

تأثیر تلقیح قارچ میکوریز (*Rhizophagus irregularis*) در سطوح مختلف کم آبیاری بر

تولید ریزغده در سیب زمینی

خسرو پرویزی^{۱*}، یحیی پرویزی^۲ و عبدالله نوایی^۳

۱- *نویسنده مسئول: استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران (kparvizi@yahoo.com)

۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۳- کارشناس ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان

همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر قارچ میکوریز آربسکولار در شرایط کم آبیاری بر عملکرد کمی ریزغده‌های سیب زمینی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و در شرایط گلخانه به اجرا درآمد. تیمارها عبارت بودند از: سطوح آبیاری شامل ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه (شاهد)، ۸۵ درصد، ۷۵ درصد و ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه و دو سطح تلقیح ریزغده‌های رقم سانه با قارچ میکوریز گونه *Rhizophagus irregularis* و عدم تلقیح با قارچ مذکور. درصد کلونیزاسیون ریشه، تعداد ریزغده تولیدی در اندازه‌های کوچکتر از ۳ گرم، ۳ تا ۵ گرم و بزرگتر از ۵ گرم و هم چنین درصد ماده خشک ریزغده از صفات مورد اندازه گیری بودند. نتایج نشان داد که قارچ مذکور قابلیت بالایی در جهت ایجاد کلونیزاسیون با گیاهچه‌های سیب زمینی دارد (متوسط ۶۸/۰۸ درصد). در تیمار میکوریزی با ۸۵ درصد تأمین آب در حد ظرفیت مزرعه تعداد ریزغده بیشتری در اندازه‌های مختلف تولید شد که ریزغده تولید شده در اندازه ۳ تا ۵ گرم تفاوت معنی داری با دیگر سطوح آبیاری داشت. از طرفی در تیمارهای میکوریزی در مقایسه با تیمارهای غیر میکوریزی تعداد ریزغده افزایش پیدا کرد. در مجموع در تولید تعداد ریزغده و درصد ماده خشک آن، تیمارهای میکوریزی با تأمین ۶۵ و ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه، وضعیتی هم سطح و قابل رقابت با عدم کاربرد میکوریز در تیمارهای ۱۰۰ و ۸۵ درصد داشتند.

کلید واژه‌ها: عملکرد، غده زایی، قارچ همزیست، کم آبی

مقدمه

قارچ‌های میکوریز با ایجاد رابطه همزیستی^۱ با ریشه گیاهان موجب افزایش کارآیی جذب عناصر غذایی پرمصرف و حتی کم مصرف توسط گیاهان می‌شوند. هم چنین از طریق افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده (عوامل بیماری‌زا) و غیرزنده

(خشکی، شوری و ...) سبب بهبود رشد و نمو و عملکرد

گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Fortin et al., 2000؛ Ryan et al., 2003؛

Smith and Read, 2008). به موازات نقش میکوریز

در افزایش جذب عناصر غذایی، ریشه‌های میکوریز

امکان دسترسی بهتر گیاه به آب را با واکنش‌هایی از

قبیل تنظیم حرکت روزنه‌ای، افزایش هدایت هیدرولیکی

1- Symbiotic relationship

قارچ بود، اگرچه در برخی گونه‌های قارچ تفاوت معنی داری با شاهد نداشتند. در شرایط مزرعه اثرات استفاده از تیمار قارچ بسیار چشم گیر و قابل توجه بود. بطوریکه میزان عملکرد در تیمارهای قارچ میکوریز ۲۰/۹ درصد بالاتر از شاهد بود (Chen et al., 2005). برخی از مطالعات نشان داده است که تلقیح سیب‌زمینی با قارچ میکوریز آربوسکولار در دوره تولید ریزغده در گلخانه بر روی مقاومت سیستماتیک در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی سیب‌زمینی تأثیر مثبتی خواهد داشت و با تقویت گیاهچه‌ها در طول دوره رشد سبب افزایش ظرفیت فتوسنتز و بهبود رشد و در نتیجه افزایش عملکرد تولید ریزغده در آن‌ها می‌شود (Gallou et al., 2011).

ریزازدیادی در سیب‌زمینی با هدف بالا بردن ضریب تکثیر و بر مبنای تولید ریزغده، علاوه بر تولید هسته اولیه بذر سالم، امکان ذخیره ژرم پلاسما جدید و انتقال آسان مواد گیاهی را میسر می‌سازد. تکثیر ریزغده‌ها معمولاً با کندی قابل توجه در قدرت رشد و استقرار اولیه همراه می‌باشد. کاهش قدرت رشد اولیه به‌ویژه اگر با تنش همراه باشد علاوه بر ایجاد حساسیت به آلودگی‌های قارچی و باکتریایی، منجر به کاهش چشمگیری در عملکرد نهایی در گیاهچه‌های حاصله می‌گردد (Otazu, 2010). به‌منظور مطالعه تأثیر قارچ میکوریز آربوسکولار در شرایط تنش خشکی و کم آبیاری بر قدرت تولید ریزغده و نیز کیفیت ماده خشک ریزغده‌های تولیدی این آزمایش به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. دو فاکتور به کار رفته در این طرح شامل سطوح آبیاری (۱۰۰، ۸۵، ۷۵ و ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه) و تلقیح ریزغده‌ها با قارچ میکوریز *Rhizophagus irregularis* (*Glomus intraradices*) و عدم تلقیح با قارچ مذکور بود. برای هر تیمار چهار تکرار در نظر گرفته شد. هر واحد آزمایشی از جعبه‌هایی به ابعاد ۱۲ × ۳۶ × ۵۶ سانتی‌متر تشکیل شد و در هر

آب در داخل گیاه، تنظیم اسمزی و کمک به پایداری پتانسیل آب سلولی میسر می‌سازند (Auge, 2004)؛ (Davis et al., 2005). اثرات قابل توجه میکوریز در تحمل به خشکی به نقش آن در افزایش جذب فسفر، تحریک سنتز سیتوکینین و افزایش راندمان فتوسنتز نسبت داده شده است (Goicoechea et al., 1997). هم‌چنین ثابت شده است که گیاهان میکوریزی، سطح بالایی از هدایت روزنه‌ای نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی دارند. قارچ میکوریز با سنتز تنظیم‌کننده‌های اسمزی^۱ شامل مواد آلی محلول (از جمله قند محلول، پرولین)، تأثیر مثبتی در جذب یون‌های معدنی محلول در گیاه دارد (Sanchez-Blanco et al., 2001). قارچ‌های میکوریز با افزایش میزان این تنظیم‌کننده‌ها در گیاهان و به‌ویژه در شرایط تنش خشکی نقش قابل توجهی در تعدیل اثرات تنش و عبور از اثرات مخرب آن نشان داده اند (Wu and Xia, 2006). اثرات مثبت قارچ‌های میکوریز در افزایش ماده خشک و زیست‌توده گیاهی به‌ویژه در شرایط کم آبیاری و در نواحی خشک با پژوهش‌های دیگر نیز به اثبات رسیده است (Naher et al., 2013).

صفات رشدی، عملکرد و کیفیت غده‌های تولیدی در ۳۴ رقم سیب‌زمینی تحت شرایط تنش با استفاده از سیستم آبیاری سوریس لاین و در تلقیح با میکوریز مورد ارزیابی قرار گرفته است (Gaurav et al., 2010). نتایج ایشان نشان داد که در ارقام مختلف متوسط افزایش سطح برگ بوته‌های تلقیح شده با میکوریز در شرایط تنش نسبت به شاهد از ۲۰ تا ۳۶/۶ درصد متغیر بوده است. از نظر عملکرد کل و کیفیت غده‌های تولیدی پاسخ ارقام سیب‌زمینی تلقیح شده با میکوریز به شرایط تنش خشکی متفاوت بود. نتایج پژوهشی که اثر تلقیح ۵ گونه قارچ میکوریز بر میزان استقرار و درصد زنده ماندن ریزغده‌های سیب‌زمینی حاصل از کشت بافت در شرایط گلخانه بررسی شد، نشان داد که درصد میزان هدررفت ریزغده‌ها در تیمارهای قارچی پایین‌تر از شاهد بدون

ترتیب که ابتدا یکی از جعبه‌های پر شده از محیط کشت و توزین شد. سپس جعبه از آب اشباع شد، و برای جلوگیری از تبخیر، سطح جعبه توسط پلاستیک پوشیده شد. با خروج آب ثقیلی وزن جعبه به‌طور مرتب کم شد تا زمانی که وزن آن ثابت ماند (نشان‌دهنده رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی). با تفاضل وزن اخیر و وزن جعبه و خاک خشک مقدار آب لازم برای رسیدن خاک هر جعبه به حد ظرفیت زراعی مشخص و سطوح ۷۵، ۸۵ و ۶۵ درصد این مقدار آب نیز محاسبه شد و در طول دوره آزمایش برای سطوح مختلف رطوبتی جعبه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور جعبه‌ها روزانه وزن می‌شد و مقدار آب لازم برای رسیدن به هر کدام از سطوح رطوبتی اضافه می‌شد (Souza et al., 2014). جهت پرهیز از خطای احتمالی ناشی از افزایش وزن جعبه‌ها به دلیل انجام فتوستتر و بزرگ شدن وزن گیاهان حاصل، برای هر تیمار در سطح آبیاری مربوطه یک جعبه نکاشت در نظر گرفته شد و مبنای محاسبه میزان آب مورد نیاز جهت رسیدن به سطوح ظرفیتی از آب مورد نیاز، قرار گرفت.

جهت تلقیح ریزغده‌ها از محیط کشت ماسه و پیت حاوی اسپور قارچ میکوریز و از گونه *Rhizophagus irregularis* استفاده شد. بدین منظور در محل کاشت ریزغده‌ها و در حفره‌های کشت به مقدار ۴ گرم از مایه تلقیح قارچ به هر ریزغده در محل کاشت آن‌ها اضافه شد (هر گرم حاوی ۸۰ تا ۸۵ عدد اسپور قارچ) (Duffy et al., 1999). از روش Dalpe (1993) به‌منظور شمارش اسپور قارچ از زادمایه خاک حاوی قارچ میکوریز (تهیه شده از شرکت زیست فناور توران شاهرود) استفاده شد. نتایج شمارش اسپور قارچ از مایه تلقیح مشخص کرد که هر گرم حاوی ۸۰ تا ۸۵ عدد اسپور قارچ در هر گرم می‌باشد. پس از اتمام کشت واحدهای آزمایش آبیاری شدند. در چهار هفته اول کشت، آبیاری به‌صورت یکسان و بر اساس وزن آب مورد نیاز تا ظرفیت مزرعه محاسبه و انجام گردید. سطوح کم آبیاری

واحد آزمایشی ۱۵ عدد ریزغده با اندازه یکسان (با وزن متوسط ۴ گرم) و با تراکم ۸۰ ریزغده در هر مترمربع کشت شدند. عملیات اجرای این طرح از ۱۵ دی‌ماه ۱۳۹۳ تا پایان اردیبهشت ۱۳۹۴ در گلخانه واحد کشت بافت سبزمینی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان انجام گرفت. شرایط محیط گلخانه از نظر نور و دما به‌صورت خودکار تنظیم شد. در دو ماه اول کاشت و قبل از غده‌زایی طول روز با ۱۶ ساعت تنظیم شد و برای تأمین دوره نوری بیشتر از لامپ‌های سدیمی فشار بالا به‌صورت خودکار با زمان سنج مرکزی استفاده گردید. در دو ماه آخر دوره رشد، طول روز معمولی ۱۲ ساعته و کمتر برقرار شد. در ارتباط با شدت نور معمولاً با توجه به استفاده از گلخانه با پوشش شیشه‌ای، شدت نوری معادل ۲۰ تا ۲۲ هزار لوکس قابل دریافت بود اما در روزهای ابری و بارانی با روشن کردن لامپ‌های سدیمی فشار بالا (با توزیع ۲ عدد لامپ ۲۵۰ واتی در هر ۱۰ مترمربع از سطح گلخانه) و تأمین شدت نوری معادل ۵۰۰۰ لوکس به‌ازاء هر لامپ، کمبود نور در گلخانه جبران گردید. دمای داخلی گلخانه در محدوده ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد در شب و ۲۴ تا ۲۶ درجه در روز با سیستم تهویه و حرارت مرکزی تنظیم شد. پس از ضدعفونی گلخانه، جعبه‌های کشت نیز شسته و ضدعفونی شدند. سپس وزن خالی آن‌ها اندازه‌گیری شد. محیط کشت مخلوطی از پیت و پرلیت با نسبت ۳:۱ (پرلیت:پیت) بود که به‌وسیله دستگاه مخصوص ضد عفونی بخار ضدعفونی گردید. سپس داخل جعبه‌های کشت به مقدار مساوی از محیط کشت ریخته شد. جهت تأمین و تکمیل مواد غذایی محیط کشت، محلول کود کامل Combi2 با نسبت ۳ در هزار تهیه و طی سه نوبت، نوبت اول در ابتدای کشت و دو نوبت دیگر با چهار برگه شدن گیاهچه‌ها و سه هفته پس از آن به نسبت مساوی در جعبه‌های کشت توزیع گردید (Soltani, 2010). آبیاری محیط کشت تا حد اشباع انجام شد. جهت اعمال سطوح تنش خشکی از روش وزنی استفاده شد. به این

و ۸۵ درصد ظرفیت زراعی با همدیگر اختلاف معنی دار نداشتند (شکل ۱).

نتایج نشان داد که قارچ میکوریز *Rhizophagus irregularis* قابلیت بالایی در جهت ایجاد کلونیزاسیون مثبت و مؤثر با گیاهچه‌های سب‌زمینی داشت (متوسط ۶۸/۰۸ درصد). از طرفی شدت کلونیزاسیون این قارچ متناسب با کاهش آب آبیاری و فاصله گرفتن از ظرفیت مزرعه، افزایش پیدا کرده است. این امر بیانگر این موضوع می‌باشد که اصولاً قدرت کلونیزاسیون بیشتر در میکوریز با پتانسیل آبی وابستگی داشته و این قارچ در شرایط محیطی با اعمال کم‌آبی مایل به ایجاد رابطه همزیستی بالاتر می‌باشد. قابلیت بالای این قارچ در جهت کلونیزه شدن با سب‌زمینی قبلاً با پژوهش‌های دیگر به اثبات رسیده است (Elizabeth et al., 2000; Parvizi et al., 2011).

تعداد ریز غده‌های تولیدی

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر اصلی قارچ میکوریز بر تعداد ریزغده‌های تولیدی در اندازه کمتر از ۳ گرم در سطح احتمال یک درصد معنی دار است اما اثر اصلی سطوح آبیاری بر تعداد ریزغده‌های ۳ گرمی معنی دار نبود. درحالی‌که اثر متقابل میکوریز و آبیاری بر تعداد این ریزغده‌ها در سطح پنج درصد معنی دار شد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین تعداد ریزغده در اندازه کوچک‌تر از ۳ گرم به تیمار قارچ میکوریز و سطح آبیاری ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه اختصاص دارد که به‌طور متوسط ۲۲/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه و بدون تلقیح با میکوریز) افزایش نشان داده است. کمترین تعداد ریزغده در این اندازه مربوط به تیمار بدون قارچ با آبیاری ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه بود که نسبت به همین تیمار آبی و تلقیح با میکوریز ۱۹/۰۳ درصد کاهش نشان داد. استفاده از قارچ میکوریز در تمام تیمارهای آبیاری تعداد ریز غده‌ها را در این اندازه افزایش داد، هرچند روند افزایش آن‌ها در تیمارهای مختلف آبیاری مشابه نبود (جدول ۲).

پس از سبز شدن کامل ریزغده‌ها حدود ۴ هفته پس از تاریخ کشت اعمال شد. کلونیزاسیون ریشه با روش رنگ آمیزی با تریپان بلو مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Phillips and Hayman, 1970). درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها با روش خطوط متقاطع محاسبه گردید (Gonigle et al., 1990). در هنگام برداشت، ریزغده‌های تولیدی پس از توزین به سه کلاس با اندازه‌های متفاوت تفکیک شدند (بزرگتر از ۵ گرم، ۳ تا ۵ گرم، کوچکتر از ۳ گرم). تعداد ریزغده در هر اندازه بذری مشخص شده و با توجه به تعداد گیاهچه موجود در هر جعبه کشت (۱۵ عدد گیاهچه)، نسبت تعداد ریزغده تولیدی به گیاهچه در اندازه‌های مختلف و در هر تکرار برآورد گردید. به‌منظور اندازه‌گیری ماده خشک ریزغده، سه نمونه تصادفی از هر تکرار جدا شده و پس از شستشوی کامل، خشک و توزین گردیدند. برش‌هایی به‌صورت ورقه نازک از آن‌ها تهیه شد و در آون در دمای ۸۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. پس از رسیدن به وزن ثابت، درصد ماده خشک آن‌ها از تقسیم وزن نهایی بر وزن اولیه و ضرب عدد حاصل در ۱۰۰ تعیین شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

درصد کلونیزاسیون ریشه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح آبیاری بر میزان کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی دار داشته است (جدول ۱). با مقایسه میانگین‌ها نیز مشخص شد که میزان کلونیزاسیون ریشه در سطح آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی بیشترین اندازه (متوسط ۶۵/۳۳) را داشت که از نظر آماری با سطح آبیاری ۶۵ درصد تفاوت معنی دار نشان نداد اما با دو سطح دیگر تفاوت‌ها در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید. درصد کلونیزاسیون ریشه با قارچ در سطوح آبیاری ۱۰۰

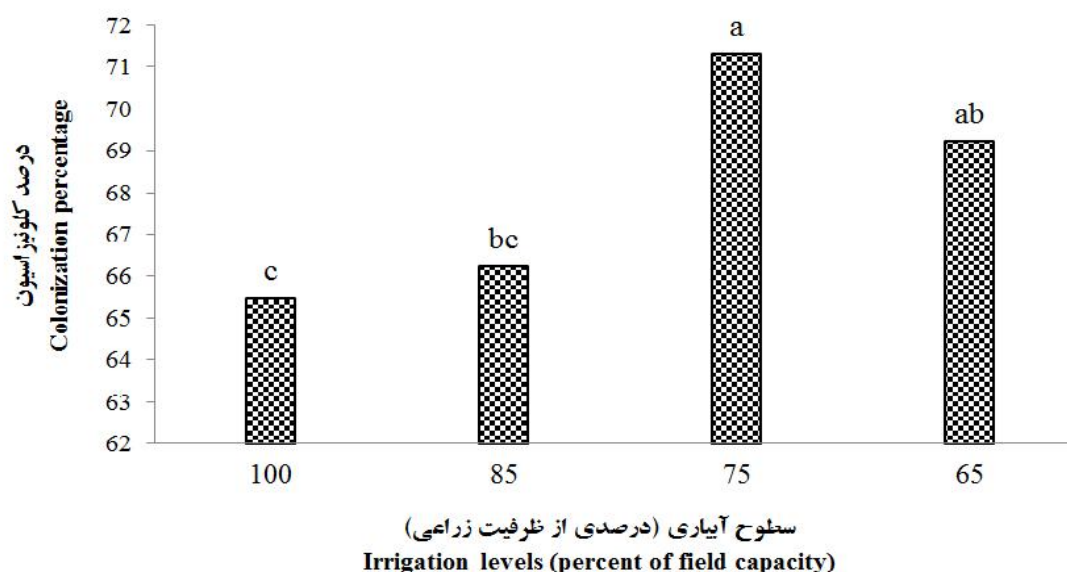
جدول ۱- تجزیه واریانس درصد کلونیزاسیون ریشه، تولید تعداد ریزغده در اندازه‌های مختلف و درصد ماده خشک آن در اثر تلقیح با میکوریز در سطوح مختلف آبیاری

Table 1. Variance analysis of root colonization percentage, number of minitubers production in different sizes and tuber dry matter percentage affected by mycorrhizal inoculation in different irrigation levels

درصد ماده خشک ریزغده Minituber dry matter (%)	تعداد کل ریزغده Total minituber No	میانگین مربعات Mean Square				درصد کلونیزاسیون Colonization (%)	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variance
		تعداد ریزغده بزرگ‌تر از ۵ گرم Minituber No 5 gr	تعداد ریزغده ۳ تا ۵ گرم Minituber No (3 5)	تعداد ریزغده کوچک‌تر از ۳ گرم Minituber No 3 gr	تعداد ریزغده کوچک‌تر از ۳ گرم Minituber No 3 gr			
5.71*	454.20**	115.48**	38.18**	19.32**	236.03**	1	میکوریز Mycorrhiza	
0.82 ^{ns}	166.10**	54.54**	14.52**	1.72 ^{ns}	161.58**	3	سطوح آبیاری Irrigation levels	
2.30*	225.00**	86.66**	20.50**	3.53*	25.26 ^{ns}	3	میکوریز × آبیاری Irrigation × Mycorrhiza	
0.27	5.11	2.41	0.99	0.86	1.06	21	خطای آزمایش Error	
2.74	5.94	8.24	8.94	11.27	2.19		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)	

ns, * and ** show no significant differences, significant at the 5 and 1 % respectively.

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد را نشان می‌دهد.



شکل ۱- درصد کلونیزاسیون ریشه سیب‌زمینی تلقیح شده با قارچ میکوریز در سطوح مختلف آبیاری از ظرفیت مزرعه
Figure 1. Root colonization percentage of inoculated potato by Mycorrhizal fungus in different irrigation levels of field capacity

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل قارچ میکوریز و سطوح مختلف آبیاری بر ریزغده‌ها با اندازه متفاوت و تعداد کل ریزغده تولیدی سیب‌زمینی در هر جعبه کشت

Table 2. Means comparison of interaction between mycorrhiza fungus and irrigation levels on different size and total number of minituber in each planted box

تعداد ریز غده Minituber Number				سطوح آبیاری Irrigation levels	میکوریز Mycorrhiza
کوچک‌تر از ۳ گرم 3 gr	۳ تا ۵ گرم 3 to 5 gr	بزرگ‌تر از ۵ گرم 5 gr	کل Total		
9.04 ^a	12.28 ^b	22.42 ^a	43.74 ^b	۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه 100% FC	تلقیح Inoculated
9.73 ^a	14.18 ^a	23.51 ^a	47.42 ^a	۸۵ درصد ظرفیت مزرعه 85% FC	
8.86 ^{ab}	11.46 ^b	19.66 ^b	40.00 ^{cd}	۷۵ درصد ظرفیت مزرعه 75% FC	
8.51 ^{ab}	10.99 ^b	17.30 ^c	36.81 ^{de}	۶۵ درصد ظرفیت مزرعه 65% FC	
7.94 ^{bc}	12.56 ^b	21.76 ^{ab}	42.92 ^{bc}	۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه 100% FC	عدم تلقیح Non inoculated
7.55 ^{bc}	9.70 ^{cd}	16.92 ^c	34.16 ^e	۸۵ درصد ظرفیت مزرعه 85% FC	
7.55 ^{bc}	9.70 ^{cd}	16.92 ^c	34.16 ^e	۷۵ درصد ظرفیت مزرعه 75% FC	
6.89 ^c	8.22 ^d	12.11 ^d	27.23 ^f	۶۵ درصد ظرفیت مزرعه 65% FC	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

Means followed by similar letters in the same column don't significant difference based Duncan test at P 0.05.
FC= Field capacity

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات اصلی میکوریز و سطوح متفاوت آبیاری و هم‌چنین اثر متقابل میکوریز و سطوح آبیاری در تولید ریزغده در اندازه ۳ تا ۵ گرم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد ریزغده در این اندازه با تیمار میکوریزی با آبیاری ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه تولید شد و نسبت به تیمارهای بدون میکوریز در این سطح آبیاری و سطح ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه به ترتیب ۴۶/۱۸ درصد و ۱۵/۴۷ درصد افزایش تولید داشت. کمترین تعداد ریزغده در این اندازه مربوط به تیمار بدون میکوریز و سطح آبیاری ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه بود که به‌طور متوسط نسبت به تیمار میکوریز در همین سطح آبیاری ۳۳/۶۹ درصد کاهش نشان داد. بین تیمارهای میکوریزی ۱۰۰، ۷۵ و ۶۵ درصد ظرفیت زراعی از نظر تعداد ریزغده‌های ۳ تا ۵ گرم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با کاهش آب آبیاری حتی در کمترین میزان (۶۵ درصد از ظرفیت مزرعه)، تعداد ریزغده در صورت تلقیح با میکوریز وضعیتی مشابه تیمار شاهد (تأمین ۱۰۰ درصد و بدون میکوریز) داشت و تفاوت‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۲).

اثرات اصلی میکوریز و سطوح آبیاری و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها بر تولید تعداد ریزغده درشت (بزرگتر از ۵ گرم) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین میزان ریزغده تولید شده مربوط به تیمار میکوریزی با آبیاری ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با آبیاری ۶۵ درصد ظرفیت مزرعه بوده است. اگرچه اثرات مثبت میکوریز در افزایش تعداد ریزغده با شدت اعمال کم آبیاری افزایش داشته است، اما این افزایش با سطوح آبیاری نزدیک‌تر به ظرفیت مزرعه، بیشتر و در سطوح آبیاری دورتر از ظرفیت مزرعه، کمتر بوده است. میکوریز اثر معنی‌داری در افزایش تولید ریزغده درشت با تأمین نیاز آبی ۱۰۰ درصد نداشته است (جدول ۲).

اثرات اصلی میکوریز و سطوح آبیاری و هم‌چنین اثر متقابل آن‌ها بر تعداد کل ریزغده تولیدی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). تلقیح با قارچ میکوریز باعث افزایش معنی‌دار تولید کل ریزغده در همه سطوح آبیاری شد. بیشترین تعداد کل ریزغده با تیمار میکوریزی و با سطح آبیاری ۸۵ درصد به‌دست آمد که با تمامی تیمارهای میکوریزی و نیز تیمارهای شاهد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد نشان داد. تلقیح با میکوریز در دو سطح آبیاری ۷۵ و ۶۵ درصد از نظر تولید ریزغده کل وضعیتی مشابه داشت و اختلاف‌ها معنی‌دار نشد. تولید ریزغده کل در این دو تیمار وضعیتی مشابه با تیمار بدون میکوریز و ۸۵ درصد آبیاری داشت (جدول ۲).

قارچ میکوریز در سطوح مختلف آبیاری نقش قابل توجهی در افزایش تولید ریزغده در اندازه کمتر از ۳ گرم داشت. ریزغده‌های تولید شده در این اندازه اگرچه از دوره خواب طولانی‌تری برخوردار هستند و استقرار آن‌ها در مزرعه و به‌ویژه در مراحل اولیه مشکل می‌باشد، اما در برنامه تولید ریزغده‌چه در شرایط گلخانه و تکثیر بعدی آن‌ها در جهت افزایش ریزغده از ریزغده حائز اهمیت می‌باشند (Otazu, 2010). افزایش تعداد ریزغده‌ها در اندازه کوچک‌تر از ۳ گرم نقش مؤثری در بالا بردن ضریب تکثیر^۱ کل ریزغده (نسبت تعداد کل ریزغده تولید شده به ازاء هر گیاهچه و یا ریزغده کاشته شده) در برنامه تولید بذر از ریزغده دارد و لذا از این حیث حائز اهمیت می‌باشند. تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز در سبب‌زمینی در افزایش تعداد ریزغده و در نتیجه بالا بردن ضریب تکثیر قبلاً نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Elizabeth et al., 2000).

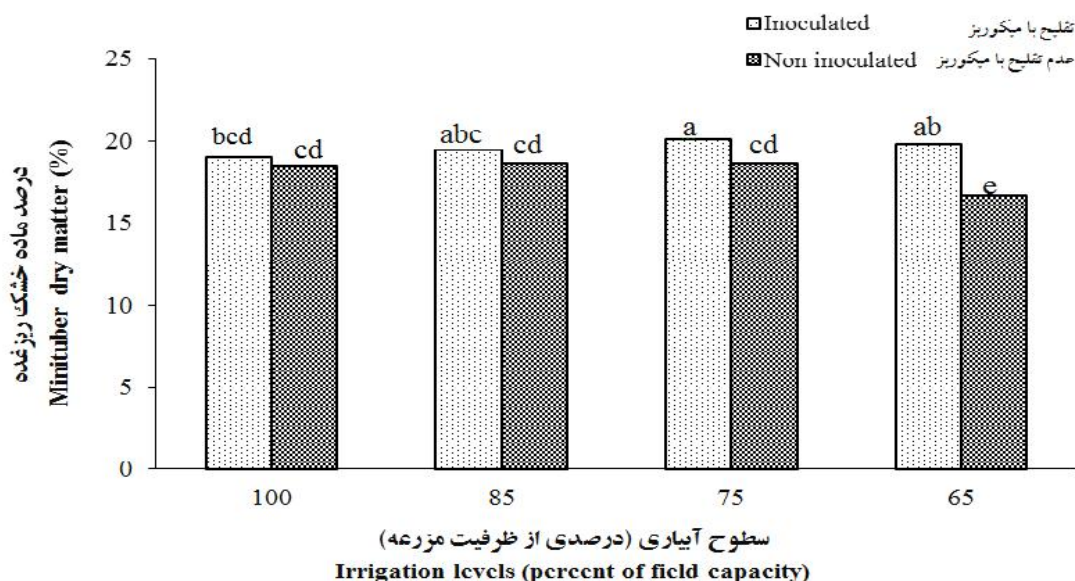
افزایش تولید ریزغده در اندازه ۳ تا ۵ گرم در تلقیح با میکوریز و در سطوح مختلف آبیاری و به‌ویژه در سطوح کم آبیاری و پائین‌تر از ظرفیت مزرعه‌ای حائز

اهمیت می‌باشد. ریزغده‌های تولید شده در این اندازه مناسب‌ترین اندازه جهت کشت در مزرعه می‌باشند. معمولاً میزان تلفات آن‌ها بسیار پایین بوده و از سرعت رشد بالاتری برخوردار هستند (Rolot et al., 2002). معمولاً در شرایط تنش و کم آبیاری، سیب‌زمینی‌گرایش به تولید غده‌های کوچکتر دارد (Ewing, 1997). نتایج نشان داد که علاوه بر اثر میکوریز در افزایش ریزغده کوچک و متوسط، حتی در سطوح مختلف کم آبیاری و پائین‌تر از ظرفیت مزرعه نیز در تلقیح با میکوریز میزان ریزغده درشت افزایش قابل توجهی داشت. ریزغده‌های با وزن بیشتر از ۵ گرم (ریزغده درشت) قدرت جوانه‌زنی بیشتری داشته و معمولاً دوره خواب کوتاه‌تری دارند (Bajaj and Sopory, 1988). در عین حال که از بازارپسندی خوبی در برنامه تولید بذر برخوردار هستند. افزایش تعداد ریزغده‌های تولید شده در این اندازه در شرایط کم آبیاری و در اثر تلقیح با میکوریز یک ویژگی مطلوب به شمار می‌رود که به‌عنوان دستاورد مهم تحقیق می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد.

درصد ماده خشک ریز غده

اثر اصلی تلقیح با قارچ میکوریز در درصد ماده خشک ریزغده در سطح پنج درصد معنی‌دار شد اما اثر اصلی سطوح آبیاری معنی‌دار نشد. در مقابل اثر متقابل میکوریز و سطوح آبیاری در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد ماده خشک ریزغده در تیمار میکوریزی با شاهد اختلاف معنی‌دار داشته و در مجموع با تلقیح ریزغده‌ها با قارچ میکوریز درصد ماده خشک در ریزغده تولیدی افزایش پیدا کرد اما معنی‌دار شدن اثر متقابل تیمارها بیانگر این امر می‌باشد که تلقیح با میکوریز در تیمارهای مختلف آبیاری اثر یکنواختی بر افزایش ماده خشک ریزغده نداشته است (شکل ۲). در دو سطح آبیاری ۱۰۰ و ۸۵ درصد ظرفیت مزرعه استفاده از قارچ میکوریز اثر معنی‌داری در افزایش ماده خشک ریزغده نسبت به تیمارهای شاهد با سطوح آبی مشابه نداشت اما در دو سطح ۷۵ و ۶۵ درصد، اثر میکوریز در افزایش ماده خشک در قیاس با تیمارهای شاهد مربوطه معنی‌دار گردید (شکل ۲).

در بررسی‌های صورت گرفته مشخص شده است که تولید تعداد غده در سیب‌زمینی و ضریب تکثیر آن اگرچه ممکن است که ارتباط زیادی با نوع رقم در سیب‌زمینی داشته باشد، اما اقدامات مدیریتی از قبیل تراکم کاشت، تاریخ کاشت، تیمارهای هورمونی نیز بر مقدار آن تأثیر قابل توجهی دارند. هم‌چنین تأثیر سطوح فسفر و کاربرد عناصر کم مصرف آهن، روی و منگنز بر تعداد غده تولیدی قابل ملاحظه می‌باشد (Ewing, 1997). تأثیر تلقیح با میکوریز در افزایش تولید تعداد کل ریزغده به افزایش جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر نسبت داده شده است (Davies et al., 2005). هم‌چنین ممکن است میکوریز در شرایط تنش با افزایش سنتز هورمون‌های رشد و به‌ویژه سیتوکینین و هم‌چنین بالا بردن سطوح پلی‌آمین‌ها اثری دو جانبه در افزایش کارآیی فتوسنتز و تعدیل اثرات تنش و در نتیجه افزایش عملکرد در گیاهان سیب‌زمینی داشته باشد (Parvizi et al., 2011).



شکل ۲- درصد ماده خشک ریزغده سیب‌زمینی تلقیح شده با قارچ میکوریز در در سطوح مختلف آبیاری از ظرفیت مزرعه
 Figure 2. Dry matter of minituber of inoculated potato by Mycorrhizal fungus in different irrigation levels of field capacity

امر باعث افزایش ماده خشک گیاه و در نتیجه ماده خشک ریزغده‌ها می‌شود. اثرات مثبت تلقیح با قارچ میکوریز در تجمع ماده خشک ریزغده با نتایج گزارش‌های David et al (2007) و Ryan et al. (2003) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

در مجموع با نتایج این پژوهش به نظر می‌رسد که تلقیح ریزغده‌های سیب‌زمینی با میکوریز در سطوح مختلف آبیاری باعث افزایش عملکرد و هم‌چنین افزایش تولید تعداد ریزغده و در نتیجه ضریب تکثیر بیشتر می‌شود. اثرات مثبت میکوریز در ارتقاء قدرت رشد و افزایش عملکرد ریزغده در سیب‌زمینی به خصوص در تیمارهایی با سطوح آبیاری کمتر، بیشتر قابل توجه بوده و به‌عنوان نقطه قوت کاربرد قارچ میکوریز در جهت کاهش مصرف آب و افزایش راندمان آب آبیاری در کشت سیب‌زمینی و در برنامه بذر می‌تواند مدنظر قرار گیرد.

سپاس‌گزاری

از زحمات بی‌دریغ سرکار خانم مهندس مرضیه قربانی و هم‌چنین مساعدت آقای مهندس علیرضا کریمخانی مسئول گلخانه کشت بافت در مرکز تحقیقات کشاورزی

به این ترتیب افزایش درصد ماده خشک ریزغده در تیمارهای میکوریزی می‌تواند ناشی از اثرات مثبت آن در این صفات و افزایش راندمان فتوسنتز در گیاهچه‌ها باشد. هم‌چنین ثابت شده است که مقدار ماده خشک در سیب‌زمینی با فسفر برگ و مقدار فسفر خاک همبستگی مثبت دارد (Ekelof, 2007). در گیاه سیب‌زمینی، میکوریز به صورت معنی‌داری قادر به افزایش جذب فسفر، آهن، روی و منگنز و نیتروژن و در نتیجه بالا بردن قدرت رشد می‌باشد (Davies et al., 2005؛ Tobar et al., 1994). ممکن است بخشی از اثرات میکوریز در افزایش درصد ماده خشک ریزغده ناشی از تأثیرات آن بر افزایش جذب فسفر و سایر عناصر غذایی و کمک به جذب و بکارگیری مواد فتوسنتزی و افزایش راندمان آن باشد. با توجه به این که فسفر عنصر ضروری برای متابولیسم‌های گیاهی به‌ویژه در متابولیسم کربوهیدرات می‌باشد، تأمین فسفر مورد نیاز گیاه و تقویت انجام متابولیسم‌های لازم باعث افزایش ذخیره کربوهیدرات غده می‌شود. در غده سیب‌زمینی بیشترین مقدار کربوهیدرات ذخیره از نوع نشاسته می‌باشد، این

و منابع طبیعی همدان تشکر می‌نمایم. هم‌چنین از تلاش‌های
جناب آقای مهندس گودرزی معاون محترم پژوهشی
مرکز در ایجاد هماهنگی لازم در اجرای پروژه قدردانی
می‌گردد.

References

- Auge, R.M. (2004). Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. *Canadian Journal Soil Science*, 84: 373-381.
- Bajaj, Y.P.S. and Sopory S.K. (1988). Biotechnology of potato improvement, In Bajaj, Y.P.S. (3th Eds). *Biotechnology in Agriculture and Forestry 2*. Springer-Verlag Germany. pp: 429-454.
- Chen, X., Chunhua, W., Jianjun, T., and Shuijin, H. (2005). Arbuscular mycorrhiza enhance metal lead uptake and growth of host plant under a sand culture experiment. *Chemospher Journal*, 60: 665-671.
- Dalpe, Y. (1993). Vesicular- Arbuscular Mycorrhiza, Soil sampling and method of analysis. *Soil Science Society, Lewis Publisher*. pp: 278-301.
- David, D., Gerald, N., Carolyn, R., and Paul, R.H. (2007). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi increases the yield of potatoes in a high P soil. *Biological Agriculture Horticulture*, 25: 67-78.
- Davies, J., Calderon, F.T., and Huainan, Z. (2005). Influence of arbuscular on growth, Yield, and leaf elemental concentration of 'Yungay' potatoes. *Hort Science*, 40: 381-385.
- Duffy, E.M., Hurley E., and Casseles, A.C. (1999). Weaning performance of potato microplants following bacterization and micorrhization. *Potato Research*, 42: 521-527.
- Ekelof, J. (2007). Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. Master project in the horticultural Science Programme, Netherland, ED (ECTS). pp: 130-135.
- Elizabeth, M., Duffy, A., and Cassele, C. (2000). The effect of inoculation of potato microplant with arbuscular mycorrhizal fungi on tuber yield and tuber size distribution. *Applied Soil Ecology*, 15: 137-144.
- Ewing, E.E. (1997). *The physiology of vegetable crops*. CABI Publishing. pp: 285-295.
- Fortin, J.A., Becard G., Dalpe S and St- Arnoud, M.Y. (2002). Arbuscular mycorrhiza on root-organ cultures. *Canadian Journal Botany*, 80: 1-20.
- Gallou, A., Mosquerab, H.P.L., Cranenbrouckc, S., Suarezb. J.P., and Declerck, S. (2011). Mycorrhiza induced resistance in potato plantlets challenged by *Phytophthora infestans*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 76: 20-26.

- Gaurav, S.S., Sirohi S.P.S., Singh, B., and Sirohi, P. (2010). Effect of mycorrhiza on growth, yield and tuber deformity in Potato (*Solanum tuberosum L.*) grown under water stress conditions. *Journal of Progressive Agriculture*, 10: 31-40.
- Goicoechea, N., Antolin M.C., and Sanchez-Díaz, M. (1997). Influence of arbuscular mycorrhizae and Rhizobium on nutrient content and water relations in drought stressed alfalfa. *Journal of Plant and Soil*, 192: 261- 268.
- Gonigle, T., Miller, M., and Swan, J. (1990). A new method that gives an objective measure of colonization of roots by vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytology*, 115: 495-501.
- Mohammad, M., Abrishamchi, A., Khoshbakht, K., and Niknam, V. (2014). Plant hormones as signals in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Critical Reviews in Biotechnology*, 34(2): 123-133
- Naher, U.A., Othman, R., and Panhwar, Q.A. (2013). Beneficial effects of mycorrhizal association for crop production in the tropics (a review). *International Journal of Agriculture and Biology*, 15: 1021-1028.
- Otazu, V. (2010). Manual on quality seed potato production using aeroponics. International potato Centre (CIP). Lima, Peru. pp: 33-44.
- Parvizi, k., Dashti, F., and Esna Ashari, M. (2011). Symbiotic effect of Arbuscular mycorrhiza on growth regulators levels, growth properties and yield in potato plantlets *in vitro* and *ex vitro*. Ph.D. Thesis, Faculty of Horticulture Bu-Ali Sina University, Iran.
- Phillips, J.M. and Hayman, D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Mycology Society Journal*, 55: 159-161.
- Rolot, J., Seutin, H., and Michelant, D. (2002). Production de minitubercules de pomme de terre par hydroponic. *Biotechnology Agronomy Society Environment*, 6(3): 155-161.
- Ryan, N.A., Deliopoulos T., Jones, P., and Haydock, P.P. (2003). Effects of mixed-isolate mycorrhizal inoculums on the potato- potato cyst nematode interaction. *Annual Applied Biology*, 143: 111-119.
- Sanchez-Blanco, M.J., Fernandez, T., Morales, M.A., Morte, A., and Alarcon, J.J. (2001). Variation in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glumus deserticola* under drought conditions. *Journal of Plant Physiology*, 161: 675-682.
- Smith, S.E. and Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd edit. London Academic Press. pp: 751-787.
- Soltani, H. (2010). Techniques for culture and multiplication of potato by mini- tuber. Agricultural Research. Education and Extention organization, Iran, Report extention. pp: 35.
- Souza, A.T., Streck, N.A., Heldwein, A. B., Bisognin, D. A., Minussi W.J.E., Rocha, T.S., and Zanon, A.J. (2014). Transpiration and leaf growth of potato clones in response to soil water deficit. *Scientia Agricola*, 71(2): 96-104.

- Tobar, R., Azcon, R., and Barea, J.M. (1994). Improved nitrogen uptake and transport from ¹⁵N-labelled nitrate by external hyphae of arbuscular mycorrhiza under water-stressed conditions. *New Phytologist*, 126: 119-122.
- Wu, Q.S. and Xia, R.X. (2006). Arbuscular mycorrhiza fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well watered and water stress conditions. *Journal of Plant Production*, 8: 47-55.

Effect of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungus (*Rhizophagus Irregularis*) Inoculation in Different Levels of Water Deficit on Minituber Production in Potato

K. Parvizi^{1*}, Y. Parvizi² and A. Navaei³

- 1- *Corresponding Author: Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran. (kparvizi@yahoo.com)
- 2- Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran
- 3- Graduate M.Sc. of Agricultural Biotechnology, Seed and Plant Improvement Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran

Received: 18 October, 2016

Accepted: 26 April, 2017

Abstract

Background and Objectives

The symbiotic relationship between arbuscular mycorrhizae and plants can improve plant growth by increasing mineral nutrient absorption, tolerance to diseases and stresses such as drought, temperature fluctuation, metal toxicity, salinity and other adverse conditions. Micro propagation of potato by micro and mini tubers have been established for improving multiplication rate and possibility of reserving some more stock plants as germplasm. Multiplication of the minitubers already has been accompanied by lower establishment that causes low vigor and performance of the plant especially in water stress conditions. This experiment was done to study the effect of arbuscular mycorrhiza fungus inoculation on vigor and performance of plantlets derived from minituber in green house conditions.

Material and Methods

This experiment was conducted as factorial based on a randomized complete design with four replications. The treatments were irrigation levels (100%, 85%, 75% and 65% of field capacity) and two levels of culture medium inoculation (inoculation with *Rhizophagus irregularis* and non-inoculation). The amount of water supplement was evaluated according to their treatment by weighing the boxes and calculating the amount of field capacity base. The method described by Gonigle et al (1990) was used for root colonization assessment. Mini-tuber obtained from any plant was weighed, arranged in three groups. Two-way analysis of variance (ANOVA) was carried out using SAS software (v. 8.02, SAS Institute, Cary, NC).

Results

Analysis of variance showed that in all minitubers the main effects of incubation with mycorrhiza, irrigation levels and their interaction were significantly different ($p < 0.05$). Minituber dry matter percentage showed a significant difference ($p < 0.05$) with mycorrhizal inoculation and interaction between mycorrhiza and irrigation levels. Means comparison showed that generally more minituber production in different sizes was accomplished by mycorrhizal treatments in all irrigation levels in comparison with non-inoculated ones. The most minitubers in different sizes were accomplished with inoculated and providing 85% FC water treatment. Inoculation of minitubers in 65% and 75% FC of irrigation levels did the same as the competitive situation with non-inoculated minitubers in 85% and 100% of irrigation at the most traits related with quantity and quality of minituber production.

Discussions

It is concluded that although mycorrhiza was able to promote growth and final yield of minituber production and multiplication rate, this ability is not limited and can be extended ultimately by critical threshold of water accessibility. Dry matter of minituber was affected by application of mycorrhiza in four irrigation regimes. In relation with minituber dry matter, it is conceived that mycorrhiza can affect the dry matter of minituber but irrigation levels must be remarkable in this situation. Generally, it is concluded that mycorrhiza had considerable effect on performance of planted minitubers by adjustment of water stress through promoting mineral nutrients absorption and increasing osmotic potential capability. This ability could be different with intensity of water deficiency.

Keywords: Symbiotic fungus, Tuberization, Water deficit, Yield