نشریه زیست‌شناسی خاک / جلد 9 / شماره 1 / 1400
Archive of SID

مطالعه اثرات *Funneliformis mosseae* و *Pseudomonas fluorescens* بر برخی از مولفه‌های رشدی و تغذیه‌ای گیاه ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه‌ای

محمد صالحی، علی فرامرزی[1]، منوچهر فربودی، ناصرمحبعلی پور و جلیل اجلی

دانشجوی سابق دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ **mohsale@gmail.com**

استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ **aliifaramrzii52@gmail.com**

استادیار گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ **farboodi1962@gmail.com**

استادیار گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ **n.mohebalipour@gmail.com**

استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران؛ **jalil.ajali@yahoo.com**

دریافت: **99/4/31** و پذیرش: **99/7/23**

چکیده

به منظور ارزیابی تلقیح فنلی فورمیس موسه و سودوموناس فلورسنس سویه 169در تقلیل اثرات تنش خشکی بر روی ماش رقم پرتو، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در پاییز 1396 در گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه اجرا شد. تیمارهای تنش خشکی در سه مرحله شامل آبیاری نرمال، قطع آبیاری موقع گل‌دهی و قطع آبیاری موقع غلاف بندی و تیمارهای تلقیح شامل: بدون تلقیح، تلقیح با فنلی فورمیس موسه، تلقیح با سودوموناس فلورسنس سویه 169 و تلقیح توأم فنلی فورمیس موسه و سودوموناس فلورسنس سویه 169 بود. نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه بغیر از میزان فسفر و طول غلاف معنی دار بوده و بین تیمارهای نوع تلقیح از لحاظ صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، میزان فسفر و تعداد دانه در غلاف اختلاف معنی دار وجود دارد. اثرات متقابل نوع تلقیح و تنش خشکی از لحاظ صفات ارتفاع بوته، میزان نیتروژن برگ و محتوی آب نسبی برگ به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار گردید. بر اساس مقایسه میانگین صفات کاهش در اکثر صفات مورد مطالعه با اعمال تنش مشهود بود. با اعمال تنش محتوی کلروفیل و میزان نیتروژن گیاه افزایش یافت. بیش ترین درصد کلونیزاسیون ریشه با 55/4 درصد در تلقیح با سودوموناس فلورسنس سویه 169 مشاهده شد که با تلقیح توأم باکتری و قارچ اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. تیمارهای تلقیح نسبت به تیمار شاهد میانگین صفات بررسی شده بالاتری را نشان دادند. بیشترین مقدار فسفر دانه در گیاهان تلقیح شده با فنلی فورمیس موسه با 28/5 درصد و بیشترین میانگین تعداد دانه در غلاف در تیمار تلقیح توأم فنلی فورمیس موسه + سودوموناس فلورسنس سویه 169 با 50/7 درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، تلقیح میکروبی، فسفر، ماش، نیتروژن

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: ایران، میانه، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پایداری اکوسیستم های مختلف با به کاربردن میکروارگانیسم های خاک جهت ایجاد شرایط لازم برای جذب عناصر معدنی (به ویژه عناصر با تحرک اندک در خاک) و آب توسط گیاهان به منظور بهبود شرایط تغذیه-ای گیاه و افزایش مقاومت آن در برابر تنش‌های محیطی از جمله کمبود آب قابل دسترس به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است (قربانیان و همکاران، 1393). آزمایشات نشان می‌دهد که این قارچ‌ها می‌توانند به خوبی با ریشه‌های گیاه همکاری داشته و شبکه میکوریزی[1] در درون و بیرون ریشه‌های گیاه تشکیل دهند و تولید محصول تحت شرایط کمبود آب را افزایش دهند (موکرجی وکاملا، 2003; اگو، 2001). گزارش شده است که تلقیح ماش با قارچ میکوریزا تا 49/61 درصد باعث کاهش شدت خسارت تنش خشکی از طریق بهبود اجزای عملکرد می‌گردد (پیرزاد و همکاران، 1393). افزایش محتوای عناصر غذایی در گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان تلقیح نشده می‌تواند یکی از دلایل افزایش مقاومت این گیاهان به تنش‌های محیطی باشد. بیان شده است که تلقیح باکتریایی در تقلیل اثرات تنش رطوبتی که از طریق اختلال در جذب عناصر غذایی و فرآیند رشدی گیاه باعث کاهش معنادار ضریب تخصیص مواد به غلاف و کارآیی مصرف نور می‌شود، اثر سینرژیک دارد (آروین و وفابخش، 1395).

در آزماشات جداگانه، تلقیح توأم بذرها با برادی ریزوبیوم و فنلی فورمیس موسه موجب افزایش قطر ساقه، وزن خشک ساقه، برگ و ریشه و تعداد برگ و گره سویا در شرایط تنش کم‌آبی گردید (تاجیک و همکاران،1390) و تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی ملایم یک رابطه هم‌افزایی بین قارچ میکوریز آربسکولار و باکتری *Pseudomonas fluorescens* در اکثر صفات مورد بررسی ذرت وجود داشت (قورچیانی و همکاران، 1391). آزمایش‌های کوهلر و همکاران (2006) با تلقیح دوگانه قارچ میکوریز آربسکولار *Rhizophagus irregularis* و باکتری*Bacillus subtilis* در گیاه کاهو حداکثر رشد و عملکرد را نشان داد. حبیب زاده و همکاران (1389) گزارش کردند که هردوی قارچ‌های فنلی فورمیس موسه و گلوموس اینترارادیسه به طور معنی‌داری عملکرد و پروتئین دانه ماش را بهبود می‌بخشند و اثرات تنش آب را کاهش می‌دهند. تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و قارچ‌های میکوریزا آربسکولار در افزایش تولید نخود تحت شرایط کمبود آب مفید بوده و توانست عملکرد دانه را افزایش دهد (اولیورا و همکاران، 2017). استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد جهت بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه و بهبود جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه و کمک به گیاه برای رشد در شرایط تنش‌های محیطی توسط سایر محققین (قربانی و همکاران، 1395; کرمی چمه، 1393) نیز گزارش‌شده است ولی مطالعات اندکی بر روی گیاه ماش به خصوص در شرایط گلخانه انجام شده است. پیش بینی شده که جمعیت جهان در سال 2050 به 9/7 بیلیون نفر برسد و ما نیاز به افزایش غذا برای مردم داریم. از طرفی تولید محصولات زراعی نیازمند افزایش نیتروژن خاک است و تقاضا برای کودهای شیمیایی در حال افزایش می‌باشد. باکتری های خاک می توانند منبع مناسبی برای تولید نیتروژن در اراضی خشک باشند. این مطالعه با هدف بررسی اثرات تلقیح سودوموناس فلورسنس سویه 169 و فنلی فورمیس موسه بطور جداگانه و اثر تلفیقی آن دو به منظور توصیه تیمار بیولوژیکی مؤثر بر افزایش مقاومت به خشکی ماش در مراحل حساس رشدی تحت شرایط گلخانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در گلخانه آزمایشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه واقع در 37 درجه و 55 دقیقه شمالی و 47 درجه و 11 دقیقه غربی با ارتفاع از سطح دریا 1100 متر در پاییز 1396به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی در سه سطح [شاهد (آبیاری نرمال =I_n)؛ تنش رطوبتی اول (قطع آبیاری در مرحله گلدهی=I_1)؛ تنش رطوبتی دوم (قطع آبیاری در مرحله غلاف بندی=I_2)] و تلقیح در چهار سطح [شاهد=بدون تلقیح (B_0)، تلقیح‌با *Funneliformis mosseae* (B_1)، *Pseudomonas fluorescens* 169 (B_2) و تلقیح توأم *Pseudomonas* × *Funneliformis mosseae* *fluorescens* 169 (B_3)] بود.

در این آزمایش گلدان هایی به قطر 21 و ارتفاع 17سانتی متر انتخاب و داخل آنها با دو کیلوگرم خاکی که از لایه سطحی (عمق صفر تا 20 سانتی‌متری) خاک مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه (واقع در جاده تهران- میانه) تهیه شده بود بعد از عبور دادن از الک 4 میلی‌متری اتوکلاو (121 درجه سلسیوس، فشار یک اتمسفر، به مدت 2 ساعت)، استریل و پر شد. براساس آنالیز فیزیکوشیمیایی، ساختار خاک از نوع رسی و مقدار

[1] Common Mycorrhiza Network

www.SID.ir

Archive of SID

کربن ارگانیک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک به ترتیب 1/5درصد، 0/1درصد، 5/70 میلی گرم برکیلوگرم و 301 میلی گرم برکیلوگرم بود. سپس بذور سالم‌تر، درشت‌تر و هم‌اندازه رقم پرتوی ماش تهیه‌شده از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انتخاب، استریل و جوانه‌دار شد. در مرحله کاشت 5 حفره سطحی کوچک درون هر گلدان ایجاد و یک عدد بذر جوانه‌دار در داخل هر حفره قرار دادیم. سپس یک میلی‌لیتر سوسپانسیون میکروبی مطابق تیمارهای موردنظر بر روی هر بذر و دیواره حفره اضافه و درنهایت روی بذر با مقدار کمی خاک پوشانده شد. لازم به ذکر است که محلول سوسپانسیون شده حاوی 10^8 تا 10^9 عدد باکتری زنده و فعال بود (جدایه منتخب به مدت 48 ساعت درون محیط کشت مایع TSB[1] کشت و پس از همسان نمودن تراکم سوسپانسیون با جمعیت 10^8-10^9cfu/ml به عنوان مایه تلقیح مورد استفاده قرار گرفت). قارچ فنلی فورمیس موسه مورد استفاده شامل قطعات ریز ریشه، میسلیوم ها، اسپورهای قارچ و خاک چسبیده به آن ها بودکه از شرکت زیست فناوران توران تهیه شده بود و حاوی تقریباً 330 اسپور (پروپاگول) در هر گرم خاک بود که از طریق کشت روی گیاه میزبان تکثیرشده بود در سه سانتی‌متری زیر بذور جوانه دار کشت شده قرار داده شد.

آبیاری تمام 48 گلدان‌ها تا شروع مرحله گلدهی به‌طور مرتب انجام شد، در شروع مرحله گلدهی تیمارهای رطوبتی با قطع آب آبیاری تا حدی که پتانسیل رطوبت خاک به مقدار مورد نظر برسد (رطوبت خاک در تیمار تنش منفی 10 بار (معادل 9 درصد وزنی خاک) بود که با استفاده از تانسیومتر اندازه‌گیری شد) اعمال گردید. در شروع غلاف بندی تنش رطوبتی در تیمارهای مورد نظر اعمال شد که رطوبت خاک در این مرحله رشدی گیاه در حد منفی 5 بار (معادل 15درصد وزنی خاک) بود. رطوبت خاک گلدان‌های شاهد هر سه روز یکبار از طریق آبیاری با آب مقطر استریل تا رسیدن به 70 درصد ظرفیت زراعی به روش فلاسک با در دست داشتن وزن مخصوص حقیقی خاک (Pp) و وزن فلاسک پر از آب (G)، بدین صورت که مقداری خاک مرطوب (A) را در فلاسک ریخته با آب به حجم رسانده وزن آن (H) را تعیین و با استفاده از فرمول1-1، درصد رطوبت نمونه خاک (Mp) محاسبه گردید (هاجرسولیها و همکاران، 1982).

(فرمول1-1) $Mp= ((A(Pp-1)/(H-G)Pp-1)-1)100$

گلدان‌ها در شرایط کنترل‌شده گلخانه (دارای نور طبیعی و دمای 1± 25 درجه سلسیوس) نگهداری و پس از پایان اعمال تیمارهای آزمایشی صفات مورفوفیزیولوژیکی زیر اندازه‌گیری شد: ارتفاع بوته: میانگین ارتفاع بوته‌های هرگلدان برحسب سانتی متر اندازه‌گیری و یادداشت گردید. تعداد برگ در بوته: میانگین تعداد برگ بوته‌های هر گلدان شمارش و یادداشت شد. محتوی نسبی آب برگ (%): اندازه گیری محتوی نسبی آب برگ (RWC) به روش ریچی و ناگیون (1990) بدین صورت انجام شد که نمونه‌برداری از آخرین برگ توسعه یافته تمامی تیمارهای آزمایشی انجام و در آزمایشگاه وزن تر آنها با ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد. سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شد و بعد از 24 ساعت وزن اشباع برگ ها اندازه‌گیری و برگ ها به مدت 24 ساعت دیگر در دمای70 درجه سلسیوس در آون قرار داده و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد. با قرار دادن اعداد حاصل از توزین با ترازوی دارای دقت یک ده هزارم در فرمول 1-2، محتوی نسبی آب برگ بدست آمد.

(فرمول1-2) $RWC=Fw-Dw/Sw-Dw \times 100$

Fw= وزن تر

Dw= وزن خشک

Sw= وزن اشباع

مقدار کلروفیل

میزان کلروفیل از آخرین برگ گیاه در هر گلدان با دستگاه Spad-502[2] محاسبه و یادداشت شد. دستگاه کلروفیل متر دستی میزان سبزی برگ را بر اساس میزان عبور نور از برگ در یک طول موج به خصوص نشان می دهد و با این وسیله می توان به تغییرات میزان سبزینگی برگ به عنوان یکی از مهم ترین صفات فیزیولوژی گیاه پی برد (جباری و همکاران، 1395). مقدار فسفر: جهت تعیین غلظت فسفر دانه از روش رنگ سنجی (رنگ زرد مولیبدوانادات) و دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 470 نانومتر (امامی، 1375) استفاده شد. نهایتاً میزان فسفر برحسب گرم درصد از فرمول 1-3، بدست آمد (پگی، 1982; بنتون، 2001).

(فرمول 1-3)

$P (\%) = (a-b) \times (V /2000w) \times (100/D.M)$

a= غلظت فسفر در نمونه برحسب میلی‌گرم در لیتر، b = غلظت فسفر در شاهد برحسب میلی‌گرم در لیتر،V = حجم نهایی عصاره در مرحله هضم برحسب میلی‌لیتر، W

[1] Trypton Soya Bean

[2] MINOLTA-502, Japan

www.SID.ir

Archive of SID

= وزن نمونه مورد استفاده جهت هضم برحسب گرم،
D.M= درصد ماده خشک بذر

مقدار نیتروژن: با استفاده از روش کجلدال که شامل سه مرحله هضم، تقطیر و تیتراسیون می باشد اندازه‌گیری شد. در این روش، ازت آمونیاکی ($N\text{-}NH_4$) ماده آلی بر اثر ترکیب با اسید سولفوریک غلیظ به صورت سولفات آمونیوم درآمده، آمونیوم حاصل پس از ترکیب با سود غلیظ در دستگاه تقطیر به گاز آمونیاک تبدیل گشته و گاز حاصل سپس به وسیله اسیدبوریک جمع آوری گردید. سرعت فعل و انفعالات فوق با افزایش دما و در حضور کاتالیزور فزونی می‌یابد. در عمل، به منظور افزایش دما، از سولفات پتاسیم و یا سولفات سدیم استفاده شد. در پایان باز تشکیل شده با کمک اسید سولفوریک رقیق (0/05) تیتر گردید و بدین ترتیب مقدار کل ازت گیاه تعیین شد (برمنر و مولوانی، 1982). طول غلاف: میانگین طول غلاف بوته‌های هر گلدان پس از اندازه‌گیری باخط کش برحسب سانتی متر یادداشت شد. و تعداد دانه در غلاف: میانگین تعداد دانه‌های موجود در غلاف بوته های هر گلدان بدست آمد.

کلونیزاسیون ریشه: برای تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه از روش گیووانتی و موس (1980) استفاده شد. ابتدا برای رنگ بری، ریشه ها در محلول 10% KOHبه مدت 20 دقیقه قرار داده شدند. بعد این مدت ریشه ها مجدد با آب مقطر شسته و به مدت 48 ساعت در محلول کاتن بلو قرار گرفتند. بعد از 48 ساعت ریشه ها با آب مقطر شسته شدند (فیلیپس و هیمن،1970) و در سطح پتری دیش هایی که دارای شبکه مربعی بودند، پخش گردید و زیر بینوکولار مشاهده شدند و تعداد تقاطع های آن ها با خطوط عمودی و افقی تعیین شد. از بین این برخوردها آنهایی که با بخش کلونیزه شده ریشه تقاطع داشتند نیز به طور جداگانه شمارش شدند و به صورت کسری از کل تقاطعات به دست آمدند. چنانچه این کسر در 100 ضرب شود، کلونیزاسیون ریشه به صورت درصد به دست می آید (فرمول1-4) (گیووانتی و موس،1980).

(فرمول1-4) 100× تعداد کل تقاطع‌های بین ریشه و شبکه/ تعداد تقاطع‌های ریشه میکوریزایی با شبکه = میزان کلونیزاسیون ریشه

بعد از میانگین‌گیری جهت تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار MSTAT_C و برای مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($P\leq0.05$)، تجزیه عامل‌ها و ترسیم شکل‌ها به ترتیب از نرم افزارهای SPSS (ver16) و Excel استفاده شد. به منظور بررسی درصد کلونیزاسیون ریشه، آزمون تجزیه واریانس تک متغیره (Univarite) با استفاده از نرم افزار SPSS (ver16) انجام گردید.

نتایج و بحث

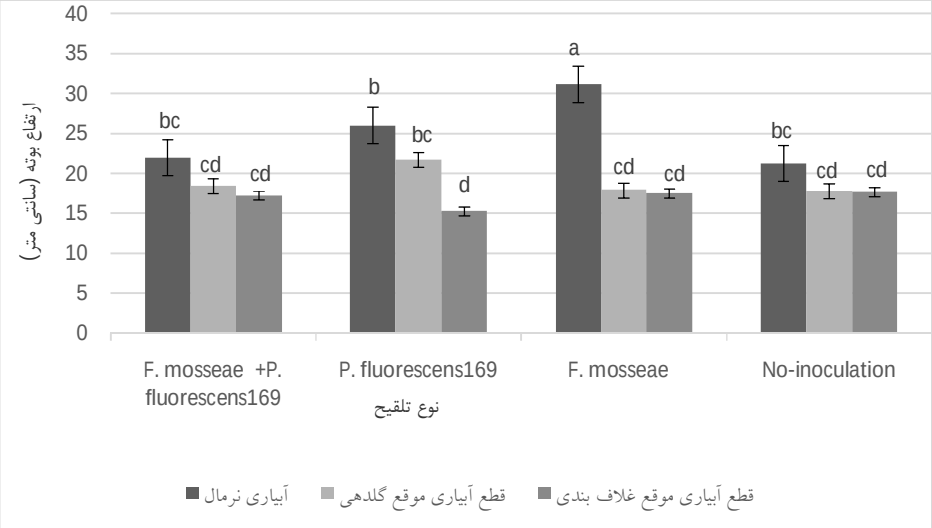
ارتفاع بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین سطوح مختلف تنش و اثرات متقابل نوع تلقیح و تنش خشکی از لحاظ ارتفاع بوته می‌باشد. براین اساس بین سطوح مختلف تلقیح اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد مشاهده گردید (جدول 1).

بر اساس اثرات تیمار تنش خشکی، کمترین ارتفاع بوته در تیمار تنش خشکی در مرحله غلاف‌بندی حادث شد و بیشترین ارتفاع بوته در شرایط بدون تنش مشاهده شد (جدول 2). مقصود و همکاران (2000) نیز تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر ارتفاع گیاه، تعداد نیام در بوته، تعداد شاخه در گیاه، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت تحت تأثیر میزان آبیاری را معنی‌داری گزارش کردند. در حالی که صادقی پور (2009) نشان داد تحت شرایط تنش آبی در مراحل زایشی و رویشی ماش، زیست توده، شاخص برداشت و ارتفاع گیاه کاهش یافت. براساس مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و نوع تلقیح مشاهده گردید تلقیح *Funneliformis mosseae* در شرایط آبیاری نرمال بسیار مؤثر در افزایش ارتفاع بوته بود، به طوری که تیمار آبیاری نرمال + تلقیح فنلی فورمیس موسه موجب افزایش 46/5 درصدی میانگین ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد (شکل1). مطابق جدول تجزیه عاملی صفات، ارتفاع گیاه با ضریب عاملی 0/927 در گروه اول قرار گرفته است (جدول3). لذا تنش خشکی در مرحله گلدهی و غلاف بندی از طریق کاهش در آماس سلول‌ها موجب کاهش رشد خصوصاً در طویل شدن گیاه شده است. نتایج مشابه در سیب زمینی، سویا و ارزن نیز گزارش شده است (شائو و همکاران، 2008; هوور و نادلر، 1995). مطابق مقایسه میانگین صفات، گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان بدون تلقیح ارتفاع بیشتری را نشان دادند بطوریکه تلقیح با *Funneliformis mosseae* باعث افزایش 17/4درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار تلقیح با سودوموناس فلورسنس 169 نداشت (جدول 2).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- اثرات متقابل تنش خشکی و نوع تلقیح بر ارتفاع بوته ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

تعداد برگ در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان می‌دهد بین تیمارهای مختلف تنش خشکی و نوع تلقیح اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد در حالی که بین اثرات متقابل تنش و نوع تلقیح اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول 1). گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان بدون تلقیح تعداد برگ بیشتری داشتند و در این میان گیاهان تلقیح شده با *Funneliformis mosseae* 29/5 درصد تعداد برگ بیشتری نسبت به تیمار بدون تلقیح به خود اختصاص دادند (جدول2). نتایج مشابهی توسط کلیک و همکاران (2004)، لیو و همکاران (2000) و نادم و همکاران (2010) گزارش شده است. با اعمال تنش خشکی تعداد برگ بوته ها در مراحل مختلف رشدی گیاه کاهش یافت. بطوریکه بیش ترین کاهش با 36/72 درصد در مرحله غلاف بندی مشاهده شد (جدول2). چنین به نظر می‌رسد در زمان اعمال تنش خشکی در موقع گلدهی و غلاف‌بندی با توجه به اینکه گیاه وارد فاز زایشی می‌شود اسیمیلات ها و مواد ذخیره-ای در برگ ها و اندام‌های رویشی به سمت اندام‌های زایشی سرازیرشده و منجر به کاهش تعداد برگ که باعث در کاهش سطح فتوسنتزکننده است، می گردد. مطابق جدول تجزیه عاملی صفات، تعداد برگ در بوته با ضریب عاملی 0/899و میزان کلروفیل برگ را به عنوان شاخص-های رویشی دخیل در کاهش اثرات تنش خشکی در اثر هـمزیسـتی میـکوریزایی و سودوموناسی می‌توان نام برد.

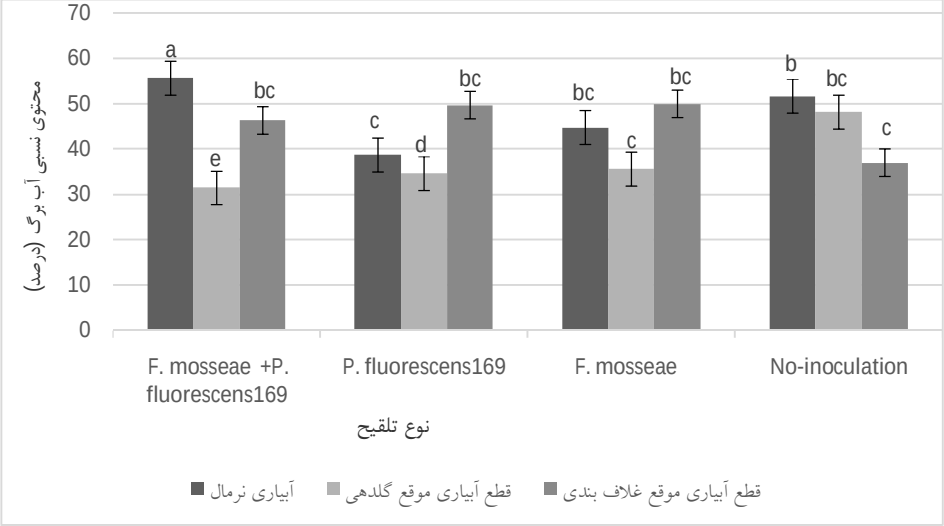
محتوی نسبی آب برگ

بین سطوح مختلف تنش و اثرات متقابل تنش و نوع تلقیح از لحاظ محتوی نسبی آب برگ اختلاف معنی-دار به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد مشاهده شد (جدول 1). با اعمال تنش خشکی محتوی نسبی آب برگ کاهش یافت و گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان شاهد محتوی نسبی آب بیشتری را نشان دادند. مقدار کاهش محتوی نسبی آب برگ در تیمار قطع آبیاری موقع گلدهی 21/4 درصد تیمار شاهد بود (جدول 2). لذا می‌توان بیان داشت که مرحله گلدهی از لحاظ محتوی نسبی آب برگ نسبت به تنش خشکی از حساسیت بیشتری برخوردار می‌باشد. مقایسه میانگین صفات نشان داد تیمار آبیاری نرمال + تلقیح توأم فنلی فورمیس موسه و سودوموناس فلورسنس سویه169 نسبت به تیمار شاهد 7/73 درصد محتوی نسبی آب برگ بیشتری را به خود اختصاص داده است (جدول 2). کاهش در محتوی نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی در اثر کاهش پتانسیل اسمزی سلول های برگ می‌باشد (وو و همکاران، 2008). لذا میکوریزایی می‌تواند تعادل آبی[1] (وضعیت آب گیاه به میزان نسبی جذب آب و خارج شدن آب از گیاه بر اثر تعرق) گیاهان را در شرایط تنش خشکی بهبود دهد.

1. Water Balance

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2- اثرات متقابل تنش و نوع تلقیح بر محتوی نسبی آب برگ ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

محتوی کلروفیل برگ

بین تیمارهای تنش خشکی از لحاظ محتوی کلروفیل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ($P<0.05$) وجود دارد (جدول1). بر اساس مقایسه میانگین صفات با اعمال تنش خشکی محتوی کلروفیل برگ در ماش کاهش یافت به طوری که اختلاف معنی-داری بین تیمارهای تنش در مرحله غلاف‌بندی و مرحله گلدهی مشاهده نشد (جدول2). احتمالاً افزایش در محتوی کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط نرمال به دلیل کاهش سطح برگ و تجمع کلروفیل در سطوح کمتر برگ باشد. تجزیه عاملی صفات نشان داد که صفت محتوی کلروفیل در عامل دوم با مقدار عددی 0/812دارای ضریب عاملی بالا و منفی است (جدول 3). لذا محتوی کلروفیل برگ به عنوان شاخصی مطمئن که بتواند نقش همزیستی *Funneliformis mosseae* و*Pseudomonas fluorescens* 169 را در افزایش مقاومت به تنش خشکی بیان کند زیاد موثر نبوده است. با این حال در بررسی تأثیر همزیستی قارچ‌های میکوریزا بر روابط آبی، تبادلات گازی و رشد رویشی گیاه رزماری نشان داده شد که بیوماس ریشه و قسمت هوایی گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزا نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بوده و پتانسیل آب برگ آن‌ها کمتر کاهش یافت. همچنین اثر مثبت قارچ‌های میکوریزا بر هدایت روزانه ای و محتوی کلروفیل برگ‌ها مشاهده گردید (سانچز- بلانکو و همکاران، 2004).

میزان فسفر

جدول تجزیه واریانس صفات حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) بین تیمارهای نوع تلقیح از لحاظ میزان فسفر می‌باشد (جدول 2). تیمار تلقیح با *Funneliformis mosseae* با افزایش نفوذ ریشه‌ها به منافذ بسیار ریز خاک و حتی افزایش قادر ساختن نفوذ تارهای کشنده به خاک باعث افزایش میزان جذب عناصر غذایی گردید. گیاهان تلقیح شده با *Funneliformis mosseae* میزان دریافت فسفر بیشتری داشته‌اند به طوری که 28/5 درصد بیشتر از گیاهان بدون تلقیح بود (جدول2). بهبود وضعیت جذب فسفر با تلقیح میکوریزایی توسط غلامی و محمودی (1393) در ذرت، محمد و همکاران (2003) در جو نیز گزارش شده است. حبیب‌زاده و همکاران (1389) جذب بیشتر فسفر و نیتروژن از خاک توسط میکوریزایی را عامل افزایش کارآیی مصرف آب و افزایش عملکرد دانه گزارش کردند.

میزان نیتروژن

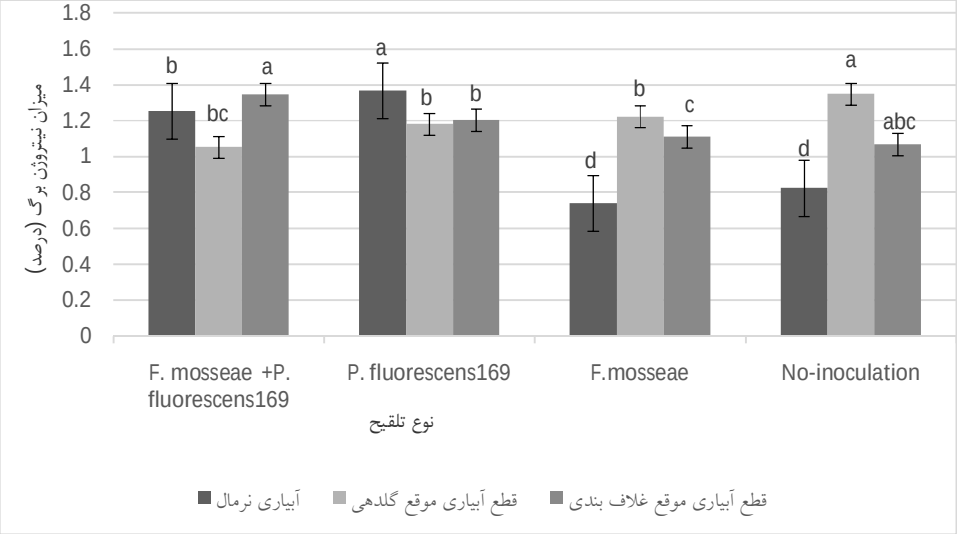
نتایج نشان می‌دهد بین تیمارهای مختلف تنش و نیز اثرات متقابل نوع تلقیح و تنش خشکی به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد وجود دارد (جدول1). تنش خشکی منجر به افزایش میزان نیتروژن گیاه گردید. بیشترین افزایش به مقدار 14/8 درصد نسبت به تیمار شاهد در مرحله گلدهی مشاهده شد (جدول2). افزایش میزان نیتروژن در شرایط تنش خشکی توسط انصاری و همکاران (1394) نیز گزارش

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. بر اساس اثرات متقابل تلقیح و تنش خشکی تیمار تلقیح با سودوموناس فلورسنس + آبیاری نرمال 66/06 درصد نیتروژن گیاه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول2). چنین به نظر می‌رسد باکتری سودوموناس فلورسنس سویه 169 در افزایش توانایی ریشه در تبادلات نیتروژن مؤثرتر بوده که با افزایش جذب آب و عناصر معدنی و کلونیزاسیون ریشه تأثیرات مفید در رشد و افزایش نیتروژن اندام‌های هوایی در شرایط کشت گلدانی داشته است.

سازوکار همزیستی میکوریزایی در افزایش غلظت نیتروژن دانه از طریق بهبود رشد و نمو و متعاقب آن افزایش وزن خشک گیاه بیان شده است (آریاگادا و همکاران، 2007; درزی و همکاران، 1388). در حالی که برخی محققین (تورو و همکاران، 1997; محمودی و همکاران، 1382) افزایش تغذیه فسفری گیاه به دلیل میکوریزایی را عامل افزایش غلظت نیتروژن گزارش کرده اند. تجزیه عاملی صفات نشان می دهد میزان نیتروژن برگ در گروه سوم دارای بیشترین ضریب عاملی (0/713) و مثبت بوده است (جدول3).



شکل 3- اثرات متقابل تنش خشکی و نوع تلقیح بر میزان نیتروژن برگ ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

طول غلاف و تعداد دانه در غلاف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات نشان می‌دهد بین تیمارهای آزمایشی از لحاظ طول غلاف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی از لحاظ تعداد دانه در غلاف بین تیمارهای تنش خشکی و نوع تلقیح اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ($P<0.01$) مشاهده گردید (جدول1). مقایسه میانگین صفات نشان داد تنش خشکی تأثیر منفی روی تعداد دانه در غلاف داشت و تلقیح توأم سودوموناس فلورسنس سویه 169و فنلی فورمیس موسه منجربه افزایش50/7 درصدی تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد شد (جدول 2). در کـل در شرایط کشت گلدانی تعداد دانه در غلاف متأثر از نوع تلقیح بود. بطوریکه در گیاهان تلقیح شده تعداد دانه در غلاف بیشتری نسبت به گیاهان بدون تلقیح مشاهده گردید (جدول 2). چنین به نظر می رسد تیمار تلقیح با بهبود توانایی گیاه در جذب عناصر غذایی و افزایش نیتروژن و فسفر موجب افزایش سطح فتوسنتز کننده و توانایی گیاه در انتقال این عناصر به قسمت‌های زایشی شده و تعداد دانه در غلاف را افزایش داده است. بر اساس تجزیه عاملی، صفات تعداد دانه در غلاف با ضریب عاملی مثبت و بالا (0/740) بعنوان صفات مهم دخیل در افزایش مقاومت ماش به خشکی به عنوان عامل عملکرد دانه معرفی شد (جدول 3).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1- تجزیه واریانس مولفه های اندازه گیری شده ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	تعداد برگ در بوته	محتوی نسبی آب برگ	محتوی کلروفیل	میزان فسفر	میزان نیتروژن	طول غلاف	تعداد دانه در غلاف
تکرار	3	144/476**	89/014*	177/879*	1496/218**	39/495	264/515	0/357	5/799
تنش خشکی	2	290/515**	242/068**	471/313**	187/984*	11/482*	11/482*	1/532	28/288**
اشتباه آزمایش	6	11/817	13/176	20/536	46/150	118/904	118/904	1/811	2/283
نوع تلقیح	3	28/816*	48/165**	45/180	270/900	203/601**	14/156	0/948	20/045**
نوع تلقیح x تنش خشکی	6	36/395**	15/319	271/327*	344/718	19/710	18/311**	3/172	3/589
اشتباه آزمایش	27	11/180	9/006	83/733	215/223	34/94	20/263	1/645	3/016
کل	47								
درصد تغییرات		16/44	17/42	20/97	26/68	26/59	39/33	19/28	26/11

^{ns} ، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال5 % و1%.

جدول 2- مقایسه میانگین اثرات اصلی مولفه های اندازه‌گیری شده ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

تیمارها	تعداد برگ در بوته	محتوی کلروفیل	میزان فسفر (٪)	تعداد دانه در غلاف
آبیاری نرمال	21/188 ^{a}	51/155 ^{b}		80/155^{a}
قطع آبیاری موقع گلدهی	17/077 ^{b}	57/766 ^{a}		6/162 ^{b}
قطع آبیاری موقع غلاف بندی	13/413 ^{c}	56/033 ^{a}		5/634 ^{b}
بدون تلقیح	15/156 ^{b}		0/21^{b}	5/645 ^{ab}
تلقیح با فنلی فورمیس موسه	19/633 ^{a}		0/27 ^{a}	6/527 ^{b}
تلقیح با سودموناس فلورسنس سویه 169	18/053 ^{a}		0/17 ^{ab}	5/920 ^{ab}
تلقیح با فنلی فورمیس موسه + سودوموناس فلورسنس سویه 169	16/74 ^{b}		0/22 ^{b}	8/508 ^{a}

- در هر ستون بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه نشان داده‌شده فاقد اختلاف معناداری در سطح احتمال پنج درصد به روش دانکن می‌باشند.

جدول 3- تجزیه عاملی مولفه های اندازه گیری شده ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

صفات	عامل ها		
	1	2	3
ارتفاع بوته (سانتی متر)	0/927	-0/085	0/036
تعداد برگ بوته	0/899	0/227	0/017
محتوی نسبی آب برگ(٪)	0/031	0/793	0/076
محتوی کلرو فیل(٪)	-0/002	0/812	-0/145
میزان فسفر(٪)	0/655	0/193	-0/008
میزان نیتروژن(٪)	-0/573	0/003	0/713
طول غلاف (سانتی متر)	0/350	0/049	0/8123
تعداد دانه غلاف	0/740	0/266	0/342
سهم کل عامل	3/596	1/457	1/329
درصد واریانس توجیهی	38/699	18/209	16/616
درصد واریانس تجمعی	38/699	56/908	73/525

www.SID.ir

Archive of SID

درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس درصد کلونیزاسیون ریشه نشان می‌دهد بین تیمارهای نوع تلقیح از لحاظ درصد کلونیزاسیون ریشه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد (جدول 4). بیش ترین میزان کلونیزاسیون ریشه مربوط به تیمار تلقیح با سودوموناس فلورسنس سویه 169 با 55/4 درصد بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار تلقیح توأم فنلی فورمیس موسه و سودوموناس فلورسنس سویه 169 نشان نداد (جدول5). مشاهده گردید که گیاهان تلقیح شده با هر دوی سودوموناس فلورسنس سویه 169 و فنلی فورمیس موسه با 54/9 درصد میزان کلونیزاسیون ریشه، دارای تعداد دانه در غلاف بیشتری نسبت به سایر تیمارهای تلقیح بودند بطوریکه نسبت به تیمار شاهد 33/6 درصد افزایش نشان دادند (جدول 2). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد از طریق سازوکارهای مختلفی بر همزیستی قارچ‌های میکوریز آربسکولار با گیاهان اثر می‌گذارند. این سازوکارها شامل تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش ریشه نسبت به قارچ، رشد و جوانه زنی اسپورها و همچنین تغییر ترشحات ریشه‌ای در محیط ریزوسفر می‌باشند (سادات و همکاران، 2009). تلقیح با *Funneliformis mosseae* باعث 50/7 درصدی کلونیزاسیون ریشه شد (جدول 4). رودریگز و همکاران (2008) گزارش کرده‌اند که کلونیزاسیون ریشه توسط قارچ‌های میکوریزا آربسکولار هنگامی که گیاه فعالانه در حال رشد است افزایش می‌یابد. لذا در مرحله پرشدن دانه ها افزایش در تعداد دانه غلاف در گیاهان تلقیح شده با هردوی فنلی فورمیس موسه و سودوموناس فلورسنس سویه 169 در اثر افزایش درصد کلونیزاسیون و ایجاد حالت هم افزایی در تولید دانه بیشتر می‌باشد.

جدول 4- تجزیه واریانس درصد کلونیزاسیون ریشه ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد کلونیزاسیون ریشه
تکرار	3	145/505
تنش	2	136/828
نوع تلقیح	3	346/004*
تنش × نوع تلقیح	6	86/660
اشتباه آزمایشی		109/692
کل	48	
درصد تغییرات		14/3

ns ، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 % و1%.

جدول 5- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه ماش (*Vigna radiata* L.) در شرایط گلخانه

تیمارها	درصدکلونیزاسیون ریشه (درصد)
بدون تلقیح	0/8c
فنلی فورمیس موسه	50/7b
سودوموناس فلورسنس سویه169	55/4a
فنلی فورمیس موسه + سودوموناس فلورسنس سویه169	54/9a

در هر ستون بین میانگین‌هایی که با حروف مشابه نشان داده‌شده فاقد اختلاف معناداری در سطح احتمال پنج درصد به روش دانکن می باشند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

گیاهان تلقیح شده با پاسخ های فیزیولوژیکی که با مقاومت به خشکی افزایش یافته در ارتباط می‌باشند، با امکان فراهمی دسترسی به آب در زمان تنش، رشد بهتر گیاه در خاک را موجب شدند. بطوریکه اختلاف در تیمارهای نوع تلقیح و تنش خشکی به مقدار جذب آب و عناصر غذایی معدنی مربوط می‌شود. گیاهان تلقیح شده تعادل آبی در شرایط تنش خشکی را بهبود دادند. بطوریکه *Funneliformis mosseae* باعث افزایش31/1 درصدی فسفر، 29/5درصدی تعداد برگ در بوته و17/4درصدی ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد شد و تلقیح توأم فنلی فورمیس موسه و سودوموناس فلورسنس سویه 169 موجب افزایش 50/7 درصدی تعداد دانه در غلاف و تلقیح به تنهایی سودوموناس فلورسنس 169 موجب افزایش 66/06 درصدی نیتروژن نسبت به تیمار شاهد گردید و با 55/4 درصد نسبت به شاهد بالاترین درصد کلونیزاسیون ریشه را موجب شد که با تلقیح توأم فنلی فورمیس موسه و سودوموناس فلورسنس سویه 169 اختلاف معنی‌داری نشان نداد (جداول 5 و 2). لذا عوامل میکروبی و برهم کنش آنها کلونیزاسیون ریشه‌ها را افزایش می دهد. بر اساس اثرات متقابل تنش خشکی و نوع تلقیح محتوی نسبی آب برگ، درصد نیتروژن و ارتفاع بوته نسبت به تیمار شاهد کاهش اندکی یافت. لذا تحت شرایط تنش خشکی، همزیستی میکوریزایی و سودوموناسی میزان رشد و جذب عناصر غذایی را نسبت به گیاهان شاهد بیشتر بهبود بخشید. همچنین حساس ترین مرحله رشدی گیاه به تنش خشکی بر اساس محتوی نسبی آب برگ مرحله گلدهی تعیین شد. بطوریکه قطع آبیاری موقع گلدهی باعث کاهش 21/4 درصدی محتوی نسبی آب برگ نسبت به شاهد گردید. در حالی که از لحاظ سایر صفات مورد مطالعه مرحله غلاف بندی به عنوان حساس ترین مرحله رشدی گیاه به تنش خشکی بود.

سپاسگزاری

برخود وظیفه می‌دانیم از زحمات بی دریغ آقایان دکتر اصغری، دکتر علیخانی، دکتر رجالی و مسئولین محترم آزمایشگاه و گلخانه دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه کمال تقدیر و قدردانی نماییم.

فهرست منابع:

1. ع. 1375. روش های تجزیه گیاه. نشریه فنی. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب.2، (982): 128صفحه.
2. م.ح، اردکانی. م.ر، اسدی رحمانی. ه، پاک نژاد. ف و حبیبی. د. 1394. اثر سویه‌های فلورسنس سودوموناس (*Pseudomonas fluorescens*) بر وضعیت هورمونی، قندهای محلول و پرولین ذرت تحت تنش خشکی. نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال دهم، شماره 39. صفحات:42 -54.
3. آروین. پ و وفابخش. ج. 1395. مطالعه اثر تنش خشکی و برخی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی برکارآیی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد به غلاف در ارقام کلزا (*Brassica spp*. L.). فصلنامه بوم شناسی. جلد8. شماره1. صفحه: 134-152.
4. پیرزاد. ع، حبیب‌زاده. ی و جلیلیان. ج.1393. تغییرات عملکرد دانه ماش. (*Vigna radiata* L) در همزیستی با قارچ‌های میکوریزا تحت تنش رطوبتی. فصلنامه پژوهش در گیاهان زراعی. 2(2). ص: 33-34.
5. تاجیک خاوه. م، اله دادی. ا، دانشیان. ج و آرمندپیشه. ا.1390. بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر گره زایی و رشد سویا (*Glycine max* L.) تحت تنش کم آبی بذر. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد3. شماره3. ص: 337-346.
6. جباری. ح، خوش خلق سیما. ن. ا، اکبری. غ. ع، الله دادی ا، شیرانی راد. ا. ح و حامد. ع. 1395. بررسی رابطه سیستم ریشه ای با روابط آبی کلزا در شرایط تنش خشکی. مجله به زراعی کشاورزی. سال هجدهم، شماره 1. ص: 1- 19.
7. حبیب زاده. ی، زردشتی. م.ر، پیرزاد. ع و جلیلیان. ج. 1389. اثر میکوریزا آربسکولار بر درصد عملکرد پروتئین ماش (*Vigna radiata* L. Wilczek) تحت تنش کم آبی. همایش ملی تنوع زیستی و اثر آن بر کشاورزی و محیط زیست: 5 ص

www.SID.ir

Archive of SID

8. م.ت، فلاوند. ا و رجالی. ف. 1388. تأثیر معرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر K,P,N و عملکرد دانه در گیاه دارویی رازیانه(*Foeniculum vulgare* mill). فصلنامه علمی ـپژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد 25. شماره 1. صفحه 19-1.

9. ع و محمودی. م. 1393. بررسی اثر قارچ میکوریزا (VAM) و مقادیر کود فسفر بر ویژگی های کمی و کیفی ذرت دانه ای سینگل کراس کارون. فصلنامه علمی- پژوهش فیزیولوژی گیاهان زراعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز- سال61: شماره26. ص: 130-115.

10. ا، رضوی. س.م، قاسمی. ع.و.ا، پیردشتی. ه.ا و رمضانی. م. 1395. اثر هم زیستی قارچ اندوفیت *Piriformospora indica* بر بهبود صفات مورفولوژیک و رنگیزه های فتوسنتزی گیاهچه های گوجه فرنگی(*Solanum lycopersicum* L) مجله تازه های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی. دوره 6. شماره24. ص:57-63.

11. قربانیان. د، رجالی. ف و اسمعیلی زاد. ا.1393. بررسی کارآیی همزیستی قارچ های مایکوریزا با گیاه ذرت تحت شرایط تنش کم آبی و سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش آب در کشاورزی. جلد28. شماره4. ص: 677- 689.

12. قورچیانی.م ، علیخانی. ح، اکبری .غ.ع، زارعی. م و اله دادی. ا.1391. اثر باکتری حل کننده فسفات، قارچ میکوریز آربسکولار و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در شرایط آبیاری معمول و کم آبیاری در منطقه کرج. نشریه پژوهش های زراعی ایران. جلد 10. شماره1. ص:214-224.

13. کرمی چمه. س، نمروری. م، فتحی.ا، بهامین. ص و کردونی. ف.1393. ارزیابی اثر سودوموناس فلورسنس بر خصوصیات گیاهچه کلزا تحت تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلیکول. پژوهش های زراعی در حاشیه کویر. جلد11. شماره4. صفحه: 289-296.

14. م، فهیمی. ح و خوشرو. م.ر.1382. بررسی اثر تغذیه فسفری و قارچ میکوریزی وزیکولار - آربسکولار بر روی رشد، جذب عناصر N و P در گیاه پسته (*Pistacia vera* L). پژوهش و سازندگی. 29:58 – 23.

15. Arreiagada, C.A., Herrera, M.A. and Ocompo, 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 Environmental Management. 84: 93-99.
16. Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and VA my corrhizal symbiosis my corrhizal.18:181-195.
17. Benton, J.J. 2001. Laboratory Guild for Conducting Soil Test and Plant Analysis.363 P.P. USA. CRC Press.
18. Bremner, J.M., and Mulvaney. C.S. 1982. Nitrogen-Total, P 595-624. In: Page, A.L. *et al.*, (eds.), and Methods of soil analysis. Agronomy Monograph 9, Part2, 2nd Ed. American society of Agronomy, Madison, WI.
19. Celik, I., Ortas, I. and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research. 78(1), 59-67.
20. Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques to measure vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
21. Hajrasouliha, sh., Behran,sh and Mokhtarzade, E. A. 1982. Application fast method of soil moisture duration for some of iran soils. *Iranian Journal of Agriculture Sciences*, 13, 30-38.
22. Heuer, B. and Nadler, A. 1995. Growth, development and yield of potatoes under salinity and water deficit. Australian Journal of Agric. Research., 46: 1477–1486.
23. Kohler, J., Caravaca, F., Carrasco, L. and Roldan, A. 2006. Contribution of *Pseudomonas mendocina* and *Glomus intraradices* to aggregate stabilization and promotion of biological fertility in rhizosphere soil of lettuce plants under field conditions. Soil Use and Management, 22: 298-304.

www.SID.ir

Archive of SID

24. Liu, R., Li, M. and Meng, X. 2000. Effects of AM fungi on endogenous hormones in corn and cotton plants. Mycosystem. 19: 91-96.
25. Magsood, M., Iqbal, J., Rafiq, K. and Yousef, N. 2000. Response of two cultivars of Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) to different irrigation levels. Pakistan Journal of Biological Sciences. 3(6), 1006-1007.
26. Mohammad, M.J., Malkawi, H.I. and Shibi, R. 2003. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. Journal of Plant Nutrition. 26 (1), 125-137.
27. Mukerji, K.G. and Chamola, B.P. 2003. Compendium of mycorrhizal research. A. P. H. Publisher. New Delhi. 310 P.
28. Nadeem, S.M., Zahir, Z.A., Naveed, M. and Ashraf, M. 2010. Microbial ACC-deaminase: prospects and applications for inducing salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Science. 29, 360–393.
29. Oliveira, R.S., Carvalho, P., Marques, G., Ferreira, L., Nunes, M., Rocha, I., Ma, Y., Carvalho, M.F., Vosátka, M. and Freitas, H. 2017. Increased protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) inoculated with *arbuscular mycorrhizal* fungi and nitrogen-fixing bacteria under water deficit conditions. Journal of Science, Food and Agriculture, 97, 4379–4385. Doi:10.1002/jsfa. 8201
30. Page, A.L. 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. American Society or Agronomy, Madison WI.1159 PP.
31. Rodrıguez-Echeverrıa, S., Gera Hol, W.H., Freitas, H., Eason, W.R., and Cook, R. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi of *Ammophila arenaria* (L.) Link: Spore abundance and root colonization in six locations of the European coast, European Journal of Soil Biology, 44:30-36.
32. Phillips, J.M and Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment for infection transBrit. Mycological society, 55:158-161.
33. Ritchie, S.W. and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30:105-111.
34. Sadat, A. Savaghebi, G.h. Rejali, F. Khavazi, K. and Shirmardi, M. 2009. Effects of some plant growth promoting *Pseudomonas fluorescens* strains on root colonization of two wheat varieties (cistan and chamran). Proceeding of the 11th Iranian Soil Science Congress, 12-15 July, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.119-121.33.
35. Sadegipour, O. 2009. The influence of water stress on biomass and harvest index in three mung bean (*Vigna radiata* (L) Wilczek) cultivars. Asian Journal of Plant Science. 8(3), 245-249.
36. Sanches-Blanco, M., Ferrandez, M., Morales, A. Morte, A. and Alarcon, J. 2004. Variation in water status, gas exchang, and growth in *rosmarinus officinalis* plant infected with *Glomus desrticola* under drought condition. Journal of Plant Physiology.161: 675-682.
37. Shao, H.B., Chu, L.Y., Shao, M.A., Abdul Jaleel, C. and Hong-Mei, M. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. Comptes Rendus. Biology. 331: 433–441.
38. Toro, M., Azcon, R. and Barea, J.M. 1997. Improvement of arbnscular mycorrbiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32p) and nutrient cycling. Applied and Environmental Microbiology. 63(11), 4408-4412.
39. Wu, Q.S., Xia, R.X. and Zou, Y.N. 2008. Improved soil structure and citrus growth after inoculation with three *arbuscular mycorrhizal* fungi under drought stress. European Journal of Soil Biology. 44: 122–128.

www.SID.ir

Archive of SID

Effects of *Funneliformis mosseae* and *Pseudomonas fluorescens* on some growth and nutritional parameters of Mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) under drought stress in a greenhouse condition

M. Salehi, A. Faramarzi[1], M. Farboodi, N. Mohebalipour, and J. Ajalli

Former PhD student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; E-mail: mohsale@gmail.com

Assistance professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; E-mail: aliifaramrzii52@gmail.com

Assistance professor, Department of Soil Science, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; E-mail: farboodi@gmail.com

Assistance professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; E-mail: n.mohebalipour@gmail.com

Assistance professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran; E-mail: jalil.ajali@yahoo.com

Received: July, 2020 & Accepted: October, 2020

Abstract

To evaluate the effects of *Pseudomonas fluorescens* strain 169 and *Funneliformis mosseae* on drought resistance of mung bean a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four replications conducted in a greenhouse condition at Islamic Azad University of Miyaneh branch, Iran, in 2016. The drought stress treatments included: normal irrigation (control), stopping irrigation in flowering stage, stopping irrigation in pods formation stage. Inoculation treatments included: non-inoculation (control), inoculation with *Funneliformis mosseae*, *Pseudomonas fluorescens* strain169 and *Funneliformis mosseae* + *Pseudomonas fluorescens* strain169. According to variance analysis of data, effects of drought stress on the majority of morphophysiological traits except phosphorous content, the number of seeds per pod were significant. Interaction effects of inoculation and drought stress based on plant height, relative water content and amount of nitrogen were significant respectively in statistical levels of $P\leq0.01$, $P\leq0.05$ and $P\leq0.01$ respectively. High amount of root colonization percentage (55.4%) observed in plants inoculated with *Pseudomonas fluorescens* strain169 which was non-significant with co-inoculated ones. Based on mean comparison, drought stress reduced the majority of morphophysiological traits significantly. All inoculation treatments had the highest value in comparison with control. Co-inoculation of *Funneliformis mosseae* and *Pseudomonas fluorescence* 169 was more effective in improving the number of seeds per pod. *Funneliformis mosseae* inoculated plants had 17.4%, 29.5% and 28.5% enhancement in plant height, the number of leaves for each plant and phosphorous amount in comparison with control respectively.

Keywords: Drought stress, Mung bean, Nitrogen, Phosphorous, Symbiosis

[1] Corresponding author: Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Miyaneh Branch, Miyaneh, Iran.

www.SID.ir