اثر قارچ ریشه‌های آربوسکولار بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه ماش [*Vigna radiata* (L.) Wilczk] تحت تنش کم‌آبی

یعقوب حبیب‌زاده، محمدرضا زردشتی، علیرضا پیرزاد* و جلال جلیلیان[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۰)

چکیده

برای بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری و قارچ‌ریشه‌ها بر رشد و عملکرد لاین NM92 ماش سبز، یک آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به عنوان فاکتور اصلی و سه سطح قارچ‌ریشه، بدون مایه‌زنی با قارچ‌ریشه، مایه‌زنی با گونه‌های *Glomus mosseae* و *G. intraradices* به‌عنوان فاکتور فرعی)، با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه و در سال ۱۳۸۸ انجام شد. نتایج نشان داد که آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و مایه‌زنی با *G. intraradices* بیشترین عملکرد دانه (به ترتیب با ۱۶۷۸/۵ و ۱۵۳۷/۶ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک کل، وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص را داشت. در حالی‌که آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک و در شرایط بدون تلقیح با قارچ‌ریشه کم‌ترین عملکرد دانه (به ترتیب با ۱۱۵۴/۲ و ۱۳۰۱/۹ کیلوگرم در هکتار) را تولید کردند. با کاهش فواصل آبیاری، وزن خشک کل، وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص افزایش یافت. هر چند تنش کم‌آبی باعث کاهش عملکرد دانه شد، ولی تلقیح با قارچ‌ریشه شدت اثر آن را کاهش داد و کاربرد هر دو گونه قارچ‌ریشه موجب افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال ۵ درصد) عملکرد دانه نسبت به شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، شاخص‌های رشد، عملکرد دانه، ماش، میکوریز

۱. به ترتیب دانشجوی سابق دکتری و استادیاران زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.pirzad@urmia.ac.ir

مقدمه

با اعمال مدیریت‌های زراعی از جمله مصرف بهینه آب می‌توان در صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه تغییراتی داد. اگر این تغییرات در ارتباط با صفات مؤثر بر عملکرد و در جهت بهینه‌سازی آن باشد عملکرد افزایش خواهد یافت. در بوم‌نظام‌های کشاورزی پایدار استفاده از شبکه‌های پیچیده برهم‌کنش‌های زیستی بین جانداران با یکدیگر و با محیط، اهمیتی ویژه دارد. با این حال، بهره‌گیری از چنین برهم‌کنش‌هایی در بوم‌نظام‌های کشاورزی متداول هیچ جایگاهی ندارد. قارچ‌ریشه‌ها از جمله همزیستی‌های میکروبی هستند که سبب برقراری رابطه‌ای مفید بین خاک و گیاه (جذب بیشتر آب و عناصر غذایی معدنی) می‌گردند. علل افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط قارچ ریشه می‌تواند ناشی از رشد ریسه‌های قارچ تا ۲۰ میلی‌متری از سطح ریشه در مقایسه با رشد ۱/۵ میلی‌متر ریشه‌های موئین و هم‌چنین قدرت نفوذ کم ریشه در مقایسه با قدرت نفوذ ریسه‌ها به داخل شکاف و یا خلل و فرج خاک باشد. ریسه‌های این قارچ‌ها به مناطقی از خاک نفوذ می‌کنند که ریشه قادر به حضور در این مناطق نیست لذا با این شرایط سبب افزایش سطح تبادلات مواد غذایی معدنی و آب با ترکیبات محلول خاک می‌شوند. هم‌چنین ریسه‌های قارچ سبب افزایش سطح جذب می‌شوند و سرعت حرکت فسفات معدنی در داخل ریسه‌ها دو سانتی‌متر در ساعت است که چندین برابر بالاتر از سرعت انتشار فسفات در خاک است (۲، ۴، ۱۵و ۱۷).

همبستگی قوی بین شاخص‌های رشد و عملکرد در گیاهان، اهمیت بررسی شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی را همراه با عملکرد اقتصادی دوچندان می‌کند. تجمع ماده خشک در *Phaseolus angularis* تحت تأثیر دوام سطح برگ قرار گرفته و سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی با پیشرفت رشد کاهش می‌یابد (۲۱). رابطه خطی بین سطح برگ و میزان جذب خالص در ماش، نشان‌دهنده تأثیر مستقیم شاخص‌های رشد بر عملکرد دانه می‌باشد (۱۲). مطالعات نموی و مرفوفیزیولوژیکی در گیاه ماش نشان می‌دهد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با ماده خشک ساقه در اوج گل‌دهی وجود دارد (۱۱). از طرف دیگر با توجه به اثر متفاوت تنش کمبود آب در مراحل رشدی گیاه، اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ و ماده خشک کل در مرحله رویشی بیش از مرحله زایشی است. به‌طوری‌که تیمارهای تنش شدید در دوره‌های رویشی و زایشی به ترتیب ۹ و ۴۹ درصد عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد کاهش دادند (۳).

میکوریزا (روابط قارچ ریشه‌ای گیاه) می‌تواند تعادل آبی گیاهان را در شرایط فاریاب و در تنش خشکی تحت تأثیر قرار دهد (۱۷). به طوری‌که همزیستی با گونه *G. intraradices* با گیاهان علفی فواید متعددی روی گیاهان میزبان داشته و مقاومت آنها را به تنش‌های زیستی و غیرزیستی افزایش می‌دهد (۱۵). ارزیابی رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های بادام زمینی در همزیستی با گونه *G. mosseae* نشان می‌دهد که عملکرد دانه در مقایسه با گیاهان غیرهم‌زیست به میزان ۶۶٪ افزایش می‌یابد (۶). گیاهان هندوانه مایه‌زنی شده با گونه *G. clarum* در شرایط مزرعه، به طور معنی‌داری بیوماس و عملکرد میوه بالاتری در مقایسه با گیاهان شاهد (بدون قارچ‌ریشه) تولید می‌کنند (۹). مایه‌زنی قارچ‌ریشه در باقلا به طور معنی‌داری تعداد گره، وزن خشک گره، گل‌دهی، تولید نیام و عملکرد دانه را در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری افزایش می‌دهد (۸). هم‌چنین گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند به دلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می‌نمایند دارای رشد بهتری خواهند بود و عملکرد بیشتری خواهند داشت (۲۰). گیاهان مایه‌زنی شده با قارچ‌های میکوریزا، با تأثیر بر روابط آبی، تبادلات گازی و رشد رویشی، در گیاه رزماری بیوماس ریشه و قسمت هوایی بیشتری داشته و پتانسیل آب برگ گیاهان همزیست کمتر کاهش می‌یابد (۱۹). همزیستی با این قارچ‌ها میزان رشد و جذب عناصر غذایی در گندم (۵) و میزان فتوسنتز در فلفل (۷) را نسبت به گیاهان

شاهد بهبود می‌بخشد. افزایش میزان فتوسنتز در گیاهان مایه‌زنی شده با میکوریزا به علت بهبود جذب فسفر و افزایش محتوای کلروفیل می‌باشد (۷). ارتفاع گیاه، تعداد نیام در بوته، تعداد شاخه در گیاه، تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، بیوماس کل گیاه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در دو ژنوتیپ ماش به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفتند (۱۰). افزایش شدت تنش کم‌آبی، بیوماس، شاخص برداشت و ارتفاع ژنوتیپ‌های ماش را کاهش می‌دهد (۱۸). تنش کمبود آب در خاک ابتدا تعداد نیام در هر بوته و سپس اندازه بذر و تعداد دانه در نیام را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اگر تنش خشکی به مدت طولانی ادامه یابد، تجدید آبیاری خسارت وارد شده به عملکرد ماش را جبران نمی‌کند (۱۳). تعیین روند رشد و شاخص‌های رشدی ماش در رژیم‌های مختلف آبیاری و ارتباط آن با عملکرد دانه از اهداف اصلی این پژوهش است. هم‌چنین میزان تعدیل اثرات کمبود آب روی رشد و عملکرد ماش در مایه‌زنی با گونه‌های قارچ ریشه در شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی ۱۳۸۸ به اجرا در آمد. این مزرعه در ۱۱ کیلومتری شهر ارومیه و در مختصات ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۵ متر می‌باشد. از نظر تقسیم‌بندی اقلیمی، ارومیه جزء مناطق نیمه‌خشک طبقه‌بندی شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این طرح فاکتور اصلی دارای چهار سطح (آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و فاکتور فرعی در سه سطح (بدون میکوریزا، و تلقیح با گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) بود. بذر ماش لاین NM92 از مرکز تحقیقات کشاورزی دزفول و مایه‌های تلقیح دو گونه میکوریزا از دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهیه گردید. از زمین محل اجرای آزمایش قبل از کشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک اندازه‌گیری شد (۱۴) (جدول ۱).

هر کرت آزمایشی در پنج خط سه متری با فاصله ثابت ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله بین بوته‌های روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر با تراکم ۲۰۰ هزار بوته در هکتار کشت شد. قبل از کاشت، زمین محل آزمایش با یک شخم و دیسک آماده شد و ردیف‌های کاشت به صورت جوی و پشته‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از هم، ایجاد شدند. واحدهای آزمایشی به طول ۳ متر و عرض ۲/۵ متر و به فاصله یک متر از واحد آزمایشی مجاور ایجاد گردید. در هنگام کاشت مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (محتوی ۴۶٪ نیتروژن) برای هر واحد آزمایشی پخش گردید. کشت در تاریخ چهارم تیر ماه ۱۳۸۸ انجام شد. از قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* به صورت مخلوطی از اسپور، ریسه و قطعات جدا شده ریشه‌های آلوده به عنوان تلقیح‌کننده در عمق دو سانتی‌متری زیر هر بذر استفاده شد. در ابتدا در هر کپه سه بذر کشت شد و سپس در هفته سوم به یک بوته در هر کپه تنک گردید. پس از استقرار گیاهان (تشکیل سه برگچه اولیه) آبیاری‌های بعدی متناسب با تیمارهای مربوطه انجام گرفت. به منظور محاسبه میزان آبیاری واحدهای آزمایشی از روش WSC(Washington State College) فلوم تیپ ۳ استفاده شد، به طوری‌که مجموع آب مصرفی در طول دوره رشد ماش برای تیمارهای مورد بررسی یعنی آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A به‌ترتیب معادل ۵۷۶۰، ۳۸۴۰، ۲۸۸۰ و ۱۹۲۰ مترمکعب در هکتار بود. در طول مراحل رشد، علف‌های هرز مزرعه به‌طور دستی کنترل گردید و از زمان سبز کردن بذور تا برداشت نهایی هیچ‌گونه علائم آفت و بیماری روی محصول مشاهده نشد. تأثیر تنش کم‌آبی وگونه‌های میکوریزا بر الگوی رشد، بعد از استقرار کامل گیاه ماش با نمونه‌برداری در شش نوبت به

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

درصد اشباع	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته خاک (pH)	کربن آلی (درصد)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)	کلاس بافت خاک
۴۸	۰/۴۱	۷/۱۵	۰/۷۴	۹/۸	۳۲۴	رسی سیلتی

فواصل ۱۲ روز یک‌بار و اولین نمونه‌برداری ۲۵ روز پس از کاشت جهت انجام آنالیز رشد انجام گرفت. نمونه‌برداری از سه ردیف میانی هر کرت آزمایشی و با حذف حاشیه از ابتدا و انتهای آنها انجام شد. سطح برگ‌ها توسط دستگاه سطح‌سنج برگ (Leaf Area Meter) اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک برگ‌ها و نیز وزن خشک ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، نمونه‌ها به طور جداگانه در آون الکتریکی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا زمانی‌که وزن نمونه‌ها ثابت شود، سپس توزین و ثبت شدند. با توجه به این‌که سرعت رسیدن به هر مرحله از رشد تحت تأثیر مستقیم درجه حرارت هوا قرار می‌گیرد و بین درجه حرارت و نمو محصول ارتباط نزدیکی وجود دارد لذا برای محاسبه توابع رشد از نسبت تغییرات وزن خشک به تغییرات درجه-روز رشد (Growth Degree Day)GDD)) به جای تقویم زمانی استفاده شد (۱). در این تحقیق T_{max}، T_{min} و T_b برای ماش سبز به ترتیب ۳۵، ۱۲/۵ و ۸ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۲). با استفاده از رگرسیون غیرخطی بین داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌های رشد و GDD بهترین معادلات خطی (معادلاتی با بالاترین ضریب همبستگی) برای شاخص‌های مختلف رشد به شرح زیر تعیین گردیدند (در این معادلات t مجموع درجه-روز رشد و حروف a، b و c ضرایبی هستند که توسط رگرسیون محاسبه شدند):

۱. وزن خشک کل(Total Dry Weight)

$$TDW=e^{(a_1 + b_1t + c_1t2)}$$

۲. وزن خشک برگ (Leaf Dry Weight)

$$LDW=e^{(a_2 + b_2t + c_2t2)}$$

۳. شاخص سطح برگ (Leaf Area Index)

$$LAI=e^{(a_3 + b_3t + c_3t2)}$$

۴. سرعت رشد نسبی (Relative Growth Rate)

$$RGR= b_1+2c_1t$$

۵. سرعت جذب خالص (Net Assimilation Rate)

$$NAR= CGR/LAI$$

۶. سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate)

$$CGR= NAR\times LAI=RGR\times TDW$$

عملکرد دانه با حذف حاشیه هر واحد آزمایشی از مساحت ۳ مترمربع برحسب کیلوگرم براساس میزان رطوبت ۱۳ درصد تعیین گردید.

برای بررسی کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها به روش فیلیپس و هایمن (۱۶) استفاده شد. به این ترتیب که در مرحله انتهایی رشد، ریشه تعداد ۱۰ بوته از هر تیمار به طور تصادفی برداشت و پس از شستن ریشه‌ها، حدود یک گرم از ریشه‌های ظریف و ریز در محلول FAA (۱۳ میلی‌لیتر فرمالدئید غلیظ + ۵ میلی‌لیتر اسید استیک غلیظ + ۹۰ میلی‌لیتر اتانول ۵۰٪) قرار داده شدند تا نمونه‌ها تثبیت شوند. هنگام رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها با آب معمولی شسته شده و سپس قطعات ریشه (به طول یک سانتی‌متر) در داخل KOH ۱۰٪ به مدت یک ساعت و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از سرد شدن، ریشه‌ها شسته شده و به مدت سه دقیقه در اسید کلردیک ۱٪ گذاشته شدند و سپس بر روی آن محلول رنگی (ترپان بلو ۰/۰۵ درصد) اضافه گردید و به‌مدت یک ربع در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس محلول رنگی خالی گردید و پس از آن محلول رنگ‌زدایی لاکتوگلیسرول (۱:۱:۱ اسید لاکتیک، گلیسرول، آب) به آنها

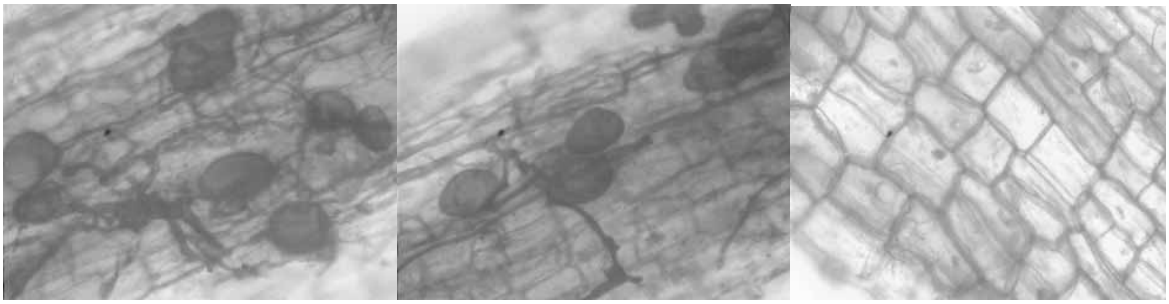
اضافه شد و به مدت یک ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در داخل حمام آب قرار داده شدند. سپس ریشه‌ها به پتری دیش‌های حاوی ۵۰٪ گلیسرول جهت مشاهده در زیر میکروسکوپ نوری منتقل شدند. محلول رنگبر تمام مواد رنگی را از بافت ریشه به جز اندام‌های قارچی خارج می‌کند و در نتیجه اندام‌های قارچی به رنگ آبی در داخل و خارج ریشه به‌طور مشخص دیده می‌شوند (۱۶). تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها براساس امید ریاضی طرح پایه و با استفاده از نرم‌افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با آزمون SNK انجام شد.

نتایج و بحث

کلونیزاسیون ریشه و شاخص‌های رشد

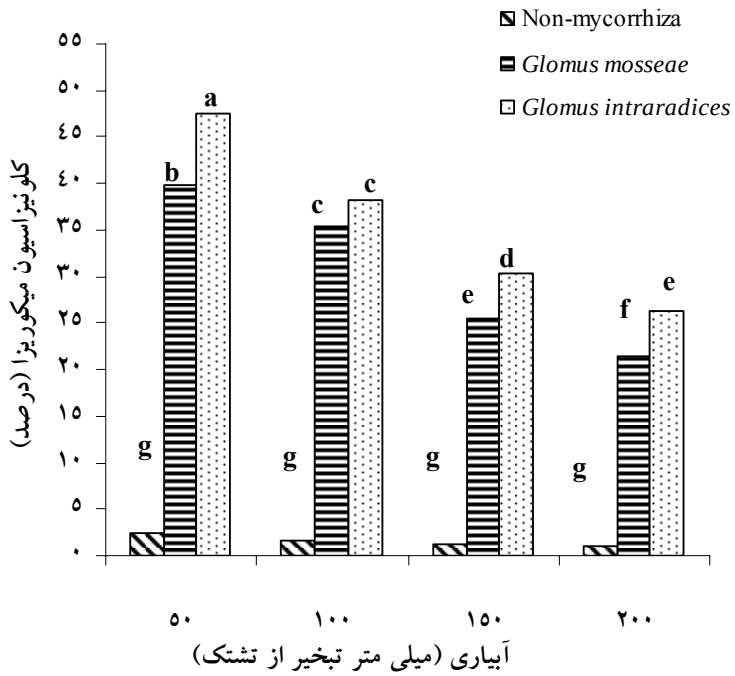
اثر متقابل تنش کم‌آبی و گونه‌های میکوریزا روی درصد کلونیزاسیون در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. میزان آلودگی ریشه ماش با *G. intraradices* در مقایسه با *G. mosseae* بیشتر بود. درصد آلودگی ریشه با *G. intraradices* بین ۲۶/۹ تا ۴۸/۷ درصد و برای *G. mosseae* بین ۲۲/۰ تا ۴۰/۹ درصد متغیر بود. درصد کلونیزاسیون با کاهش رطوبت خاک کاهش یافت که نشان‌دهنده اثر تنش کم‌آبی بر میزان همزیستی میکوریزا است (شکل‌های ۱ و۲). در هر سه تیمار میکوریزا پس از یک رشد کند، گیاه با دریافت ۶۰۰ درجه روز رشد، مرحله سریع تجمع مواد فتوسنتزی شروع شد. گیاهان تلقیح شده با گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* با دریافت ۱۱۰۰ درجه و بدون میکوریزا با دریافت ۱۰۰۰ درجه روز رشد به حداکثر وزن خشک خود رسیدند (شکل۳ – I). در این آزمایش به نظر می‌رسد افزایش عملکرد دانه تیمارهای میکوریزا نسبت به شاهد به علت افزایش ماده خشک و جریان مواد فتوسنتزی به اندام‌های مولد عملکرد اقتصادی باشد که نتایج با گزارش نایدو و همکاران (۱۱) مطابقت دارد. گیاهان تلقیح شده *G. intraradices* با دریافت۸۵۰ درجه روز رشد و *G. mosseae* با دریافت ۹۵۰ درجه روز رشد نسبت به شاهد شروع به افزایش ماده خشک نمودند با کاهش فواصل آبیاری، تجمع ماده خشک افزایش یافت و زودتر به حداکثر ماده خشک کل رسید که علت آن استقرار سریع‌تر و تولید بیشتر پوشش گیاهی و در نتیجه جذب بیشتر آب و عناصر غذایی معدنی نسبت به فواصل بیشتر آبیاری بود. آبیاری پس از ۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین میزان ماده خشک را تولید کردند. شیب افت ماده خشک در طول دوره رشد در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر خیلی تندتر از ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بود (شکل ۴ – I) به‌طوری‌که منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در این فواصل گردید (شکل ۵) که نتیجه با یافته‌های مرادی و همکاران (۳) مطابقت دارد. گیاهان تلقیح شده با گونه‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* بالاترین وزن خشک برگ نسبت به شاهد نشان دادند (شکل ۳ – Π).

مقایسه تغییرات وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ حاکی از روند مشابه تغییرات این دو متغیر در هر دو میکوریزا بوده است. در هر مرحله با افزایش یا کاهش سطح برگ، وزن خشک برگ نیز در هر دو میکوریزا و شاهد به همان نسبت افزایش یا کاهش یافته است ولی در تیمار شاهد نسبت به دو گونه میکوریزا ماده خشک برگ و شاخص سطح برگ کمتری حاصل شد به‌طوری‌که کاهش وزن خشک برگ و شاخص سطح برگ از ۶۰۰ درجه روز رشد شروع گردید (شکل‌های ۳ – Π و III). تیمار *Intraradices G.* از ابتدای فصل رشد تا انتهای فصل رشد بالاترین شاخص سطح برگ را در ماش داشت. گیاهان غیرمیکوریزایی با دریافت ۶۰۰ درجه روز رشد کاهش LAI شروع شد و تا اواخر فصل رشد کمترین LAI نسبت به تیمارهای میکوریزا داشت (شکل ۳ – III). در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب تشعشع، میزان CGR پوشش گیاهی پائین بود. با گذشت زمان، به علت توسعه سطح برگ‌ها، افزایش در رشد محصول دیده



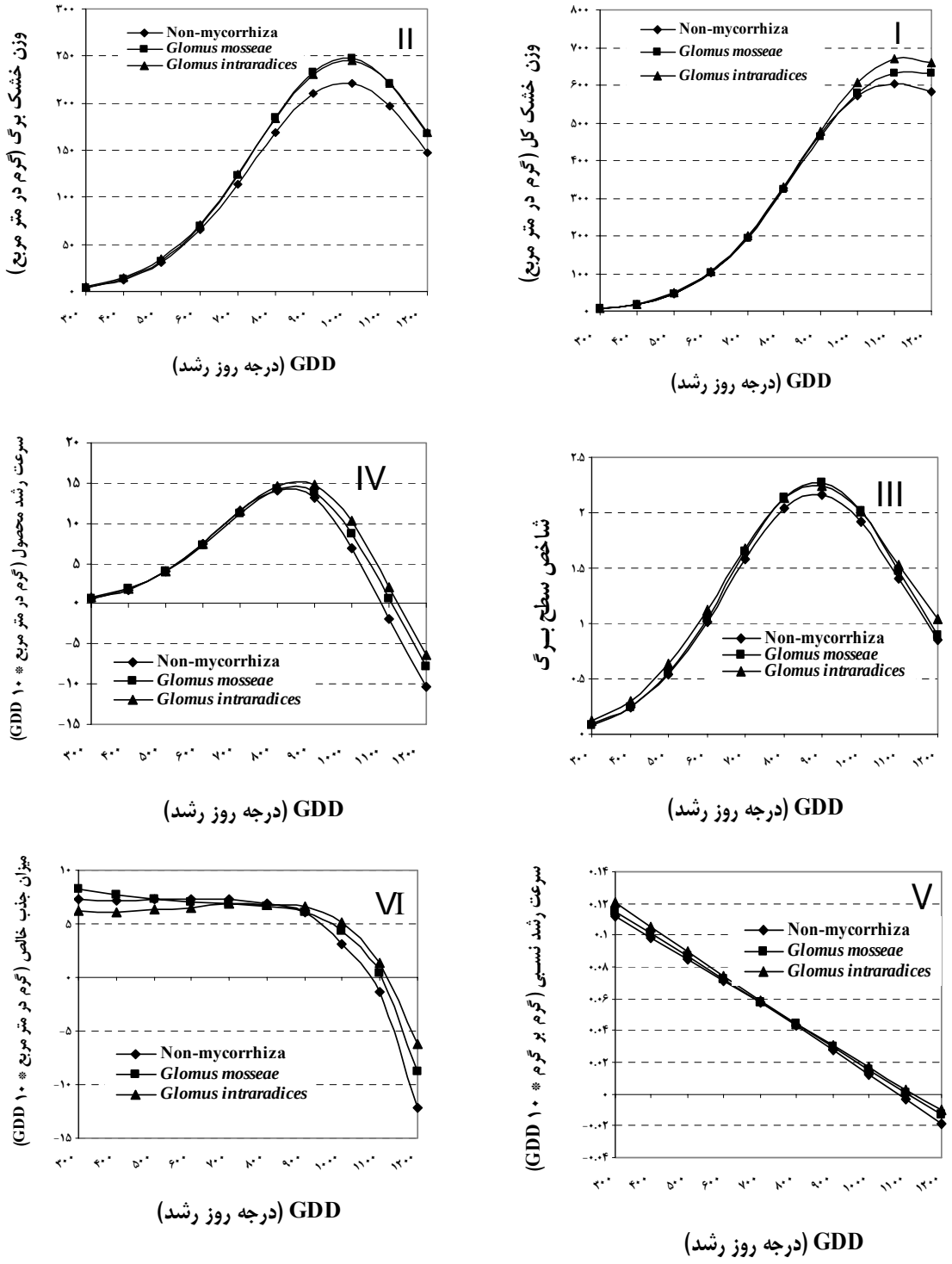
(c) (b) (a)

شکل۱. به ترتیب a- بدون مایه‌زنی با قارچ‌ریشه، b و c- ریسه‌ها و وزیکول‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* در ریشه‌های ماش

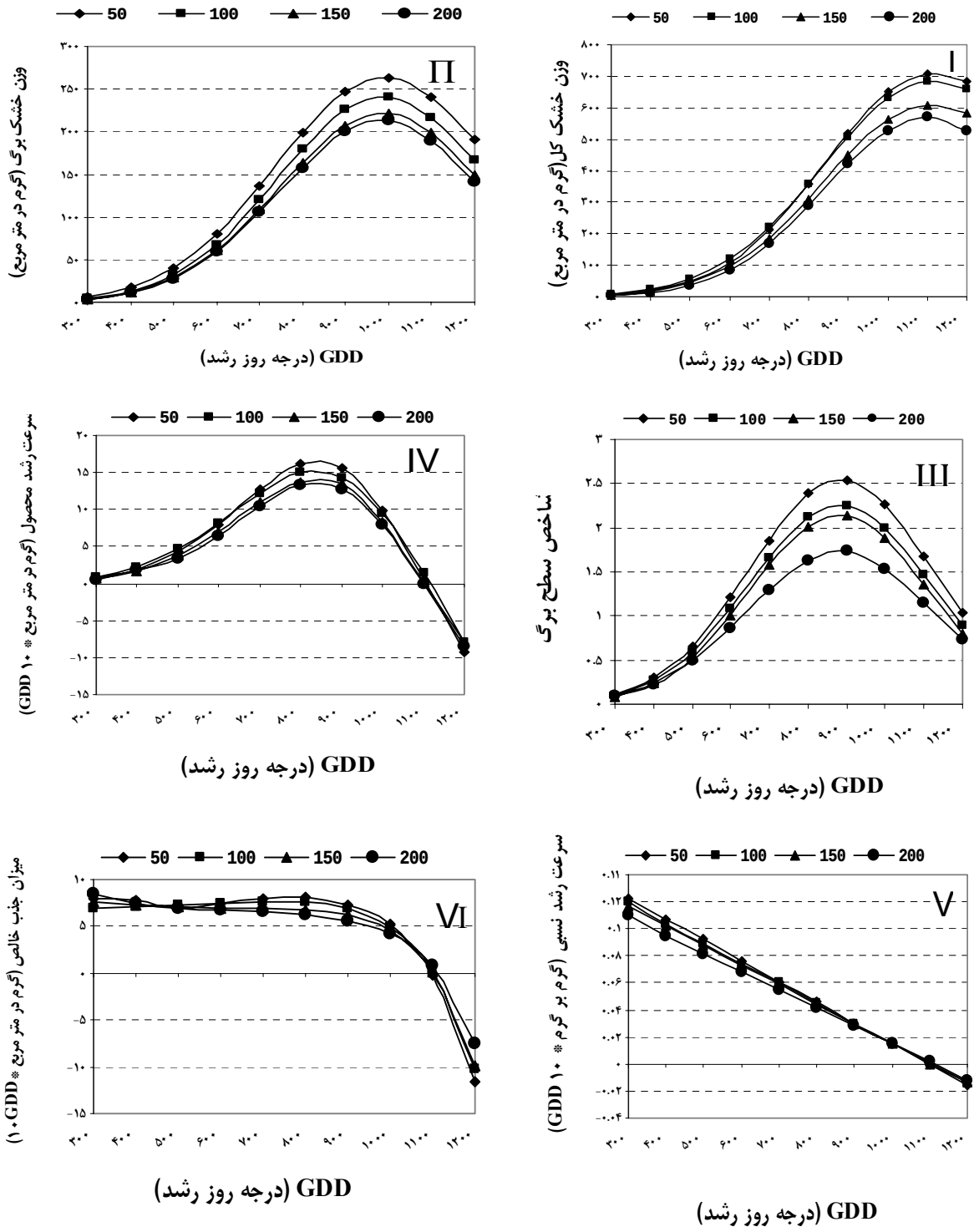


شکل ۲. مقایسه میانگین‌های درصد کلونیزاسیون ریشه ماش در ترکیبات آبیاری (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و گونه‌های میکوریزا. حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

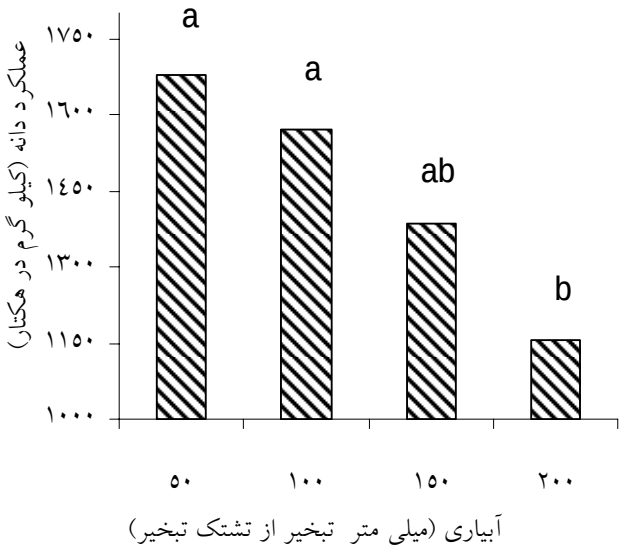
می‌شود. تحت این شرایط تولید مواد فتوسنتزی در پوشش گیاهی افزایش یافته و به دنبال آن CGR گیاه هم بهبود یافته است. تیمارهای میکوریزا با دریافت ۹۰۰ درجه روز رشد وگیاهان غیرمیکوریزایی با دریافت ۸۰۰ درجه روز رشد به ماکزیمم سرعت رشد محصول خود رسیدند (شکل ۳ – IV) و این زمانی است که جذب تشعشع در پوشش گیاهی به میزان حداکثر خود رسیده است. پس شاخص سطح برگ در این مرحله در حد بهینه است و در تیمارهای میکوریزا و شاهد به ترتیب ۲/۳ و ۲/۱ می‌باشد. بیشترین سرعت رشد محصول ماش در گیاهان تلقیح شده با گونه *G. intraradices* و کمترین میزان در گیاهان غیرمیکوریزا به دست آمد. با افزایش فواصل آبیاری میزان سرعت رشد محصول در سطح پایین‌تری قرار گرفت. به



شکل ۳. روند تغییرات وزن خشک کل (I)، وزن خشک برگ (II)، شاخص سطح برگ (III)، سرعت رشد محصول (IV)، سرعت رشد نسبی (V) و میزان جذب خالص (VI) لاین NM92 ماش در گونه‌های مختلف قارچ‌ریشه



شکل ۴. روند تغییرات وزن خشک کل (I)، وزن خشک برگ (II)، شاخص سطح برگ (III)، سرعت رشد محصول (IV)، سرعت رشد نسبی (V) و میزان جذب خالص (VI) لاین NM92 ماش در سطوح مختلف آبیاری (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)

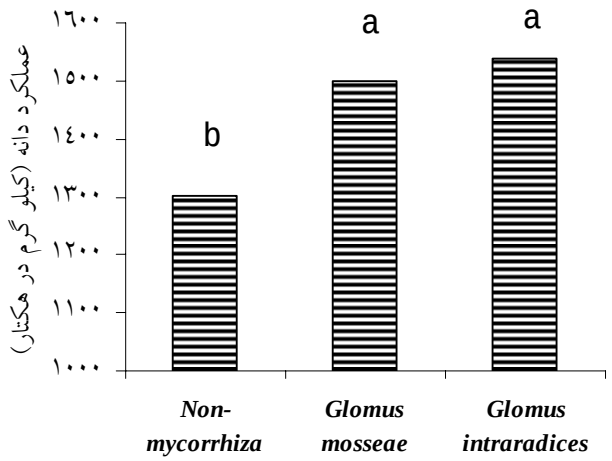


شکل ۵. مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین NM92 ماش در سطوح مختلف آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

دلیل عدم پوشش گیاهی کامل (سطح فتوسنتزکننده)، در فواصل بیشتر آبیاری جذب آب و تشعشع کمتر بوده و به دنبال آن میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک در واحد سطح کاهش یافته که منجر به کاهش سرعت رشد محصول شده است. اختلاف در جذب آب، عناصر غذایی معدنی و تولید ماده خشک در فواصل مختلف آبیاری، عامل مهم تغییرات سرعت رشد محصول است. در آخر فصل رشد، کاهش در روند CGR مشاهده می‌شود و این کاهش زمانی رخ می‌دهد که گیاه به جای تولید مواد فتوسنتزی، بیشترین ریزش برگ و انتقال مواد از اندام‌های مختلف به دانه‌ها به عنوان مکانیسم اصلی رشد اجرا می‌کند. به همین منظور حتی مقدار CGR منفی هم می‌شود (شکل ۴ – IV). بالاترین سرعت رشد نسبی در گیاهان آلوده با گونه *G. intraradices* و بعد از آن گیاهان آلوده با گونه *G. mosseae* مشاهده می‌شود. در گیاهان غیرمیکوریزایی در طول فصل رشد تا اواخر فصل رشد میزان RGR کمتر از گیاهان میکوریزایی بود که نتایج با گزارش‌ها (۱۲ و ۲۱) مطابقت دارد. به طور کلی روند کاهش سرعت رشد نسبی لحظه‌ای برای آبیاری پس از ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ با اندکی تفاوت مشابه است ولی آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک در طول فصل رشد پایین‌ترین مقدار را داشت (شکل‌های ۳ –V و ۴ – V). میزان جذب خالص در مراحل اولیه رشد هم برای گونه‌های میکوریزا و هم برای فواصل آبیاری حداکثر است و افت شدید NAR، با دریافت حدود ۹۰۰ درجه روز رشد شروع شده و شیب این کاهش برای گیاهان غیرمیکوریزایی و آبیاری شده پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک بیشتر بوده است که نتایج با گزارش‌ها (۱۲ و ۲۱) مطابقت دارد. ولی گیاهان میکوریزایی با گونه *G. intraradices* در اکثر طول دوره رشد بالاترین NAR را داشته و بعد از آن NAR در گیاهان میکوریزایی با گونه *G. mosseae* که نشان‌دهنده کارآیی فتوسنتزی بالای برگ‌های گیاهان تحت این دو تیمار است (شکل‌های ۳ – VI و ۴ – VI).

عملکرد دانه

عملکرد دانه در فواصل مختلف آبیاری و در بین گونه‌های



شکل ۶. مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین NM92 ماش در گونه‌های مختلف میکوریزا، حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشد.

میکوریزا از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار گردید. در بین رژیم‌های آبیاری بیشترین عملکرد دانه (۱۶۷۸/۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار آبیاری پس از ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر به دست آمد که افزایش فاصله آبیاری تا ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر، به عبارتی تنش ملایم خشکی، باعث کاهش عملکرد دانه نشد. ولی کمترین عملکرد دانه (۱۱۵۴/۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، شدیدترین تنش خشکی به دست آمد (شکل ۵). بیشترین عملکرد دانه (۱۵۳۷/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به گیاهان همزیست با *G. intraradices* بود که تفاوت معنی‌داری با عملکرد دانه گیاهان همزیست با *G. mosseae* نداشت و کمترین عملکرد دانه (۱۳۰۱/۹ کیلوگرم در هکتار) از گیاهان غیرمیکوریزا به‌دست آمد (شکل ۶). اختلاف در عملکرد تیمارهای میکوریزا و رژیم‌های مختلف آبیاری به مقدار جذب آب و عناصر غذایی معدنی مربوط می‌شود، به‌طوری‌که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا تعادل آبی گیاهان را در تنش خشکی تحت تأثیر قرار می‌دهند و در نتیجه به علت جذب بیشتر آب و عناصر غذایی معدنی عملکرد محصول افزایش می‌یابد که نتایج با گزارش‌های (۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۵ و ۱۷، ۱۹ و ۲۱) مطابقت دارد. نتایج سرعت رشد محصول و میزان جذب خالص (شکل‌های ۳– IV و V) نشان می‌دهد که در کلیه مراحل رشد مورد مطالعه میزان NAR و CGR در گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی (شاهد) بیشتر بوده است.

هم‌چنین گیاهان تلقیح شده با گونه‌های *G. intraradices* و *G. mosseae* در مراحل گل‌دهی تا رسیدگی میزان وزن خشک کل (TDW)، وزن خشک برگ (LDW)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد نسبی(RGR)، سرعت رشد محصول (CGR) و میزان جذب خالص (NAR) بالاتری نسبت به بدون تلقیح میکوریزا نشان دادند (شکل‌های۳ – I، II، III، IV، V و VI). کایا و همکاران (۹) گزارش دادند که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا به طور معنی‌داری بیوماس و عملکرد میوه بالاتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی تولید کردند. با کاهش فواصل آبیاری از ۲۰۰ تا ۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلیه شاخص‌های رشد (شکل‌های ۴ – I، II، III، IV، V و VI) افزایش نشان دادند که منجر به افزایش عملکرد دانه شد. نتایج این بررسی با گزارشات برخی محققان مطابقت دارد (۱۰، ۱۳، ۱۸ و ۲۰). از طرف دیگر عملکرد دانه به میزان CGR در

زمان گل‌دهی بستگی دارد که این شاخص در فاصله کمتر آبیاری در زمان گل‌دهی بیشتر بوده است (شکل ۴ – IV). بنابراین گیاه به دلیل کاهش سطح برگ و وزن خشک برگ پوشش گیاهی در آبیاری با فاصله بیشتر نتوانسته است از حداکثر تابش خورشیدی استفاده نماید. کمترین عملکرد ماده خشک به دست آمده در فواصل بیشتر آبیاری، خصوصاً در آبیاری پس از ۲۰۰ میلی‌متر تبخیر (شکل ۴ – I)، نتایج به‌دست‌آمده را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این آزمایش نشان داد که عملکرد دانه در گیاهان میکوریزایی یکسان بود. ولی *G. intraradices* بهترین و مناسب‌ترین میکوریزا برای منطقه است. زیرا بالاترین مقادیر شاخص‌های رشد (ماده خشک کل، ماده خشک برگ، شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص) و بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه را نشان داد. از بین چهار رژیم آبیاری، تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک مناسب‌ترین رژیم مصرف آب می‌باشد چون سه سطح آبیاری ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک از نظر آماری تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه نشان ندادند.

سپاسگزاری

از گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه و سازمان جهاد کشاورزی آذربایجان‌غربی به خاطر در اختیار گذاشتن امکانات این تحقیق و هم‌چنین از آقای وکیلی مسئول محترم آزمایشگاه به خاطر همکاری لازم در آزمایشگاه فیزیولوژی گروه زراعت و اصلاح نباتات کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع مورد استفاده

۱. کریمی، م. ۱۳۷۲. آنالیز شاخص‌های رشد براساس واحد گرمایی. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. صفحات ۲۴۳–۲۵۳.

۲. مجنون حسینی، ن. ۱۳۷۵. *حبوبات در ایران*. مؤسسه نشر جهاد، وابسته به جهاد دانشگاهی. ۲۴۰ صفحه.

۳. مرادی، ع.، ع. احمدی و ع. حسین‌زاده. ۱۳۸۷. واکنش‌های زراعی- فیزیولوژیک ماش به تنش‌های شدید و خفیف خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲ (۴۵ ب). ۶۷۱- ۶۵۹.

۴. مستأجران، ا. و ف. ضوئی. ۱۳۸۵. *همزیستی میکوریز*. انتشارات دانشگاه اصفهان. ۲۲۶ صفحه.

5. AL-Karaki, G., B. McMichael and J. Zak. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14(4): 263-269.
6. Atayese, M.O. 2007. Field response of Groundnut (*Arachis hypogeal* L.) cultivars to mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilizer in Abekuta,South West Nigeria. American-eurasian J. Agric. Environ. Sci. 2(1): 16-23.
7. Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turk. J. Biol. 28: 85-90.
8. Faisal, E.A., O.Y. Samia and A.E.E. Elsiddig. 2000. Effects of Mycorrhizal inoculation and phosphorus application on the nodulation, mycorrhizal infection and yield components of *Faba Bean* grown under two different watering regimes. University of Khartoum, J. Agric. Sci. 8(2): 107-116.
9. Kaya, C., D. Higgs, H. Kirnak and I. Tas. 2003. Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. Plant and Soil 253(2): 287-292.
10. Magsood, M., J. Iqbal, K. Rafiq and N. Yousaf. 2000. Respons of two Cultivars of Mungbean (*Vigna radiata* L.) Wilczek) to different irrigation levelse. Pakistan J. Biol. Sci. 3(6): 1006-1007.
11. Naidu, N., V. Grosoiah, A. Satyanarayna and V. Raja Rajeswari. 1993. Variation in developmental and morpho–physiological traits under different envirenments and their relation to grain yield of greengram [*Vigna radiata* L.) Wilczek]. Ind. J. Agric. Sci. 63(8): 473–478.

12. pandey, R.K., M.C. Saxena and V.B. Singh. 1978. Growth analysis of blackgram genotypes. Ind. J. Agric. Sci. 48(8): 466–473.
13. Pannu, R.K. and D.P. Singh. 1987. Influence of water deficits on morpho–physiological and yield behavior of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). PP: 252–259. *In:* proceedings of the second International mungbean Symposium, ed. S. Shanmugasundaram and B.T. McClean. Shanhua, Taiwan: World Vegetable Center.
14. Pansu, M. and J. Gautheyrou. 2006. Handbook of Soil Analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer-Verlag Pub., USA.
15. Pelletier, S. and J. Dionne. 2004. Inoculation rate of Arbuscular Mycorrhizal Fungi *Glomus intraradices* and *Glomus etunicatum* affects establishment of landscape Turf with no irrigation or fertilizer inputs. Crop Sci. 44: 335-338.
16. Philips, J.M. and D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Br. Mycol. Soc. 55: 158-161.
17. Robert, M. 2001. Water Relations, Drought and Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. Springer-Verlag. Mycorrhiza 11: 3-42.
18. Sadegipour, O. 2009. The influence of water stress on biomass and harvest index in three mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars. Asian J. Plant Sci. 8(3): 245-249.
19. Sanches-blanco, M.J., T. Ferrandez, M.A. Morales, A. Morte and J.J. Alarcón. 2004. Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plant infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. J. Plant Physiol. 161: 675-682.
20. Sylvia, D.M. and S.E Williams. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizal and environmental stress. PP.101-124, *In:* Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. ASA Special Publication no. 54, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI.
21. Tsai, S.L. 1982. Growth analysis of rice stubble azuki bean (*Phaseolus Angularis* L.). National Sci. Council Monthly 10(12): 967-982.

Effect of Mycorrhizae Fungi on Growth Indices and Grain Yield of Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczk] Under Water Deficit Stress

Y. Habibzadeh, M. R. Zardoshti, A. Pirzad* and J. Jalilian[1]

(Received : Mar. 2-2011 ; Accepted : Jan. 9-2012)

Abstract

To evaluate effect of different irrigation regimes and mycorrhizal fungi on the growth and yield of mungbean NM92 [*Vigna radiata* (L.) Wilczk], a field experiment was conducted in split plot arrangements using randomized complete block design (Irrigation after 50, 100, 150 and 200 mm evaporation from pan class A as main plots and mycorrhiza species, *Glomus mosseae*, *G. intraradices* and a non-inoculated treatment as sub-plots) with three replications at the Research field of Urmia university in 2009. Results showed that irrigation after 50mm evaporation from pan class A, and plant inoculated with *G. intraradices* produced the highest grain yield (1678.5 kg/ha and 1537.6 kg/ha, respectively), total dry weight, leaf dry weight, leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation rate. In Contrast, irrigation after 200 mm evaporation from class A pan and non-inoculated treatment produced the lowest grain yeild (1159.2 and 1301.9 kg/ha, respectively). Reducing the irrigation distance led to an increase in total dry weight, leaf dry weight, leaf area index, crop growth rate, relative growth rate and net assimilation rate. Despite lower grain yield in water deficit condition, AM fungi inoculation significantly reduced the effect of stress on grain yield. All inall, both mycorrhizae species significantly ($P \leq 0.05$) increased the grain yield of mungbean under well-watered and water deficit conditions.

Keywords: Water deficit stress, Growth indices, Grain yield, Mungbean, Mycorrhizae.

1. Former PhD. Student and Assis. Prof.s of Agron. and Plant Breed., Respectively, College of Agric., Urmia Univ., Urmia, Iran.

*: Corresponding Author, Email: a.pirzad@urmia.ac.ir