

غربالگری میکوریزای همزیست و تأثیر جدایه برتر به همراه تیمارهای مختلف کود شیمیایی بر خصوصیات رویشی و گلدهی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط گلخانه

بهاره معین وزیری^۱، غلامرضا خواجهی نژاد^{۲*} و مهدی سرچشمه پور^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، پست الکترونیک: Khajoei@uk.ac.ir

۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۶

چکیده

این پژوهش، بررسی تأثیر برخی قارچ‌های میکوریز بومی به همراه تیمارهای مختلف کود شیمیایی بر روی خصوصیات رویشی و گلدهی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) می‌باشد. بدین منظور ابتدا آزمایش‌های اولیه بر روی خاک ریزوسفری چند گیاه خانواده چتریان (زیره سبز، زیره سیاه و گشنیز) انجام شد و براساس نتایج آن جدایه برتر (جدایه گشنیز ۳) که دارای بیشترین درصد کلونیزاسیون بود برای تولید انبوه مایه تلقیح قارچ‌های میکوریز انتخاب گردید. سپس آزمایش اصلی بر روی زیره سبز، به صورت فاکتوریل و در قالب یک طرح آماری کامل تصادفی اجرا شد. تیمارها شامل شاهد و سطوح مختلف کودی در دو سطح بدون تلقیح و تلقیح با میکوریز در گلخانه با ۴ تکرار اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که صفات مربوط به اندام هوایی (ارتفاع، قطر ساقه، وزن تر، وزن خشک، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد گل در بوته) و صفات مربوط به ریشه (حجم و طول ریشه) و درصد کلونیزاسیون به طور بسیار معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) تحت تأثیر مصرف تلفیقی میکوریز با کود شیمیایی قرار گرفت، به طوری که موجب بهبود خصوصیات رویشی و اجزا عملکرد در زیره سبز شد و تیمار مصرف تلفیقی میکوریز و کود بجز عناصر کم‌مصرف (T₅) در تمام صفات برترین تیمار بود. در بین تیمارهای مختلف کودی و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما با حضور قارچ میکوریز تفاوت در بین صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود.

واژه‌های کلیدی: زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)، عناصر غذایی، قارچ میکوریز آربسکولار، همزیستی.

مقدمه

زیره سبز با نام علمی (*Cuminum cyminum*)، گیاهی از خانواده چتریان (Apiaceae)، یک‌ساله و علفی است که ارتفاع بوته آن با توجه به شرایط محیطی بین ۵۰-۱۵ سانتی‌متر می‌باشد. این گیاه عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور کشت می‌شود. دوره رشد کوتاه و نیاز آبی

کم این گیاه آن را در زمره گیاهان سازگار به اقلیم‌های خشک درآورده است (Saeidnejad & Rezvani, 2010). زیره سبز به‌عنوان یکی از مهمترین گیاهان دارویی اهلی در کشور ما شناخته شده‌است. این گیاه همچنین یکی از مهمترین و قدیمی‌ترین دانه‌های ادویه‌ای است (Ghanbari & Khajoei-Nejad, 2014). زیره سبز

(http://www.agro.ar.szczecin.pl/w_jblaszkowski) بیش از ۸۳٪ از گیاهان دولپه‌ای و حدود ۷۹٪ از گیاهان تک‌لپه‌ای قادر به تشکیل سیستم میکوریزی و تولید کود بیولوژیک قارچی هستند (Van der Heijden & Sanders, 2002). تخمین‌های موجود نشان‌دهنده این موضوع است که حدود ۷۰٪ از توده زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را میسلیوم قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (Mukerji & Chamola, 2003).

به‌طور کلی همزیستی قارچ میکوریز آریسکولار با ریشه بسیاری از گیاهان به دلیل افزایش جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله فسفر، نیتروژن، گوگرد، پتاسیم و برخی از عناصر کم‌مصرف، افزایش جذب آب، کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا شرایط رشد گیاه میزبان را در سیستم‌های کشاورزی پایدار بهبود می‌بخشد. البته تأثیر مثبت همزیستی قارچ-گیاه بر غلظت عناصر در بافت‌های گیاهی، تحت تأثیر عوامل زیست محیطی متفاوت یکسان نیست. به‌عنوان مثال بافت خاک، واکنش خاک و غلظت عناصر موجود در خاک بر مقدار عنصر جذب شده در همزیستی قارچ-گیاه مؤثر هستند (Halder et al., 2015). بنابراین درک بیشتر از زیست‌شناسی خاک و بوم‌شناسی میکروبی در آینده، فرصت‌های بیشتری را برای پیش‌بینی کارکرد بوم‌نظام مثل چرخه مواد غذایی و برهم‌کنش‌های بیوشیمیایی و همچنین ایجاد سیستم کشاورزی پایدار ایجاد خواهد کرد (Van der Heijden & Sanders, 2002; Given et al., 2002; Barea et al., 2005). در این پژوهش نیز به‌دلیل اهمیت مطالعات مربوط به کشاورزی پایدار، تأثیر برخی قارچ‌های میکوریز بومی به همراه تیمارهای مختلف کودهای شیمیایی بر خصوصیات رویشی و گلدهی گیاه زیره سبز مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش در ابتدا به‌منظور شناسایی و تهیه کردن نمونه اولیه مایه تلقیح قارچ آریوسکولار میکوریز بومی همزیست با زیره سبز، وضعیت میکوریزی ریشه این گیاه

علاوه بر مصارف دارویی و غذایی در صنایع آرایشی و بهداشتی نیز کاربرد دارد و اسانس آن دارای خاصیت آنتی‌اکسیدان بوده و در بسیاری از کشورهای دنیا توجه ویژه‌ای به آن معطوف شده است. در حال حاضر در استان‌های خراسان، یزد، اصفهان و کرمان کشت شده و سال به سال بر اهمیت و سطح زیر کشت آن افزوده می‌شود (Saeidnejad & Rezvani Moghaddam, 2010).

با توجه به افزایش تقاضا و سطح زیر کشت این گیاه، فراهم کردن مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز آن یکی از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی بوده و می‌تواند نقش مهمی در افزایش تولید و عملکرد آن ایفاء نماید. گرچه در میان فاکتورهای مؤثر در کشاورزی کاربرد کودهای شیمیایی تأثیر بسزایی در افزایش تولید محصول دارد، اما استفاده بی‌رویه و نامتعادل از نهاده‌های شیمیایی مانند کودهای معدنی در تعادل بوم‌نظام‌های زراعی و وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک اختلال ایجاد می‌کند، همچنین آبشویی این کودها اثرات زیست محیطی غیرقابل جبران برجا خواهد گذاشت. از سوی دیگر کودهای شیمیایی فقط یک یا چند عنصر مورد نیاز را برای رشد گیاه فراهم می‌کنند (Bardel et al., 2016). در این میان استفاده از کودهای بیولوژیک از جمله راهکارهای بهبود تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار می‌باشد. کودهای بیولوژیک بدون نگرانی از اثرات سوء زیست محیطی موجب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شوند و تأثیر آنها تنها بر یک بعد خاک نیست (Saeidnejad & Rezvani Moghaddam, 2010; Rahmani, 2011). امروزه استفاده از کودهای بیولوژیک با منشأ باکتری، قارچ و جلبک یا دیگر موجودات خاکی مورد توجه قرار گرفته است.

همزیستی بین ریشه‌های گیاه (ماکروسمبیونت، Macrosymbiont) و قارچ (میکروسمبیونت، Microsymbiont)، اولین بار در سال ۱۸۸۱ در گیاه *مونوتروپا هیپوپیتیس* (*Monotropa hypopitys*) به‌وسیله کامنسکی (قارچ‌شناس لهستانی) کشف و بعداً به‌وسیله فرانک در سال ۱۸۸۵ به‌عنوان میکوریز (قارچ-ریشه) نامگذاری شد

زیره سبز، سورگوم و زیره سیاه در آنها انجام شد. پس از رشد کافی نهال‌ها طی یک دوره ۲ ماهه، گیاهان برداشت و نمونه‌ای مرکب از ریشه آنها تهیه و دوباره درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه‌ها تعیین شد. با توجه به نتایج بدست آمده، از بین ۱۰ جدایه انتخابی و سه گیاه همزیست، جدایه انتخابی از ریشه گیاه گشنیز که به‌عنوان نمونه گشنیز ۳ ثبت شده بیشترین درصد کلنیزاسیون را با سه گیاه همزیست نشان داد و به‌منظور تهیه مایه تلقیح انبوه مورد استفاده قرار گرفت.

آزمایش گلخانه‌ای اصلی

سرانجام پس از تهیه مایه تلقیح شرایط برای کشت نهایی فراهم شد و بذره‌های گیاه زیره سبز آماده و در شرایط گلخانه کشت شدند. در این آزمایش تأثیر تلقیح با قارچ میکوریز به همراه برخی تیمارهای کودی بر روی شاخص‌های رشد گیاه زیره در شرایط گلخانه بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب یک طرح آماری کامل تصادفی بود. طی این مرحله تیمارهای مختلف کودی شامل شاهد بدون مصرف کود (T_1)، مصرف بهینه کود بجز نیتروژن (T_2)، مصرف بهینه کود بجز فسفر (T_3)، مصرف بهینه کود بجز پتاسیم (T_4)، مصرف بهینه کود بجز عناصر کم‌مصرف (T_5) و مصرف بهینه کود به‌طور کامل (T_6) در دو سطح تلقیح، شامل شاهد بدون تلقیح (M_0) و تلقیح با میکوریز (M_1) بر روی گیاه زیره سبز در شرایط گلخانه با ۴ تکرار اجرا شد. گلدان‌های مورد استفاده شامل ۱۸۰۰ گرم خاک استریل بودند و تیمارهای مختلف بر روی آنها اعمال شدند. برای تیمارهای تلقیح با میکوریز (M_1)، از مایه تلقیح تهیه شده در مرحله قبل به میزان ۲۰۰ گرم در هر گلدان و برای شاهد برابر آن خاک استریل استفاده شد. بدین‌منظور مایه تلقیح را که همان خاک ریزوسفری شامل ریشه‌های آلوده می‌باشد با خاک استریل مخلوط می‌کنند و یا آن را به‌صورت لایه لایه در زیر سطح خاک قرار می‌دهند که در اینجا مایه تلقیح به‌صورت دو لایه در گلدان قرار گرفت و در پایان یک لایه نازک از خاک استریل پس از جایگذاری

بررسی شد. اما به‌دلیل تعداد محدود مزارع کشت زیره سبز در مناطق مورد مطالعه و همچنین طول دوره رشد نسبتاً کوتاه این گیاه (۱۰۰ تا ۱۲۰ روز)، تعداد نمونه اولیه کمی در دسترس بود. بنابراین تعدادی نمونه نیز از زیره سیاه (*Bunium persicum*) و گشنیز (*Coriandrum sativum*)، دو هم‌خانواده زیره سبز که بومی مناطق مورد مطالعه بودند، گرفته شد. در مجموع تعداد ۳۸ نمونه تصادفی از ریشه و خاک اطراف ریشه گیاهان زیره سبز، زیره سیاه و گشنیز از مناطق مختلف استان کرمان (جیرفت، کهنوج، جویبار، ماهان، کوهپایه) جمع‌آوری شد و پس از ثبت مشخصات و قرار دادن در کیسه‌های پلاستیکی استریل، به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از شستشو و آماده‌سازی، ریشه‌ها با روش Philips و Hayman (۱۹۷۰)، در ابتدا رنگ‌بری و بعد رنگ‌آمیزی شدند. بعد از رنگ‌آمیزی میزان کلنیزاسیون میکوریزی ریشه‌ها، با استفاده از روش تلاقی خطوط شبکه بر حسب درصد تعیین گردید. از میان نمونه‌های جمع‌آوری شده تعداد ۶ نمونه از ریشه گیاه گشنیز و ۴ نمونه از ریشه گیاه زیره سیاه که درصد کلنیزاسیون بیشتری داشتند انتخاب شد.

آزمایش گلخانه‌ای اولیه

در این آزمایش قابلیت کلنیزاسیون جدایه‌های انتخابی از گشنیز و زیره سیاه روی ریشه زیره سبز، سورگوم (*Sorghum bicolor*) و شبدر (*Trifolium*) در شرایط کشت گلخانه‌ای بررسی شد. بررسی درصد کلنیزاسیون جدایه‌های انتخابی از گشنیز و زیره سیاه با گیاه همزیست آنها (زیره سبز، سورگوم و شبدر) به‌منظور انتخاب جدایه برتر و انتخاب گیاه همزیست مناسب آن برای تولید مقدار مورد نیاز مایه تلقیح قارچ آربوسکولار میکوریز انجام می‌شود. گیاهانی مانند شبدر و سورگوم به‌دلیل خصوصیات مناسب به‌عنوان گیاه همزیست برای تولید مایه تلقیح در مقیاس تجاری استفاده می‌شوند (Sadraei & Talaei, 2015) که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. به این منظور در مجموع ۱۰ جدایه انتخابی با خاک استریل مخلوط و کشت

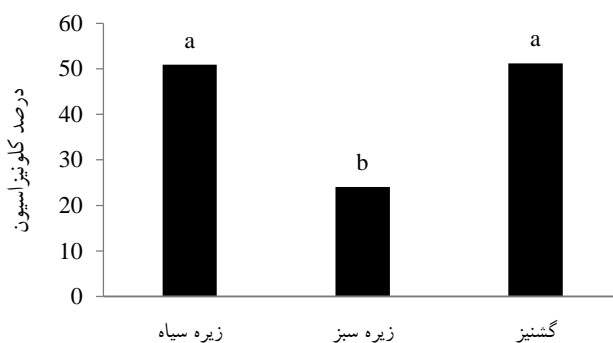
همچنین برای رسم جدول‌ها و نمودارها به ترتیب از نرم‌افزارهای Word و Excel استفاده گردید.

نتایج

وضعیت میکوریزی گیاهان انتخابی

نتایج حاصل از بررسی میانگین درصد کلنیزاسیون میکوریزی در نمونه‌های گیاهی گشنیز، زیره سبز و زیره سیاه نشان داد که درصد همزیستی قارچ میکوریز با گیاه زیره سبز نسبتاً کم و گیاهان زیره سیاه و گشنیز از این نظر درصد همزیستی بالاتری دارند (شکل ۱). بنابراین از بین نمونه‌های مورد مطالعه تعداد ۶ نمونه از ریشه گیاه گشنیز و ۴ نمونه از ریشه گیاه زیره سیاه که درصد کلنیزاسیون بیشتری داشتند برای کشت گلخانه‌ای انتخاب گردید.

بذرها بر روی آنها قرار داده شد. پس از رشد کافی نهال‌ها طی یک دوره ۳ ماهه، ابتدا ارتفاع نهال‌ها از طوقه تا انتهای ساقه اصلی و قطر ساقه اصلی به دقت اندازه‌گیری شد. سپس تعداد شاخه‌های فرعی برای هر بوته شمارش و ثبت شد. همچنین اندام هوایی و ریشه به‌طور جداگانه برداشت شده و وزن تر و خشک اندام هوایی تعیین شد. در ادامه بعد از اندازه‌گیری طول ریشه، حجم ریشه‌ها از روی جابجا شدن آب پس از غوطه‌ور کردن ریشه‌ها در آب توسط یک استوانه مدرج تعیین شد. در پایان بعد از انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین آنها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱٪ انجام گردید.



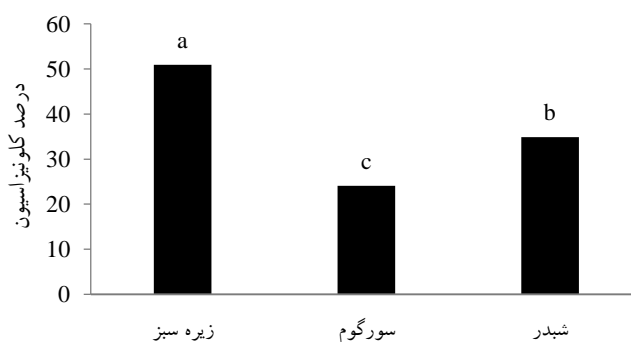
شکل ۱- مقایسه میانگین درصد کلنیزاسیون میکوریزی روی گشنیز، زیره سبز و سیاه

داد که زیره سبز در مقایسه با سورگوم و شبدر درصد کلنیزاسیون بیشتری داشته است.

همچنین جدایه گشنیز ۳، دارای بالاترین میزان همزیستی با ریشه سه گیاه شبدر، سورگوم و زیره سبز بود، بنابراین جدایه گشنیز ۳ به‌عنوان جدایه برتر انتخاب شد (جدول ۱) و به‌منظور تهیه مقدار زیاد مایه تلقیح مورد نیاز مرحله بعدی استفاده گردید.

انتخاب جدایه برتر و انتخاب گیاه همزیست مناسب آن برای تولید انبوه مایه تلقیح

شکل ۲ نتایج درصد کلنیزاسیون جدایه‌های انتخابی بر روی زیره سبز، سورگوم و شبدر را نشان می‌دهد. طبق تجزیه و تحلیل آماری انجام شده، اختلاف معنی‌داری بین درصد کلنیزاسیون جدایه‌های انتخابی روی زیره سبز با درصد کلنیزاسیون جدایه‌های انتخابی بر روی سورگوم و شبدر وجود دارد و نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان



شکل ۲- مقایسه میانگین درصد کلنیزاسیون جدایه‌های انتخابی روی زیره سبز، سورگوم و شبدر

جدول ۱- درصد کلنیزاسیون جدایه‌های انتخابی بر روی سه گیاه زیره سبز، سورگوم و شبدر

درصد کلنیزاسیون			نام جدایه
زیره سبز	سورگوم	شبدر	
۵۴/۸ab	۵d	۱c	خاک مزرعه زیره سیاه ۱
۳۴/۸b	۵d	۱c	خاک مزرعه زیره سیاه ۲
۶۸a	۸d	۱c	خاک مزرعه زیره سیاه ۳
۳۴/۶b	۱۰d	۱c	خاک مزرعه زیره سیاه ۴
۴۵ab	۱۰/۵d	۴۳b	خاک مزرعه گشنیز ۱
۵۷/۶ab	۱۴cd	۶۰/۶ab	خاک مزرعه گشنیز ۲
۶۸/۷a	۷۷a	۸۵a	خاک مزرعه گشنیز ۳
۵۱/۷ab	۴۱bc	۵۰b	خاک مزرعه گشنیز ۴
۵۰ab	۲۰cd	۵۳/۵b	خاک مزرعه گشنیز ۵
۴۳/۷ab	۵۰ab	۵۳b	خاک مزرعه گشنیز ۶

کشت گلخانه‌ای اصلی

تعداد گل در بوته، صفات مربوط به ریشه (حجم ریشه، طول ریشه) و درصد کلنیزاسیون قارچ در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول‌های ۲ و ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل قارچ میکوریز با سطوح مختلف کودی بر صفات مربوط به اندام هوایی (ارتفاع بوته، تعداد شاخه، وزن تر و خشک بوته،

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات متقابل صفات مورد ارزیابی در زیره سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع	تعداد شاخه	قطر ساقه	وزن تر بوته	وزن خشک بوته
تیمار	۵	۹۱/۴۵**	۱۷/۱۵**	۰/۰۷ns	۰/۱۴**	۰/۰۰۶**
میکوریز	۱	۱۰۶۳/۹**	۳۱۰/۵۴**	۱/۴۴**	۱/۲۲**	۰/۰۴۹**
تیمار × میکوریز	۵	۷۴/۰۵**	۱۴/۱۹**	۰/۱۵ ns	۰/۱۲**	۰/۰۰۴**
خطای آزمایش	۳۶	۶/۳۱**	۱/۰۶**	۰/۰۳۶**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۰۸**
خطای نمونه‌برداری	۹۲	۲/۴۹	۰/۵۱	۰/۰۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۴

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیرمعنی‌دار

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات متقابل صفات مورد ارزیابی در زیره سبز

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گل در بوته	حجم ریشه	طول ریشه	درصد کلنیزاسیون قارچ
تیمار	۵	۱۹۰/۸۵**	۰/۰۰۵**	۲۱/۰۲**	۶۶۶/۳۴**
میکوریز	۱	۱۳۶۹/۷۱**	۰/۱۱**	۵۰۴/۶**	۲۲۵۳۴۴/۹۵**
تیمار × میکوریز	۵	۱۶۵/۸۵**	۰/۰۰۴**	۲۳/۷۳**	۶۶۶/۳۵**
خطای آزمایش	۳۶	۳۲/۵۵**	۰/۰۰۰۳**	۳/۶۳**	۱۵۲/۲۸**
خطای نمونه برداری	۹۲	۱۰/۰۳	۰/۰۰۰۱	۱/۱۶	--

**، * و ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار

صفات مربوط به اندام هوایی

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریز، بیشترین ارتفاع بوته (۱۳/۸۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار M_1T_5 (مصرف تلقیحی قارچ میکوریز و کود بجز عناصر کم‌مصرف) می‌باشد، که اختلاف معنی‌داری با شاهد و نیز سایر تیمارها دارد. همچنین در تیمارهای تلقیح شده با قارچ میکوریز، از بین تیمارهای مورد مطالعه نیز تیمار M_1T_5 بالاترین تأثیر را در افزایش تعداد شاخه فرعی داشت. بدین صورت که بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی (۸/۲ شاخه در گیاه)، مربوط به مصرف تلقیحی قارچ میکوریز و کود بجز عناصر کم‌مصرف بود که دارای اختلاف معنی‌داری با شاهد و سایر تیمارها می‌باشد (جدول ۴).

با توجه به مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای تلقیح گیاه زیره سبز با قارچ میکوریز (جدول ۴) مشخص گردید که تلقیح با قارچ میکوریز سبب افزایش در وزن تر و خشک گیاه زیره سبز نسبت به شاهد شد. قطر ساقه از صفاتی است که استحکام گیاه و به‌ویژه مقاومت آن را در برابر ورس مشخص می‌کند. نتایج حاصل از بررسی صفت قطر ساقه نشان داد که این صفت تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفته است و تلقیح قارچ میکوریز به تنهایی موجب افزایش قطر ساقه گردیده است (جدول ۴). یکی دیگر از صفات مربوط به اندام هوایی تعداد گل می‌باشد، در این آزمایش بالاترین تعداد گل در بوته (۱۲/۴۵)، مربوط به تیمار M_1T_5 (مصرف تلقیحی قارچ میکوریز و کود بجز

عناصر کم‌مصرف) می‌باشد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد بررسی داشت (جدول ۵).

صفات مربوط به ریشه

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های صفات طول و حجم ریشه نشان داد که تلقیح با میکوریز موجب بهبود رشد ریشه در تیمارهای کودی گردید. در صفات مربوط به ریشه اختلاف معنی‌داری بین تیمار M_1T_5 با سایر تیمارها مشاهده گردید، به طوری که بیشترین طول و حجم ریشه از تلقیح با میکوریز در شرایط مصرف بهینه کود به همراه حذف عناصر کم‌مصرف حاصل شد (جدول ۵).

درصد کلنیزاسیون

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها بر روی درصد کلنیزاسیون نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمار M_1T_5 با سایر تیمارها در میزان کلنیزاسیون قارچ میکوریز با زیره سبز وجود دارد، به عبارتی درصد کلنیزاسیون تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت و بیشترین درصد آن در شرایط مصرف بهینه کود به همراه حذف عناصر کم‌مصرف حاصل گردید (جدول ۵). نتایج مطالعات میکروسکوپی انجام شده بر روی ریشه گیاهان تلقیح شده با اسپورهای قارچ، حکایت از توان بالای این قارچ در آلوده کردن ریشه گیاهان میزبان دارد، در اینجا به وضوح و به‌طور گسترده، انبوهی از ریشه‌های برون ریشه‌ای حاصل از رشد اسپورهای قارچ در سطح خارجی و بخش کورتکس ریشه و اندام‌های کروی

قارچ نیز در داخل کورتکس ریشه مشاهده شدند. قابل ذکر تیمارهای فاقد قارچ میکوریز و تیمار شاهد معنی دار نبود. است در تمامی خصوصیات مورد مطالعه اختلاف عددی بین

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در زیره سبز در ارزیابی مرحله دوم

تیمار	ارتفاع (سانتی متر)	تعداد شاخه	وزن خشک بوته (گرم)	وزن تر بوته (گرم)	قطر ساقه (میلی متر)
T1 (شاهد)	۷/۳۱ cd	۵/۲۵ d	۰/۰۲۱۶ d	۰/۱۱۴ de	۱/۰۶ abc
T2 (-N)	۸/۵۱ c	۵/۶۵ cd	۰/۰۳۰۴ cd	۰/۱۳۹ dc	۰/۹۹ abcde
T3 (-P)	۵/۹۱ de	۵ ed	۰/۰۱۴۸ d	۰/۰۷۹ de	۱/۰۲ abcd
T4 (-K)	۹/۰۲ bc	۶/۰۵ c	۰/۰۶۱۱ ab	۰/۱۹۸ bc	۱/۰۸ ab
T5 (-MIC)	۱۳/۸۳ a	۸/۲ a	۰/۰۷۲۴ a	۰/۴۰۳ a	۱/۱۲ a
T6 (ALL)	۱۰/۳۵ b	۶/۹۵ b	۰/۰۴۴۰ cb	۰/۲۲۰ b	۱/۰۹ ab
T1 (شاهد)	۵/۶۴ de	۳/۶ g	۰/۰۰۹۴ d	۰/۰۴۴ e	۰/۸۶ e
T2 (-N)	۶/۰۶ de	۴/۰۵ gf	۰/۰۱۲۰ d	۰/۰۴۹ e	۰/۸۸ e
T3 (-P)	۳/۷۹ fe	۳/۵۵ g	۰/۰۰۸۷ d	۰/۰۴۵ e	۰/۸۹ de
T4 (-K)	۴/۷۶ fe	۴/۵ ef	۰/۰۱۵۰ d	۰/۰۴۹ e	۰/۹۶ bcde
T5 (-MIC)	۵/۲۲ ef	۳/۸ gf	۰/۰۱۳۶ d	۰/۰۵۵ e	۰/۹۳ cd
T6 (ALL)	۴/۲ fe	۳/۹۵ gf	۰/۰۱۳۹ d	۰/۰۵۷ e	۰/۹۲ cde

مصرف بهینه کود بجز نیتروژن (-N)، مصرف بهینه کود بجز فسفر (-P)، مصرف بهینه کود بجز پتاسیم (-K)، مصرف بهینه کود بجز عناصر کم مصرف (-MIC) و مصرف بهینه کود به طور کامل (ALL)

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در زیره سبز در ارزیابی مرحله دوم

تیمار	تعداد گل در بوته	حجم ریشه	طول ریشه (سانتی متر)	درصد کلنیزاسیون قارچ
T1 (شاهد)	۲/۶۱ dc	۰/۰۷۲ c	۶/۹ b	۵۱/۳۸ d
T2 (-N)	۶/۷۵ b	۰/۰۹۵ b	۷/۵۵ b	۵۶/۰۳ cd
T3 (-P)	۰/۵۱ d	۰/۰۹۷ b	۷/۷۶ b	۶۶/۸۴ ab
T4 (-K)	۴/۵۵ bc	۰/۰۷ c	۶/۶۸ bc	۵۹ bcd
T5 (-MIC)	۱۲/۴۵ a	۰/۱۲۶ a	۱۰/۶۲ a	۷۴/۳۳ a
T6 (ALL)	۳/۷۶ bcd	۰/۰۸۲ b	۷/۲۸ b	۶۰/۲ bc
T1 (شاهد)	۰ d	۰/۰۵۳ de	۴/۹۲ d	۰ e
T2 (-N)	۱/۹۱ dc	۰/۰۵۶ d	۵/۶۲ dc	۰ e
T3 (-P)	۰ d	۰/۰۴ f	۴/۳۹ d	۰ e
T4 (-K)	۰ d	۰/۰۴۲ ef	۴/۸۲ d	۰ e
T5 (-MIC)	۰ d	۰/۰۵ def	۴/۸۱ d	۰ e
T6 (ALL)	۰ d	۰/۰۴۶ def	۴/۸۶ d	۰ e

مصرف بهینه کود بجز نیتروژن (-N)، مصرف بهینه کود بجز فسفر (-P)، مصرف بهینه کود بجز پتاسیم (-K)، مصرف بهینه کود بجز عناصر کم مصرف (-MIC) و مصرف بهینه کود به طور کامل (ALL)

می‌شد (Halder et al., 2015). در واقع این همزیستی در مورد جذب برخی عناصر میکروبی کم تحرک مانند روی و مس در شرایط کمبود و تنش بسیار اهمیت دارد (Arab et al., 2013). با توجه به تیمارهای انتخابی در این پژوهش به خوبی می‌توان توانایی همزیستی قارچ و گیاه را در جبران کمبود عناصر حذف شده در تیمارهای مورد آزمایش مشاهده کرد و این تأثیر به‌خوبی بر تمامی خصوصیات رویشی گیاه زیره سبز قابل مشاهده است.

افزایش ارتفاع بوته‌ها به میزان زیادی به مقدار رطوبت در دسترس گیاه وابسته است، که اثرات مثبت همزیستی قارچ میکوریز آربسکولار با گیاه روی جذب آب و عناصر مؤثر بر تقسیم سریع سلولی، به دلیل افزایش طول ریشه به همراه حجم خاک افزوده شده که می‌تواند توسط هیف‌های قارچ در دسترس باشد، قابل توضیح است (Farzaneh et al., 2011). این نتیجه با نتیجه‌گیری برخی محققان مثل Ardakani و همکاران (۲۰۰۰) و Mehrban و همکاران (۲۰۱۲) مطابقت داشت. همچنین Saleh و Al-Garni (۲۰۰۶) افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاهان را در شرایط وجود میکوریز گزارش کرده‌اند.

همچنین بر طبق نتایج، بیشترین تعداد شاخه فرعی از همین تیمارها حاصل شد. Valadabadi و Aliabadi Farahani (۲۰۱۳) گزارش کردند که تلقیح گیاهان با میکوریز تغییر مهمی در تعداد شاخه در گیاه ریحان داشته است.

تیمار کاربرد تلفیقی میکوریز با کود شیمیایی، وزن خشک، وزن تر بوته و قطر ساقه گیاه زیره سبز را افزایش داد. احتمالاً این موضوع نشان می‌دهد که قارچ میکوریز در جذب آب و مواد غذایی به‌ویژه عناصری که در تشکیل پروتئین نقش دارند، به گیاه کمک زیادی کرده است و سبب تجمع ماده خشک بیشتری شده است. از این‌رو گیاه از کارایی بیشتری در تولید زیست توده اندام هوایی برخوردار می‌شود.

افزایش قطر ساقه می‌تواند به علت وجود قارچ میکوریز در خاک و بالا رفتن توانایی گیاه در جذب عناصر و املاح

در هر عامل مورد بررسی برای هر صفت، میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

بحث

یکی از صفات مهم مورد بررسی در خصوصیات رویشی گیاه ارتفاع بوته می‌باشد. بررسی‌های انجام شده در این آزمایش نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در گیاه زیره سبز، از تیمار M₁T₅ (مصرف تلفیقی قارچ میکوریز و کود بجز عناصر کم‌مصرف) حاصل شد و کمترین مقدار عددی برای این شاخص در گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریز بدست آمد. این امر نشان‌دهنده تأثیر مثبت حضور قارچ میکوریز در رشد و در نتیجه ارتفاع گیاه زیره سبز می‌باشد. همزیستی قارچ میکوریز با ریشه گیاهان از طریق جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد، مانند ارتفاع گیاه می‌گردد (Esmailpour & Amani, 2014). قارچ‌های میکوریز آربسکولار قادر به بهبود قابل ملاحظه، جذب مواد مغذی معدنی گیاه از جمله عناصر ماکرو مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر میکرو در شرایط کمبود این مواد هستند که تأثیر بسزایی در رشد گیاه دارد.

در این رابطه جذب و انتقال فسفر در گیاهان تلقیح شده با میکوریز آربسکولار نسبت به گیاهانی که تلقیح انجام نشده، تأیید شده است. علاوه بر انتقال اختصاصی فسفر، همزیستی قارچ-گیاه باعث القاء انتقال آمونیوم نیز می‌شود. البته با وجود اهمیت پتاسیم، نقش همزیستی قارچ-گیاه در جذب پتاسیم به‌ندرت مورد مطالعه قرار گرفته است، اما تجمع عنصر پتاسیم در اسپور، هیف و ویزیکول قارچ‌ها گزارش شده است. همچنین اخیراً چند مطالعه در رابطه با سهم همزیستی قارچ میکوریز آربسکولار بر غلظت عناصر میکرو در محصولات زراعی منتشر شده است که در آن مشخص شده که همزیستی قارچ میکوریز آربسکولار با گیاه می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین برای تأمین عناصر میکرو باشد که از شیوه‌های مرسوم زراعی برای تأمین آنها استفاده

قارچ-گیاه بر روی غلظت عناصر و تیمارهای مختلف کودی در بافت گیاهی، به عوامل زیادی مانند بافت خاک، واکنش خاک و غلظت عناصر موجود در خاک وابسته است و می تواند نتایج متفاوتی را بوجود آورد.

منابع مورد استفاده

- Arab, A., Bradaran, R. and Vahidipour, T.H., 2013. Effect of irrigation and mycorrhizal bio-fertilizers on yield and agronomic traits of millet (*Panicum miliaceum* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 6(2): 103-109.
- Ardakani, M., Mazaheri, D., Majd, F. and Noormohammadi, Gh., 2000. The role of azospirillum bacteria co-operation in absorption of micro and macro-nutrients in wheat. 6th National Iranian Crop Science Congress, Babolsar, Mazandaran, Iran, 3 September.
- Azimi, R., Jankju, M. and Asghari, H.R., 2013. Effect of mycorrhizal inoculation on seedlings establishment and morphological parameters of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in rangeland of Bahar Kish Quchan. Journal of Agroecology, 5(4): 424-432.
- Bardel, J., Ghanbari, A. and Khajeh, M., 2016. Physiological response and polyamines content of cumin (*Cuminum cyminum* L.) to water irrigation quality in the application of chemical and organic fertilizers. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32(2): 360-375.
- Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R. and Azcon-Aguilar, C., 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, 56: 1761-1778.
- Bllaszkowski website, <http://www.agro.ar.szczecin.pl/w/jblaszkowski>.
- Esmailpour, B. and Amani, N., 2014. Investigating the effect of mycorrhizal inoculation on growth and uptake of nutrients in *lactuca sativa* cv Syaho. Soil Management and Sustainable Production, 4(2): 49-69.
- Farzaneh, M., Vierheilig, H., Lössl, A. and Kaul, H.P., 2011. Arbuscular mycorrhiza enhances nutrient uptake in chickpea. Plant Soil and Environment, 57(10): 465-470.
- Ghanbari, J. and Khajoei-Nejad, G.R., 2014. Evaluation of yield and agronomic traits of cumin ecotypes in different sowing dates at Kerman region. Journal of Agroecology, 6(1): 142-151.
- Given, D.R., Dixon, K.W., Barrett, R.L. and Sivasithamparam, K., 2002. Plant conservation and

مورد نیاز گیاه باشد. به طور مشابه Koochaki و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که کاربرد کود سوپر نیترو پلاس به همراه میکوریز باعث افزایش قطر ساقه شده است.

تیمارهای تلفیقی بر خصوصیات زایشی گیاه نیز اثر قابل توجهی داشت. همزیستی میکوریز از طریق تغذیه مناسب و افزایش بیومس سبب تسریع در گلدهی شده است. این موضوع با نتایج تحقیق Kapoor و همکاران (۲۰۰۲) بر روی گیاه رازیانه همخوانی دارد. آنان تعداد چتر بیشتر در بوته رازیانه را به بهبود تغذیه معدنی به ویژه فسفر و افزایش عملکرد بیولوژیک تیمار تلقیح میکوریزی نسبت دادند. همچنین در تحقیقی دو ساله که توسط Subramanian و همکاران (۱۹۹۷) انجام شد، مشاهده گردید که همزیستی ریشه گوجه فرنگی با یک گونه قارچ میکوریز موجب افزایش تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید.

از سوی دیگر تلقیح با میکوریز موجب افزایش معنی دار در طول و حجم ریشه نیز گردید. علاوه بر دلایل قبلی که بیان شد قارچ میکوریز با تولید هورمون های گیاهی می تواند رشد ریشه را تشدید کند (Azimi et al., 2013) که به همراه سایر دلایل بیان شده در افزایش طول ساقه، سبب افزایش طول و حجم ریشه می شود. Kothari و همکاران (۱۹۹۱) نیز اعلام کردند که همزیستی میکوریزی می تواند باعث افزایش طول ریشه ها گردد. در مطالعه ای که به منظور بررسی اثر تلقیح گیاه دارویی بشقابی با میکوریز توسط Joshee و همکاران (۲۰۰۷) انجام شد، تلقیح باعث افزایش رشد ریشه و به طور کلی افزایش توان رشد گیاه در خاک های با مقادیر کم فسفر گردید.

به طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می رسد که کاربرد کودهای شیمیایی در مقایسه با مصرف کودهای بیولوژیک اثر کمتری بر رشد گیاه داشته و در واقع مصرف تلفیقی کود میکوریز با کود شیمیایی، اثرات بهتری در مقایسه با کاربرد منفرد منابع کودی ایجاد کرد. اخیراً در چند تحقیق مشخص شده که تلقیح قارچ میکوریز با گیاه می تواند جایگزینی برای تأمین برخی عناصر در شرایط کمبود آنها باشد. البته باید در نظر داشت که تأثیر مثبت همزیستی

- procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society*, 55: 158-161.
- Rahmani, H.R., 2011. Biological fertilizers and their role in sustainable agriculture and healthy crop production. The 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress: Half a Century of the Fertilizer Consumption, Tehran, Iran, 1-3 March.
 - Sadravi, M. and Talaei, F., 2015. Methods of mass production of inoculum of endomycorrhizal fungi. *Plant Pathology Science*, 4(1): 13-22.
 - Saeidnejad, A.H. and Rezvani Moghaddam, P., 2010. Investigation the effect of compost, vermicompost, cow and sheep manures on yield, yield components and essence percentage of cumin (*Cuminum cyminum*). *Journal of horticulture science*, 24(2): 38-44.
 - Saleh, M. and Al-Garni, S., 2006. Increased heavy metal tolerance of cowpea plant by dual inoculation of an arbuscular mycorrhizal fungi and nitrogen-fixing *Rhizobium bacterium*. *African Journal of Biotechnology*, 5(2): 133-142.
 - Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M. and Hamilton, R.I., 1997. Effects of arbuscular mycorrhiza on leaf water potential, sugar content and P content during drought and recovery of maize. *Canadian Journal of Botany*, 75: 1582-1591.
 - Valadabadi, S.A. and Aliabadi Farahani, H., 2013. Mycorrhizal fungi influence on quantitative and morphological characteristics in Basil induced by phosphorus fertilizer under water deficit conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 8(23): 3042-3046.
 - Van der Heijden, M.G.A. and Sanders, I., 2002. *Mycorrhizal Ecology*. Springer, Berlin, Heidelberg, 469p.
 - biodiversity: the place of microorganisms: 1-18. In: Sivasithamparam, K., Dixon K.W. and Barrett, R.L., (Eds.), *Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 367p.
 - Halder, M., Mujib, A.S.M., Khan, M.S., Joardar, J.C., Akhter, S. and Dhar, P.P., 2015. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on growth and uptake of mineral nutrition in ipomoea aquatica. *Current World Environment*, 10(1): 67-75.
 - Joshee, N., Mentreddy, S.R. and Yadav, K., 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. *Industrial Crops and Products*, 25: 169-177.
 - Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, G., 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 339-342.
 - Koochaki, A., Tabrizi, L. and Ghorbani, R., 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1): 127-138.
 - Kothari, S.K., Marschner, H. and Romheld, V., 1991. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. *Plant and Soil*, 131: 177-185.
 - Mehrban, A., Noormohammadi, Gh., Vazan, S., Ardakani, M. and Heidari-Sharifabad, H., 2012. Investigation of the roles microorganisms vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi on some characteristics of sorghum cultivars. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, 8(2): 1-9.
 - Mukerji, K.G. and Chamola, B.P., 2003. *Compendium of Mycorrhizal Research*. A.P.H. Publisher, New Delhi, 650p.
 - Philips, J.M. and Hayman, D.S., 1970. Improved

Screening of symbiotic mycorrhiza and the effect of superior isolate with different fertilizer treatments on vegetative characteristics and flowering of cumin in greenhouse conditions

B. Moien Vaziri¹, Gh. Khajoei-Nejad^{2*} and M. Sarcheshmehpour³

1- M.Sc. student, Department of Agronomy, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2*- Corresponding author, Department of Agronomy, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

E-mail: Khajoei@uk.ac.ir

3- Department of Soil Science & Engineering, Shahid Bahonar university of Kerman, Kerman, Iran

Received: August 2017

Revised: February 2018

Accepted: February 2018

Abstract

The present study investigates the effects of some mycorrhizal fungi with different fertilizer treatments on vegetative characteristics and *Cuminum cyminum* L. yield components. For this purpose, first experiments were carried out on rhizosphere soil of several plants of Apiaceae family (*Bunium persicum*, *Cuminum cyminum* and *Coriandrum sativum*), and according to the results, the superior isolate (isolate of *Coriandrum sativum* 3), which had the highest percentage of colonization, was selected for mass production of inoculum of mycorrhizal fungi. Then, the main experiment was performed on *Cuminum cyminum* in a factorial arrangement based on completely randomized design. Treatments including control and different levels of fertilization at two levels without inoculation and inoculation with mycorrhiza were accomplished in greenhouse with four replications. The results of data analysis indicated that the traits related to the shoot (stem height and diameter, fresh and dry weight, number of branches, number of flowers per plant), root traits (root volume and length), and the percentage of colonization were significantly (at 1% probability) affected by the combined use of mycorrhiza with chemical fertilizer, leading to improved vegetative properties and yield components in *Cuminum cyminum*. Combined consumption of mycorrhiza and fertilizer except micro elements (T5) in all traits was the best treatment. No significant difference was observed between fertilizer treatments and control treatment; however, with the presence of mycorrhizal fungi, the difference was significant among the traits studied.

Keywords: Cumin (*Cuminum cyminum* L.), nutrient elements, arbuscular mycorrhiza fungi, symbiosis.