۲-ب).

در تأیید نتایج این تحقیـق گـزارش شـده مـایکوریزا با تولید ترکیبات مختلف محرک رشد از جمله فیتوهورمون‌ها موجب بهبود رشد ریشه مـی‌شود [۳۶]. افزایش رشد ریشه در وضعیت تنش خشکی، مزیت‌ی عمده به شمار مـی‌رود. چون باعث افزایش جذب آب و بهبود محتوای رطوبت‌نسبی آب در وضعیت تنش خشکی مـی‌شود و گیاه را به تنش خشکی سازگار می‌کند [۲۵و۳۵]. بهبـود روابـط آبی گیاه توسط میکوریزا ممکن است به سبب جذب میزان بیشتری آب به واسطهٔ تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب از طریق هیف‌های قارچ باشد [۱۲].

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین محتوای رطوبت نسبی آب برگ در گیاه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری (الف) و تلقیح با کودهای زیستی (ب). مقادیر نمایانگر میانگین سه تکرار در طول دو سال آزمایش هستند. ستون‌های دارای حروف مشابه اختلاف‌های غیرمعنادار را نشان می‌دهند.

۴.۳. عملکرد دانه

عملکرد دانهٔ گیاه کدوی طبی تحت تأثیر اثر متقابل تیمارهای تنش خشکی و کودهای زیستی قرار گرفت ($p<٪۵$) (جدول ۱). تفاوت بین تیمارهای مختلف کود زیستی در رابطه با عملکرد دانه، بسته به نوع رژیم رطوبتی متفاوت بود (شکل ۲). به‌طورکلی با افزایش شدت تنش صرف نظر از نوع تیمار کودی، عملکرد دانه به‌طور چشمگیری کاهش یافت. تحت شرایط عدم تنش رطوبتی یا تنش ملایم تفاوت معناداری بین تیمارهای کود زیستی و نیز بین این تیمارها و تیمار شاهد (عدم استفاده از کود زیستی) وجود نداشت. با افزایش شدت تنش تأثیر تیمارهای کود زیستی افزایش یافت. بدین نحو که تحت تنش متوسط کاربرد مایکوریزا و نیتروکسین به‌عنوان کودزیستی، به افزایش معنادار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد.

در شرایط تنش شدید کاربرد هر سه نوع کود زیستی با افزایش معنادار عملکرد دانه همراه بود هر چند بین این سه تیمار تفاوت چشمگیری مشاهده نشد. در همین رابطه گزارش شده که کاربرد قارچ مایکوریزا به‌عنوان کود زیستی با افزایش چشمگیر در عملکرد دانهٔ گشنیز همراه است [۱]. همزیستی میکوریزا از راه بهبود جذب فسفر، توانایی برخی از گیاهان زراعی را برای مقاومت به تنش های محیطی بهبود می‌بخشد [۲۰]. همزیستی میکوریزایی اثرهای نامطلوب بسیاری از تنش های محیطی نظیر شوری [۲۰]، غلظت عناصر سنگین [۳۳] و نیز تنش خشکی [۲۶] را در گیاه میزبان کاهش می دهد. همچنین، گزارش شده است که تلقیح بذور سویا با تیوباسیلیوس، به افزایش معنادار عملکرد دانه می‌انجامد [۲]. باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک نیتروکسین علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر پر مصرف و ریز مغذی مورد نیاز گیاه، ترشح اسیدهای آمینه و انواع آنتی‌بیوتیک، سیانید هیدروژن و سیدروفور را نیز بر عهده دارند و موجب رشد و توسعهٔ ریشه و قسمت های هوایی گیاهان، محافظت از ریشه‌ها در برابر عوامل بیماری‌زای خاکزی و در نتیجه افزایش محصول می‌شود [۱۴].

در کل، مقادیر عملکرد دانه در سطح تنش شدید (۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) همراه با کاربرد کودهای زیستی تقریباً برابر با مقدار آن در سطح تنش متوسط (۷۰ درصد

Archive of SID
www.SID.ir

ظرفیت مزرعه ای) و بدون کاربرد کودهای زیستی بود و در گروهی آماری قرار گرفتند. بدین ترتیب می توان با کاربرد کودهای زیستی، مقادیری از آب مصرفی که تأثیر کمتر و نارکارآمدتری در تشکیل عملکرد اقتصادی گیاه کدوی طبی دارد را حذف کرد. در کل، بین انواع کودهای زیستی، تیمار با قارچ مایکوریزا نسبت به تیمار نیتروکسین، تأثیر بیشتری در میزان کارتنوئید و محتوای رطوبت نسبی آب برگ داشت. با این حال، این تأثیرات مثبت بیشتر، در عملکرد دانه نمود نداشت. به این ترتیب، در شرایط تنش متوسط تأثیر تیمار مایکوریزا و نیتروکسین و در شرایط تنش شدید، تأثیر هر ۳ نوع کود زیستی مورد مطالعه در صفات مذکور تقریباً مشابه بود و در گروهی آماری قرار گرفتند. اما از آنجایی که کاربرد تیمارهای تیوباسیلوس و مایکوریزا مستلزم استفاده از ادوات کشاورزی و نیروی کارگری زیادی است و دربارهٔ تیمار تیوباسیلوس، هزینهٔ تهیه کود گوگرد (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) نیز اضافه می‌شود، بنابراین با توجه به تأثیر مثبت تیمار نیتروکسین در افزایش غلظت کلروفیل a و b، عملکرد دانه (تحت شرایط تنش متوسط و شدید خشکی به‌ترتیب ۱۳ و ۱۲/۶ درصد افزایش در عملکرد دانه)، پایین بودن هزینهٔ تهیه و سهولت کاربرد آن (به صورت بذر مال)، به نظر می‌رسد در گیاه کدوی پوست کاغذی استفاده از کود زیستی نیتروکسین مقرون به صرفه‌تر باشد.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این تحقیق چنین استنباط می‌شود که حداقل بخش مهمی از کاهش عملکرد دانه گیاه کدوی پوست کاغذی به دلیل کاهش فتوسنتز بوده که در نهایت ناشی از کاهش رنگدانه های فتوسنتزی (شاخصی از توان فتوسنتز گیاه) است. هم سو بودن افزایش محتوای رنگدانه ای گیاه و عملکرد دانه آن با کاربرد کودهای زیستی به ویژه مایکوریزا و نیتروکسین در شرایط تنش مؤید تأثیرات مثبت آن‌ها از طریق صفات فیزیولوژیک گیاه است. بنابراین، به نظر می رسد می توان حدود رطوبتی مناسب برای این گیاه را به‌نحوی که کاهش رطوبت خاک، به کاهش فاحش در عملکرد اقتصادی منجر نشود، با کاربرد کودهای زیستی تغییر داد. در نتیجه، به دلیل هزینهٔ کم و سهولت کاربرد کود زیستی نیتروکسین، در مناطقی که با تنش خشکی شدید همراه هستند می‌توان از این راهکار استفاده کرد.

منابع

۱. بستامی ا و مجید مجیدیان (۱۳۹۴) تأثیر میکوریزا، کود فسفات زیستی و کود دامی بر مقادیر رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد گشنیز (*Coriandurum sativum* L.). تولیدات گیاهی (مجلهٔ علمی کشاورزی). ۳۸ (۴): ۴۹-۶۰.

۲. دباغیان ز، عباسیان ا، پیردشتی ه ا و بهاری ساروی ح (۱۳۹۴) تأثیر کودهای زیستی تیوباسیلوس، ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و گوگرد آلی بر گره‌زایی و عملکرد سویا (*Glycine max* L.). نشریه زراعت. ۲۸ (۱۰۷): ۱۷-۲۵.

۳. پارسامطلق ب، محمودی س، سیاری م و نقی‌زاده م (۱۳۹۰) تأثیر قارچ میکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط تنش شوری. مجلهٔ بوم‌شناسی کشاورزی. ۳ (۲): ۲۳۷-۲۴۸.

۴. ناظم‌السادات م ج و کاظمینی ع ر (۱۳۸۶) تأثیر تنش آبی و تابش فعال فتوسنتزی بر سرعت فتوسنتز گندم. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴ (۶): ۳۴-۴۳.

Archive of SID
www.SID.ir

5. Abbas-zadeh P, Savaghebi GR, Asadi-Rahmani H, Rejali F, Farahbakhsh M. Motesharezadeh B and Omidvari M (2012) The effect of fluorescent pseudomonas on increasing the solubility of zinc compounds and improve its absorption by bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Soil Research. 26 (2): 197-206.

6. Abdalla MM and El-Khoshiban NH (2007) The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* L. cultivars. Journal Applicaition Science Research. 3 (12): 2062-2074.

7. Allen MF and Boosalis MG (1992) Effect of two species of VA mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. New Phytologyst. 93: 67-76.

8. Allen M Moore JTS and Christensen M (1982) Phytohormone changes in Bouteloua gracilis infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae: II. Altered levels of gibberellin like substances and abcsisic acid in the host plant. Canadian Journal of Botany. 60: 468-471.

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

10. Arriagada CA, Herrera MA and Ocampo JA (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 Environmental Management. 84: 93-99.

11. Augé RM (2004) Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science. 84: 373-381.

12. Cheng NH, Pittman JK, Zhu JK and Hirschi KD (2004) The protein kinase SOS2 activates the Arabidopsis H+/Ca2+ antiporter CAX1 to integrate calcium transport and salt tolerance. Journal of Biological Chemistry. 279 (4): 2922-2926.

13. Fageria NK, Morais OP and Santos AB (2010) Nitrogen use efficiency in upland rice genotypes. Journal Plant Nutrition. 33: 1696-1711.

14. Gilik BR, Penrose D and Wenbo M (2001) Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances. 19: 135- 138.

15. Glick BR (1995) The enhancement of plant growth by-free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiol. 41: 109-117.

16. Jahanshahi Sh, Baghreizadeh M and Abotalebi A (2013) Effect of vermi compost, azotobacter and barvar II on some quantitative and qualitative traits of coriander (*Coriandrum sativum* L.) medicinal plant. Journal of Crop Production Research. 4(4): 391-400.

17. Johansen A, Jakobsen I and Jensen ES (2003) Hyphal N transport by a vesicular-arbuscular mycorrhiza fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. Plant and Soil. 160: 1-9.

18. Kandeel AM, Naglaa SAT and Sadek A (2002) Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of Ocimum basilicum L. Annals of Agricultural Science. 47: 351-371.

19. Kapoor R, Giri B and Mukerji KG (2004) b improved growth and essential oil yield and quality in (*foeniculum vulgare Mill.*) on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. Bio resource Technology. 93: 307-311.

20. Kaya C, Ashraf M, Sonmez O, Aydemir S, Levent-Tuna A and Cullu MA (2009) The influence of arbuscular mycorrhizal colonization on key growth parameters and fruit yield of pepper plants grown at high salinity. Scientia Horticulturae. 121 (1): 1-6.

Archive of SID
www.SID.ir

21. Krizek DT (1985) Methods of inducing water stress in plants. Horticulyure Science. 20 (6): 1027-1038.

22. Lifshtiz R, Kloepper WE, Kozlowski M, Simonson C, Carlson J, Tipping EM and Zaleska I (1987) Growth promotion of canola (rapeseed) seedlings by a strain of Pseudomonas putida under gnotobiotic conditions. Canadian Journal of Microbiology. 33 (5): 390-395.

23. Louche-Tessandier D, Samson G, Hernandez-Sebastia C, Chagvar diff P & Desjardins Y (1999) Importantance of light and CO_2 on the effects of endomycorrizal colonization on growth and photosynthesis of potato plantlets (*Solanum tuberosum*) in an in vitro tripartite system. New Phytolology. 142 (3): 539-550.

24. Marschner H (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. (2nd Ed). Academic Press, USA.

25. Merah O (2001) Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. Journal Agriculture Research. 137 (2): 139-145.

26. Neumann E and George E (2009) The effect of arbuscular mycorrhizal root colonization on growth and nutrient uptake of two different cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) genotypes exposed to drought stress. Emir Faculty of Food and Agriculture. 21 (2): 01-17.

27. Noborio K, Horton R and Tan CS (1999) Time domain reflectometry probe for simultaneous measurement of soil matric potential and water content. Soil Science Societies of American Journal. 63 (6):1500-1505.

28. Sajedi N and Ardekani A (2008) Effect of nitrogen fertilizer, iron on the physiological indices forage maize in central provinces. Iran. Stud. Journal Agronomy. 6 (1): 99-110.

29. Sarcheshmeh poor M, savaghebi GR, Siadat H and Alikhani HA (2014) The effect of plant growth rhizobacteria on improvement of growth and nutrition of pistachio seedlings under drought stress. Iranian Journal of Soil Research. 27(1): 107-119.

30. Sheikhi-Ghahfarokhi F (2014) Effect of seed biopriming by PGPR bacteria on germination indices, growth and yield of *Calendula officinalis* L. M.Sc. Thesis in Seed Science and Technology, Shahrekord University. 93 pp.

31. Sheng M, Tang M, Chen H, Yang B, Zhang F and Huang Y (2008) Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. Mycorrhiza. 18 (6): 287-296.

32. Turner NC (1981) Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil. 58 (1): 339-366.

33. Vogel-Mikuš K, Pongrac P, Kump P, Nečemer M and Regvar M (2006) Colonization of a Zn, Cd and Pb hyper accumulator Thlaspi praecox Wulfen with indigenous arbuscular mycorrhizal fungal mixture induces changes in heavy metal and nutrient uptake. Environmental Pollution. 139 (2): 362-371.

34. Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC and Wong MH (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizer and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125 (1-2):155-166.

35. Yasari E and Patwardhan M (2007) Effects of Azotobacter and Azospirillum Inoculants and Chemical Fertilizers on Growth and Productivity of Canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences. 6 (1): 77-82.

36. Zou YN and Wu QS (2011) Efficiencies of five arbuscular mycorrhizal fungi in alleviating salt stress of trifoliate orange. International Journal of Agriculture and Biology. 13 (6): 991-995.

Archive of SID
www.SID.ir

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 20 ■ No. 1 ■ Spring 2018

Effect of drought stress and biofertilizers on some physiological characteristics and grain yield of medicinal pumpkin plants

Hosein Nazari-Nasl[1], *Reza Amirnia*[2*], *Mohammadreza Zardashti*[3]

1. Former Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia university, Urmia, Iran
2. Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia university, Urmia, Iran
3. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia university, Urmia, Iran

Received: December 21, 2016 **Accepted: February 20, 2017**

Abstract

In order to study the effects of biofertilizers on the photosynthetic pigments, relative water content (RWC) and grain yield in medicinal pumpkin plants under drought stress condition, experiments were perfumed across two years at research field station of Zanjan University. This experiment was conducted as a split plot based on randomized complete blocks design with three replications. The experiment treatments consisted of drought stress as a main plot in four levels (i.e., control, mild stress, moderate stress and severe stress and biofertilizers as a sub-plot (i.e., no inoculation (control), nitroxin, mycorrhizha and thiobacillus)). Results of combined analysis of variance showed a significant association between irrigation regimes and biofertilizers in terms of chlorophyll a, b and grain yield. Under severe stress condition, nitroxin induced 15.78% and 40% growth in terms of chl a and chl b contents and mycorrizha treatment induced 21% and 47% growth in terms of chl a and chl b contents in comparison with the control, respectively. Only mycorrizha treatment had a positive effect on the RWC and carotenoid content (increased 19% and 5.58% in comparison with no inoculation). Regarding positive effects of nitroxin treatment on increasing of grain yield (under moderate and severe stress condition, caused to 13% and 12.6 % increases in grain yield in comparison with the control, respectively), low cost and easy application, use of mentioned treatment can be recommended.

Keywords: irrigation regimes, mycorrhiza fungi, PGPB, photosynthetic pigments, relative water content.

Corresponding Author: ramirnia@gmail.com

www.SID.ir