بررسی اثر متقابل قارچ میکوریزا و فیلترکیک بر عملکرد گیاه گشنیز

حنانه بهمنیان[۱]، حبیب اله نادیان قمشه[۲] و نفیسه رنگ‌زن[۳*]

۱- کارشناس ارشد بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
۳- استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۰۵
پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۳/۱۸

کلمات کلیدی:
فیلترکیک،
میکوریزا آربوسکولار،
گشنیز،
ویژگی‌های رشدی،
غلظت عناصر غذایی

* عهده‌دار مکاتبات
Email: nafas023@yahoo.com

چکیده

کشاورزی پایدار بر مبنای استفاده از کودهای زیستی و آلی، راه‌حل مناسبی جهت تأمین عناصر غذایی، افزایش تنوع زیستی، بهبود کیفیت و افزایش رشد و عملکرد گیاه بشمار می‌رود. قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار از فراوان‌ترین ریزموجودات خاک هستند و از عوامل ضروری در سیستم پایدار خاک و گیاه محسوب می‌شوند. به منظور بررسی برهمکنش قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*) و فیلترکیک (از ضایعات کارخانه نیشکر در سه سطح ۰، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی) بر میزان جذب برخی از عناصر غذایی و همچنین ویژگی‌های رشدی در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) آزمایشی گلدانی در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار (در مجموع ٢٤ واحد آزمایشی) انجام شد. نتایج نشان داد افزودن فیلترکیک و تلقیح ریشه گیاه گشنیز با میکوریزا سبب افزایش ویژگی‌های رشد و غلظت عناصر ضروری در اندام هوایی گیاه می‌گردد. بهترین نتایج در بسیاری از ویژگی‌های مورد بررسی در تیمار کاربرد همزمان فیلترکیک و میکوریزا مشاهده گردید که نشان‌دهنده برهمکنش مثبت این دو کود آلی و زیستی است. فیلترکیک با تأثیر بر غلظت عناصر در شکل قابل جذب و همچنین با تحریک فرایندهای زیستی به افزایش فعالیت قارچ میکوریزا کمک کرده و در مقابل قارچ میکوریزا با تسریع فرایندهای معدنی شدن عناصر و افزایش قابلیت و سطح جذب آنها اثر کود آلی را بر رشد گیاه بهبود داده است. استفاده از فیلترکیک به همراه میکوریزا نه تنها اثر کاهشی بر عملکرد میکوریزا نداشته بلکه با بهره‌مندی از اثرات متقابل مؤثر باعث بهبود عملکرد هردو کود آلی و زیستی می‌گردد.

مقدمه

با توجه به محدودیت سطح در اختیار بشر برای تولید مواد غذایی، بکارگیری راهکارهایی جهت افزایش کمّیِ تولید در واحد سطح می‌تواند نیاز روزافزون بشر به مواد غذایی را مرتفع سازد. علاوه بر کمیت، مدنظر قرار دادن کیفیت محصولات تولیدی می‌تواند به بهبود سلامت افراد جامعه منتهی شود. لذا در چند دهه اَخیر استفاده از انواع کودهای آلی و زیستی که علاوه بر افزایش نسبی

مقدار محصول، تضمین کننده سلامت و کیفیت آن نیز هستند مورد توجه واقع شده است. قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار از فراوان‌ترین ریزموجودات خاک هستند و از عوامل ضروری در سیستم پایدار خاک و گیاه محسوب می‌شوند. آزمایشات ثبت فسیلی و فیلوژنتیک بر اساس DNA نشان می‌دهند که حدود ۵۰۰-۴۵۰ میلیون سال پیش، میکوریزا با اولین گیاه زمینی وارد همزیستی اندومیکوریزایی شده است. متعاقب آن حدود ۲۰۰-۱۵۰ سال قبل با افزایش محتوای مواد آلی خاک، اکتومیکوریزاها شکل گرفته‌اند. ارتباط همزیستی قارچ میکوریزا و گیاه، ارتقاء زیستی دوجانبه (همزمان با ارتقاء گیاه، گونه قارچ نیز ارتقاء یافته است) را تجربه کرده است (۸). در همزیستی اندومیکوریزایی نوع ویسکولار آربوسکولار (VA)، قارچ به درون سلول‌های پوست ریشه نفوذ کرده و خوشه‌های هیفی ریز جداگانه تشکیل می‌دهد که سریعاً درون آربوسکولار (ساختار کوچک بیضوی) رشد کرده و توسعه می‌یابند (۲۷). قارچ ویسکولار آربوسکولار با بیش از ۸۰ درصد گیاهان آوندی همزیستی مناسبی نشان می‌دهد. قارچ اکتومیکوریزا به بخش کوچکی از ریشه میزبان حمله کرده و بدون نفوذ به درون سلول‌های پوست ریشه، لایه ضخیمی در اطراف بخش خارجی ریشه ایجاد می‌کند. این دسته از میکوریزاها با حدود ۳ درصد از گیاهان آوندی ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند. امروزه مشخص شده است که قارچ‌های میکوریزا به روش‌های مستقیم مانند بهبود تغذیه گیاه از طریق جذب عناصر غذایی و همچنین افزایش جذب آب، باعث بهبود وضعیت گیاه میزبان می‌گردند (۵۶). به عبارت دیگر یکی از اصلی‌ترین کارکردهای قارچ میکوریزا آربوسکولار در سیستم‌های کشاورزی افزایش دسترسی ریشه‌های گیاه به عناصر غذایی است. محققین معتقدند پس از تلقیح گیاه با قارچ، تغییراتی در غلظت ترکیبات تنظیم کننده رشد به وجود آمده و سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد. موقعیت مواد غذایی در بافت میزبان تغییر می‌کند و این تغییرات به دنبال تغییر بیوشیمیایی و ساختمانی سلول‌های ریشه است. همچنین میکوریزا آربوسکولار باعث عملکرد بیشتر در گیاهان می‌شود که این مزیت به بهبود تغذیه فسفر نسبت داده می‌شود (۴۴). اکتومیکوریزاها می‌توانند از منابع آلی فسفر استفاده کنند اما در بیشتر موارد میکوریزای ویسکولار آربوسکولار صرفاً از مخزن قابل دسترس و شکل متحرک فسفر در خاک بهره می‌برد (۶۰). انواع متنوعی از مواد تلقیحی قارچ میکوریزا آربوسکولار به صورت تجاری، بومی و خارجی برای تحریک رشد به عنوان کودهای زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند. موفقیت تلقیح میکوریزایی به شرایط مصرف آن بستگی دارد. این شرایط در حقیقت به گیاه هدف و شرایط عمومی خاک باز می‌گردد. به طور کلی استفاده از مواد تلقیحی بومی با توجه به پیشینه و سازگاری موجودات با شرایط خاک و سایر موجودات بومی از لحاظ بازدهی، موفق‌تر است (۶۳). مطالعات به صورت عمده حاکی از آن است که همزیستی قارچ میکوریز آربوسکولار با افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه در شرایط کمبود این عناصر می‌تواند به گیاه سودرسانی داشته باشد (۵۷)؛ البته اثرگذاری خنثی و یا منفی این همزیستی بر رشد گیاه نیز گزارش شده است (۳۱). اکثر گیاهان قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند. گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) از خانواده چتریان، گیاهی است یکساله به ارتفاع ۶۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر، با طول دوره رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ روز و گرمادوست که در انواع خاک‌ها می‌روید. اسانس میوه گشنیز در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی و روغن میوه آن در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد. از این گیاه به عنوان هضم کننده غذا، ضد نفخ، اشتهاآور، برطرف کننده دردهای عضلانی و آرامش‌بخش نیز استفاده می‌شود (۱۶). بر اساس گزارشات موجود این گیاه با میکوریزا همزیستی مناسبی دارد (۱۰). استفاده از کودهای آلی و معدنی موجود ممکن است مشارکت و همزیستی قارچ میکوریزا و ریشه گیاه هدف را تکمیل کند و اطمینان بخش تأمین

عناصر غذایی برای گیاه در جهت تولید پایدار باشد. فیلترکیک (گل صافی) یک پسماند فرعی از گیاه نیشکر است که در طول تصفیه شربت نیشکر بدست می‌آید. سالانه در استان خوزستان با بیش از ۳۹۰ هزار هکتار سطح زیر کشت نیشکر در قالب ۱۰ کشت و صنعت، مقادیر زیادی فیلترکیک تولید (به طور متوسط از هر ۱۰۰ تن نیشکر، ۳ تن فیلترکیک حاصل می‌شود) و دور ریخته می‌شود (۵). فیلترکیک محتوی قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها می‌باشد. از جمله میکروب‌های مهم آن می‌توان به قارچ *Aspergillus fumigates*، باکتری *Bacillus subtilis* و اکتینومیست *Streptomyces flavidivrents* اشاره کرد (۲۳). داسگوپتا[1] (۱۵) گزارش کرد فیلترکیک‌های صنعت تولید شکر با اندکی تغییرات حاوی ۸/۹ درصد سلولز، ۲/۴ درصد همی‌سلولز، ۱/۲ درصد لیگنین، ۹/۵ درصد چربی و موم، ۳۲/۵ درصد کربن و ۲/۲ درصد هیدروژن و ۲/۲ درصد نیتروژن در واحد وزن تر می‌باشند. با توجه به این نتایج نسبت کربن به نیتروژن در این ماده آلی حدود ۱۵ می‌باشد. بر اساس مطالعات الهاگار و همکاران[2] (۲۰) فیلترکیک دارای BOD_5 برابر با ۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد؛ لذا رهاسازی آن بویژه در محیط‌های آبی می‌تواند آلودگی آب را به همراه داشته باشد. قرار گرفتن این ماده در معرض تابش خورشید می‌تواند باعث اشتعال سریع آن گردد. با توجه به موارد ذکر شده مدیریت صحیح این ماده به دغدغه اصلی صنعت شکر تبدیل شده است. یکی از راهکارهای مدیریت این ماده استفاده از آن در بخش کشاورزی است که بصورت مستقیم (کود تازه) و یا غیرمستقیم (کمپوست) در مزارع نیشکر استفاده شده است (۹). فیلترکیک قادر است پ-هاش خاک را تنظیم کرده و باعث بهبود وضعیت زهکشی، تهویه خاک و همچنین تحریک رشد طبیعی باکتری‌ها و سایر ریزجانداران خاک گردد. از آنجایی که بیش از ۶۰ درصد از اراضی زیر کشت ایران دارای کربن آلی کمتر از یک درصد و در بخش قابل توجهی از آن کمتر از ۰/۵ درصد می‌باشند، فیلترکیک تولید شده می‌تواند منبعی با ارزش برای تأمین ماده آلی خاک باشد (۵). ماده آلی موجود در فیلترکیک حدود ۶۴ درصد وزن آن را به خود اختصاص می‌دهد. فیلترکیک می‌تواند به وسیله فرایند تجزیه بیولوژیکی به یک منبع با ارزش کودی تبدیل شود؛ به عبارت دیگر این ماده آلی منبع غنی از عناصری مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین عناصر دیگری مانند سدیم، آهن، منگنز، مس، سیلیسیم، منیزیم، سولفور و روی می‌باشد (۱۱). بسیاری از تحقیقات نشان می‌دهند استفاده از کود به ویژه کودهای فسفره به همراه قارچ میکوریزا باعث اثرات منفی در همزیستی قارچ با ریشه گیاه می‌گردد (۶۱). بنابراین به طور کلی چنین برداشت می‌شود که میکوریزا و کوددهی با یکدیگر سازگار نیستند؛ اگرچه نتایج برخی از تحقیقات نشان‌دهنده برهمکنش مثبت کوددهی متوسط فسفر و استفاده از میکوریزا با تحریک عوامل زیستی خاک هستند (۲۵). در سال ۱۹۴۴ آلبرت هووارد[3] که به عنوان معرف فرایند کمپوست سازی شناخته می‌شود، به همزیستی ویسکولار آربوسکولار با ریشه گیاه، علاقه‌مند شد و مشاهده کرد این همزیستی باعث افزایش سلامت خاک (به ویژه از طریق افزایش مواد آلی محلول خاک) و ایجاد تعادل تغذیه‌ای گیاه می‌گردد. او همچنین پیشنهاد کرد استفاده از کمپوست باعث افزایش تمایل همزیستی می‌گردد (۵۲). بررسی برهمکنش کودهای آلی و زیستی می‌تواند در بکارگیری اصولی آنها و افزایش راندمان مصرف مفید واقع شود. با توجه به مطالب ارائه شده، این سؤال مطرح می‌گردد که با توجه به غنی بودن فیلترکیک از مواد آلی، عناصر معدنی و ریزجانداران، آیا تمایل میکوریزایی تحت تأثیر اضافه شدن این کود به خاک قرار می‌گیرد؟ جهت پاسخ به این سؤال، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثرات متقابل میکوریزا و فیلترکیک (که به

1- Dasgupta
2- ElHaggar *et al.*
3- Albert Howard

صورت عمده در منطقه به عنوان ضایعات تولید می‌شود) بر عملکرد گیاه گشنیز مدنظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آماده سازی تیمارها و کشت گیاه

به منظور مطالعه اثرات متقابل فیلترکیک و میکوریزا بر عملکرد گشنیز، آزمایشی گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با مد نظر قرار دادن تیمارهای قارچ میکوریزا آربوسکولار (*Glomus intraradices*) در دو سطح عدم تلقیح (m_1) و تلقیح با میکوریزا (m_2)، فیلترکیک در سه سطح صفر (f_1)، ۱/۵ (f_2) و ۳ درصد وزنی (f_3) در ۴ تکرار با کشت گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) (جمعاً ۲۴ واحد آزمایشی) در گلخانه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. جهت انجام آزمایش، خاک به میزان مورد نیاز از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه جمع‌آوری شد. پس از هواخشک کردن و عبور آن از الک ۲ میلی‌متر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی شامل بافت خاک، شوری، پ-هاش، میزان ماده آلی (به روش هضم تر)، درصد آهک، ظرفیت تبادل کاتیونی، میزان عناصر غذایی شامل نیتروژن (به روش کجلدال)، فسفر (به روش اولسن و قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر)، پتاسیم قابل جذب (با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر)، کلسیم و منیزیم (به روش تیتراسیون کمپلکسومتری)، آهن، روی و مس (استخراج با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی)، با روش‌های استاندارد ارائه شده، مورد بررسی قرار گرفت (۴۹). خاک مورد استفاده برای کشت به صورت ترکیبی از ۷۰ درصد خاک و ۳۰ درصد ماسه (جهت رقیق سازی غلظت عناصر غذایی در خاک و شبیه سازی شرایط کمبود) تهیه گردید. لازم به ذکر است برای پایین آوردن شوری، ماسه، کاملاً شسته شده و قبل از مصرف هواخشک شد. برای حذف پاتوژن‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌های بومی خاک و ایجاد محیط بدون رقابت برای میکوریزا جهت بروز واضح‌تر اثرات آن، خاک و ماسه با استفاده از اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد و در فشار ۱۵ پاسکال به مدت یک ساعت استریل گردید. پس از تهیه فیلترکیک از واحد کشت و صنعت امیرکبیر و انتقال آن به آزمایشگاه تجزیه اولیه این ماده نیز با روش‌های استاندارد ارائه شده برای آنالیز کودی (۴۸) صورت گرفت و در نسبت‌های مقرر، به خاک اضافه شد. گلدان‌های پلاستیکی ۳ کیلوگرمی با استفاده از الکل کاملاً ضدعفونی و استریل شدند. درون هر گلدان ۲۹۴۰ گرم خاک استریل شده کاملاً یکنواخت شده ریخته و بخش فوقانی گلدان به اندازه ۳-۲ سانتی‌متر جهت آبیاری خالی گذاشته شد. قبل از کشت در گلدان‌های مربوط به واحدهای آزمایشی میکوریزایی حفره‌هایی به عمق ۳ سانتی‌متر ایجاد و درون حفره‌ها زادمایه شامل هاگ، ریسه‌ها و ریشه گیاه شبدر که از قبل با قارچ کلونیزه شده بود در هر حفره افزوده شد (به میزان ۲ گرم). به منظور جلوگیری از آلودگی احتمالی تیمارهای شاهد بدون تلقیح، آماده‌سازی تیمارهای تلقیح شده قبل از تیمارهای شاهد و در محل جداگانه‌ای صورت گرفت. بذور گشنیز پس از ضدعفونی و تولید ریشه‌چه از ژرمیناتور به حفره‌های ایجاد شده در گلدان‌ها منتقل شدند به نحوی که در گلدان‌های حاوی ماده تلقیح میکوریزا، ریشه‌چه گیاه بر روی ماده تلقیح مستقر گردید. جهت حفظ شرایط ایده‌آل رطوبتی، آبیاری به صورت منظم با توجه به شرایط گیاه صورت گرفت. با توجه به سبک بودن بافت خاک و احتمال فقیر بودن خاک از عناصر غذایی، محلول غذایی ضعیف بدون فسفر (۵۵) تهیه و هر هفته مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از آن به هر گلدان‌ها اضافه شد.

برداشت گیاه و اندازه گیری ویژگی‌های رشدی، غلظت برخی از عناصر غذایی و شاخص‌های کلونیزاسیون

در انتهای هفته دوازدهم، قسمت هوایی گیاه از سطح خاک قطع گردید و ارتفاع گیاه از محل طوقه تا بالاترین نقطه گیاه با خط‌کش اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری وزن تر اندام هوایی، نمونه‌ها شسته شده و درون پاکت

کاغذی در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت در آون قرار داده شدند. پس از اندازه‌گیری وزن خشک با استفاده از روش خاکسترگیری خشک نمونه‌ها هضم شده و ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره گیاهی تهیه و غلظت عناصر غذایی شامل فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و مس در آنها اندازه‌گیری شد (۲۸). لازم به ذکر است برای استخراج و سنجش کلروفیل از روش لیختن تالر[1] (۳۷) استفاده شد. برای این منظور ۰/۱ گرم بافت برگ تازه به قطعات کوچک تقسیم شد. پس از آن نمونه گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد، کاملاً ساییده سپس به لوله فالکن منتقل گردید. ظرف نمونه توسط فویل آلومنیومی پوشانده و در تاریکی در یخچال قرار داده شد. بعد از سفید شدن رنگ بافت برگ طی ۳ الی ۴ روز، جذب نوری محلول در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ و همچنین با استفاده از استون ۸۰ درصد به عنوان شاهد و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر صورت گرفت و با استفاده از فرمول‌های ارائه شده مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید و کلروفیل کل محاسبه گردید (۳۷).

علاوه بر تجزیه اندام هوایی، ریشه گیاه نیز جهت اندازه‌گیری وزن خشک، مجموع طول ریشه و شاخص‌های کلونیزاسیون شامل طول ریشه کلونی شده (به روش تنانت[2] (۵۹))، درصد کلونیزاسیون و تمایل میکوریزایی، از گلدان‌ها خارج گردید. برای اندازه‌گیری طول ریشه‌ها از میکروسکوپ الکترونی و روش تقاطع شبکه استفاده شد. این روش بر پایه تعداد برخوردهای ریشه با خطوط افقی و عمودی شبکه استوار است. نمونه‌های رنگ‌آمیزی شده به درون پتری‌دیش انتقال داده شدند که بر روی یک صفحه شفاف شطرنجی قرار داده شده بود. سپس به کمک شمارشگر دستی تعداد دفعات برخورد ریشه‌ها با خطوط افقی و عمودی شمارش گردید. کل شمارش برای تعیین مجموع طول ریشه مورد استفاده قرار گرفت و به دنبال آن تعداد برخوردهای ریشه‌های حاوی ساختار قارچی با شبکه شمارش شد که از این شمارش برای درصد کلونیزاسیون استفاده شد. درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها عبارت است از نسبت ریشه‌های کلونی شده به مقدار کل ریشه و نمایانگر شدت رابطه همزیستی قارچ با گیاه میزبان است که با توجه به پراکنش میسیلیوم‌ها در خاک به عنوان شاخصی از رابطه سه جانبه خاک، قارچ و گیاه است. تمایل میکوریزایی بر اساس رابطه بایون و همکاران[3] (۷) با استفاده از فرمول ۱ محاسبه گردید:

(۱)

$$\text{تمایل میکوریزایی} = \frac{\text{وزن ماده خشک گیاه غیر میکوریزایی} - \text{وزن ماده خشک گیاه میکوریزایی}}{\text{وزن ماده خشک گیاه غیر میکوریزایی}} \times ۱۰۰$$

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. برای ترسیم نمودار، نرم افزار Excel مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد مطالعه و فیلترکیک در جدول ۱ ارائه شده است. همانگونه که در جدول مشاهده می‌شود، خاک مورد استفاده، یک خاک آهکی با بافت لومی‌رسی و فقیر از مواد آلی (براساس طبقه‌بندی تکالین، (۵۸)) می‌باشد. کمبود مواد آلی در خاک باعث کمبود عناصر غذایی بویژه نیتروژن می‌شود که به صورت عمده از منبع مواد آلی خاک برای گیاه تأمین می‌گردند (۶۴). بر اساس نتایج حاصل از تجزیه فیلترکیک، این ماده آلی دارای پ–هاش نسبتاً اسیدی بوده و بر مبنای وزن خشک، حاوی مقادیر قابل توجهی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف می‌باشد (جدول ۱). از لحاظ خصوصیات ظاهری، فیلترکیک دارای ظاهری اسفنجی، بی‌شکل به رنگ تیره (سیاه رنگ) بوده که محتوای رطوبتی بالایی دارد (حدود ۵۶ درصد). این ماده مهمترین پسماند تولید شکر محسوب می‌شود. غلام و همکاران (۲۴)

1- Lichtenthaler
2- Tennant
3- Baon *et al*.

گزارش کردند کاربرد ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار فیلترکیک باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای آهکی می‌گردد. بر اساس نتایج حاصل از تحقیق ختک و خان[1] (۳۵)، فیلترکیک حاوی مقادیر قابل توجهی سولفات (SO_4^{-2}) و کربنات (CO_3^{-2}) است؛ لذا به اسیدی شدن خاک و در نتیجه انحلال و آزادسازی کلسیم موجود در خاک و بهبود ساختمان و زهکشی مناسبترِ نمک‌ها کمک شایانی می‌کند. پ-هاش خاک، شوری و درصد سدیم تبادلی با افزودن فیلترکیک به خاک، کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد (۴۳). به همین علت این ماده علاوه بر تأثیر مثبت در حاصلخیزی خاک، می‌تواند به عنوان تقویت کننده و اصلاح‌کننده، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک (مثلث کیفیت خاک) را بهبود بخشد (۲۴).

اثرات کاربرد فیلترکیک و قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های رشد و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲)، اثر اصلی میکوریزا بر ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی در سطح ۵ درصد و بر طول ریشه و وزن خشک ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. اثرات اصلی فیلترکیک بر تمام ویژگی‌های رشد در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. اثرات متقابل تیمارها بر ویژگی‌های مورد بررسی معنی‌دار نمی‌باشد. بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار میکوریزا به همراه ۳ درصد فیلترکیک مشاهده می‌شود که نسبت به تیمار فاقد میکوریزا و حاوی ۳ درصد فیلترکیک اختلاف غیرمعنی‌دار و نسبت به تیمار حاوی میکوریزا و فاقد فیلترکیک ۷۹/۴ درصد افزایش معنی‌دار در سطح ۵ درصد را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده اثر مثبت استفاده از فیلترکیک بر ارتفاع گیاه است.

1- Khattak and Khan

جدول (۱) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و فیلترکیک

Table 1- Physicochemical properties of soil and Filtercake

خصوصیات properties	شن Sand (٪)	لای Silt (٪)	رس Clay (٪)	بافت خاک Soil Texture	pH	شوری EC (dS/m)	مواد آلی OM (٪)	ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) ($cmol_c/kg$)
خاک مزرعه از عمق ۳۰-۰ Soil Sample (0-30 cm)	37.4	30.4	32.2	Clay loam	7.6	2.5	0.54	15.2
	سدیم محلول Na^+ (meq/L)	آهک $CaCO_3$ (٪)	نیتروژن N (٪)	فسفر قابل جذب P (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب K (mg/kg)	آهن Fe (mg/kg)	روی Zn (mg/kg)	مس Cu (mg/kg)
	10.76	37	0.06	3.2	225	8.6	1.41	0.81
فیلترکیک Filtercake	pH	شوری EC (dS/m)	مواد آلی OM (٪)	خاکستر Ash (٪)	رطوبت Moisture (٪)	نیتروژن N (٪)	فسفر P (٪)	پتاسیم K (٪)
	6.25	10.5	24.3	13.3	56.5	1.07	1.14	0.93
	کلسیم Ca (٪)	منیزیم Mg (٪)	آهن Fe (٪)		منگنز Mn (٪)	روی Zn (mg/kg)		مس Cu (mg/kg)
	5.56	0.87	1.02		0.24	1254		203

جدول (۲) تجزیه واریانس اثر فیلترکیک و میکوریزا بر ویژگی‌های رشد و رنگدانه‌های فتوسنتزی گشنیز

Table (2)- Analysis of variance of the effects of Filtercake and Mycorrhiza on some growth parameters and photosynthetic pigments of coriander

	میانگین مربعات (Mean Square)								
منبع تغییرات Source of Variation	df	ارتفاع گیاه Plant Height	وزن خشک اندام هوایی Cilantro Dry weight	طول ریشه Root length	وزن خشک ریشه Root Dry weight	کلروفیل a Chloro phyll a	کلروفیل b Chloro phyll b	کاروتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total chlorophyll
میکوریزا Mycorrhiza (M)	1	5.03^{*}	0.03^{*}	184.8^{**}	0.02^{**}	1.80^{**}	6.37^{**}	0.31^{*}	7.07^{**}
فیلترکیک Filtercake (F)	2	19.5^{**}	0.93^{**}	555.8^{**}	0.19^{**}	3.68^{**}	8.39^{**}	1.89^{**}	10.6^{**}
F*M	2	4.05^{ns}	0.05^{ns}	1.69^{ns}	0.0007^{ns}	0.03^{ns}	0.15^{ns}	0.02^{ns}	0.18^{ns}
خطا Error	12	0.70	0.02	1.47	0.001	0.22	0.18	0.04	0.13
CV (%)	-	10.2	7.99	7.4	12.8	9.0	9.29	7.87	9.54

** ، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ درصد، معنی‌داری در سطح ۵ درصد، عدم و جود اختلاف معنی دار

**, *, indicate that variances are significant at the level of 1%, 5% and ns is non-significant, respectively.

بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) در صورت عدم وجود میکوریزا افزایش معنی‌داری در ارتفاع گیاه با افزایش درصد فیلترکیک از ۱/۵ به ۳ درصد رخ می‌دهد که تحت شرایط وجود میکوریزا این افزایش درصد کاربرد فیلترکیک، اختلاف معنی‌داری را ایجاد نمی‌کند. لذا همزمانی حضور فیلترکیک و میکوریزا می‌تواند باعث افزایش اثربخشی فیلترکیک در مقادیر مصرفی کمتر (۱/۵ درصد) گردد. استفاده از میکوریزا باعث افزایش حدود ۱۴ درصدی ارتفاع گیاه در مقایسه با عدم استفاده از آن می‌گردد و این در حالیست که استفاده از فیلترکیک در سطح ۱/۵ درصد و ۳ درصد نسبت به عدم استفاده از آن، ارتفاع گیاه را به ترتیب حدود ۳۸ و ۵۴ درصد افزایش می‌دهد. همین روند به صورت مشابه با مقادیر متفاوت در مورد وزن خشک اندام هوایی گزارش می‌شود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی گیاه در تیمار حاوی ۳ درصد فیلترکیک و قارچ میکوریزا مشاهده می‌شود.

فیلترکیک و قارچ میکوریزا هر دو اثرات مثبتی بر گیاه دارند که مکانیزم عمل آنها در افزایش رشد و تولید ماده خشک متفاوت است. قارچ‌های میکوریزایی با تغییرات هورمونی و ترشح فاکتورهای محرک رشد (۱۴) و فیلترکیک به دلیل بالا بودن سهم ماده آلی و افزایش سطح غلظت عناصر غذایی (۴۶)، باعث افزایش رشد و افزایش ارتفاع گیاه شده است. نتایج حاصل از تحقیق ست و همکاران[1] (۵۳) نشان داد استفاده از ۱۵ تن در هکتار فیلترکیک در خاک‌های سدیمی باعث بهبود شرایط خاک و رشد بهتر گیاه برنج گردید که اثر فیلترکیک بویژه بر ارتفاع گیاه قابل توجه بود. کلایی‌وانان و هتب[2] (۳۳) دریافتند استفاده از فیلترکیک ارتفاع گیاه را افزایش می‌دهد که علت آن را فراهمی نیتروژن به علت معدنی شدن سریع آن بویژه در مرحله بحرانی رشد گیاه عنوان کردند که این زمان فراهمی، اثر چند برابری بر ارتفاع گیاه خواهد داشت. کاربرد ۱۰ تا ۱۵ تن در هکتار فیلترکیک، نیتروژن کل خاک را به ترتیب ۴۸ و ۷۰ درصد و نیتروژن معدنی خاک را به ترتیب ۱۴۴ و ۱۶۲درصد و درصد ماده آلی خاک را به ترتیب ۱۵ و ۲۴ درصد افزایش داد (۳۰).

1- Seth *et al*.
2- Kalaivanan and Hattab

جدول (۳) مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی سطوح مختلف قارچ میکوریزا (میکوریزا= M_2، غیرمیکوریزا= M_1) و فیلترکیک (F_1=۰، F_2=۱/۵، F_3= ۳ درصد) بر ویژگی‌های رشد و رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه گشنیز

Table (3) Mean comparison of treatments consist of Mycorrhiza (M_1= without, M_2 = with) and Filtercake (F_1=0, F_2=1.5% and F_3=3%) on some growth parameters and chlorophyll pigments of coriander

تیمار Treatment	ارتفاع گیاه Plant Height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Cilantro Dry Weight (g)	طول ریشه Root Length (cm)	وزن خشک ریشه Root Dry Weight (g)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh w.)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g fresh w.)	کاروتنوئید Carotenoid (mg/g fresh w.)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/g fresh w.)
	میانگین (Mean)							
M_1	7.71^b	0.57^b	163.9^b	0.24^b	4.91^b	4.06^b	2.60^b	9.20^b
M_2	8.83^a	0.65^a	207.0^a	0.31^a	5.54^a	5.25^a	2.87^a	10.76^a
F_1	6.30^c	0.24^c	130.5^c	0.15^c	4.51^c	3.57^c	2.17^c	8.60^c
F_2	8.74^b	0.56^b	170.7^b	0.26^b	5.20^b	4.47^b	2.75^b	9.47^b
F_3	9.73^a	1.03^a	255.2^a	0.40^a	6.06^a	5.92^a	3.29^a	11.88^a

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

*For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%.

بر اساس نتایج حاصل از تحقیق الامری و همکاران[1] (۴) استفاده از میکوریزا بدون توجه به ماده اصلاحی که همراه آن مصرف می‌شود به تنهایی باعث افزایش پارامترهای رشدی گیاه شامل وزن خشک، ارتفاع گیاه، تعداد انشعابات ساقه گیاه و مساحت برگ می‌گردد. آنها دریافتند یکی از اصلی‌ترین اثرات میکوریزا در مقایسه با سایر اثرات، افزایش سطح برگ گیاه است که می‌تواند به فتوسنتز بیشتر و نسبت بیشتر تثبیت کربن در گیاه منجر شود. بر این اساس میزان افزایش عملکرد گیاه ارتباط مستقیمی با کلونیزاسیون میکوریزایی دارد. یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ میکوریزا افزایش عملکرد گیاهان می‌باشد که به واسطه نفوذ مسیلیوم‌های قارچ در خاک و افزایش سطح تماس ریشه‌ها و خاک صورت می‌گیرد (۴). با بررسی اثر اصلی میکوریزا بر طول ریشه گیاه، نتایج نشان داد استفاده از میکوریزا باعث افزایش حدود ۲۶ درصدی طول ریشه گیاه می‌شود. بررسی اثر اصلی فیلترکیک بر طول ریشه گیاه نشان می‌دهد با اضافه کردن ۱/۵ درصد فیلترکیک طول ریشه گیاه ۳۰/۷ درصد و با اضافه شدن ۳ درصد فیلترکیک ۹۵/۵ درصد افزایش می‌یابد که در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.

بیشترین میزان طول ریشه گیاه در تیمار ۳ درصد فیلترکیک به مقدار ۲۵۵ سانتی‌متر گزارش می‌شود. در مورد وزن خشک ریشه همراستا با طول ریشه، افزودن میکوریزا و همچنین افزایش سطح فیلترکیک باعث افزایش معنی‌دار در مقادیر وزن خشک ریشه می‌گردد که مشابه با طول ریشه اثر افزایشی فیلترکیک بیشتر از میکوریزا می‌باشد. دارا بودن مواد آلی، افزایش فعالیت‌های شبه هورمونی و بهبود ساختمان فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بستر کاشت از جمله عواملی هستند که شرایط مطلوب را برای رشد رویشی و در نتیجه افزایش عملکرد گیاه در شرایط استفاده ازکودهای آلی فراهم می‌کنند. عملکرد گیاه بویژه در شرایط کمبود عناصر غذایی خصوصاً فسفر با ورود میکوریزا افزایش می‌یابد که علت آن افزایش سطح جذب توسط هیف‌های مهیا شده قارچی می‌باشد. در واقع قارچ-های میکوریزا از طریق گسترش شبکه هیفی خارج ریشه‌ای موجب افزایش جذب و انتقال مواد غذایی به ریشه‌ها می-شوند. سیستم ریشه‌ای گیاه در نتیجه میکوریزایی شدن تغییراتی حاصل می‌کند؛ به طوری که در ریشه‌های میکوریزایی طول ریشه بیشتر و انشعابات آن وسیع‌تر می‌شود،

1- Al-Amri *et al.*

بنابراین می‌تواند در جذب آب و عناصر غذایی کارایی بیشتری داشته باشد (۳۴).

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر میکوریزا بر کلروفیل a، کلروفیل b وکلروفیل کل در سطح ۱ درصد و برکاروتنوئید گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. اثر اصلی تیمار فیلترکیک بر رنگدانه‌های فتوسنتزی گیاه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. بررسی میانگین‌ها (جدول ۳) نشان می‌دهد استفاده از میکوریزا باعث افزایش کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید وکلروفیل کل گیاه به ترتیب به میزان حدود ۱۲، ۲۹، ۱۰ و ۱۷ درصد گردید که با توجه به این اعداد بیشترین درصد افزایش در محتوای کلروفیل کل گیاه گزارش می‌شود. با مقایسه میانگین‌ها در خصوص اثر فیلترکیک بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئید وکلروفیل کل گیاه، نسبت به تیمار شاهد کاربرد ۱/۵ درصد فیلترکیک باعث افزایش حدود ۱۳، ۲۵، ۲۶ و ۱۰ درصدی پارامترهای ذکر شده می‌گردد که این میزان افزایش با افزایش سطح فیلترکیک به ۳ درصد وزنی به ترتیب حدود ۳۴، ۶۵، ۵۱ و ۳۸ درصد گزارش می‌شود. لذا کاربرد هردو تیمار به افزایش محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی منجر شده که این اثر بویژه در خصوص کاربرد فیلترکیک در سطح ۳ درصد وزنی، مشهودتر است. بیشترین مقادیر رنگدانه‌های فتوسنتزی در تیمار کاربرد همزمان میکوریزا و ۳ درصد فیلترکیک مشاهده می‌شود. در سبزیجات خوراکی مقدار کلروفیل در مغذی بودن آن حائز اهمیت است. کلروفیل دارای فوائد دارویی بسیاری از جمله افزایش تعداد گلبولهای قرمز، سمیت زدایی باقیمانده داروها در بدن، بهبود بخشیدن مشکلات قند خون، اثر آنتی‌اکسیدانتی و نقش آنتی‌باکتریالی بوده و در واقع یک آنتی‌بیوتیک طبیعی است که قادر است فلزات سنگین و سموم بدن موجود زنده را به خود متصل و خنثی نماید (۲۹). کاروتنوئیدها، تتراترپن‌های ۴۰ کربنه هستند که در ساختار کلروپلاست بافت گیاهی حضور داشته و دارای خواص آنتی‌اکسیدانتی هستند (۱۳). فتوسنتز یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه است که وابسته به محتوای کلروفیل در گیاه می‌باشد و از این رو ممکن است همزیستی میکوریزایی بعنوان یک محرک متابولیسمی عمل کند که سبب جابجایی قاعده‌گرای محصولات فتوسنتزی به سمت ریشه‌ها شده و به این وسیله محرکی برای انجام فعالیت فتوسنتزی بیشتری باشد (۲۶). گزارش شده است که در گیاهان میزبان میزان هورمونهای سیتوکنین و جیبرلین افزایش می‌یابدکه افزایش این هورمون‌ها به ویژه سیتوکنین می‌تواند شدت فتوسنتز را توسط باز شدن روزنه‌های هوایی که بر جابجایی و تنظیم محتوای کلروفیل مؤثر است، بهبود بخشد؛ از طرفی قارچ میکوریزا به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کند و می‌تواند سنتز کلروفیل را افزایش دهد (۲۶). محمودی و همکاران (۳۹) گزارش کردند قارچ گلوموس موسه میزان کاروتنوئیدهای برگ لوبیا را ۵/۵ درصد نسبت به شاهد غیر میکوریزایی افزایش داد. بالا بودن سطح کاروتنوئید را در نمونه‌های میکوریزایی می‌توان به بالا بودن جذب فسفر بعنوان یک حامل انرژی در طی فرایند فتوسنتز نسبت داد. نیتروژن نیز یکی از اجزای ضروری در ساختار کلروفیل، اسیدامینه، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها می‌باشد. در این راستا محققین گزارش با افزایش سطوح نیتروژن غلظت کاروتنوئید به صورت خطی افزایش می‌یابد (۵۱).

اثرات کاربرد فیلترکیک و قارچ میکوریزا بر غلظت عناصر غذایی در گیاه گشنیز

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر مستقل میکوریزا بر غلظت عناصر پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، روی و مس در سطح ۱ درصد و بر غلظت آهن اندام هوایی گیاه در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. اثرات اصلی تیمار فیلترکیک بر تمامی عناصر مورد بررسی شامل پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و مس در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. اثرات متقابل میکوریزا و فیلترکیک در مورد عناصر پتاسیم، روی و مس در سطح ۱ درصد و عنصر کلسیم در سطح ۵ درصد معنی‌دار است و در مورد سایر عناصر اثر معنی‌داری گزارش نمی‌شود. با توجه به میانگین

اثرات اصلی تیمارها (جدول ۴) کاربرد میکوریزا باعث افزایش غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم گیاه به ترتیب به میزان حدود ۱/۶، ۱/۳۹، ۱/۱۶ و ۱/۱۷ برابر نسبت به تیمار شاهد می‌گردد که این مقدار برای عناصر کم‌مصرف آهن، روی و مس به ترتیب حدود ۱/۱۱، ۱/۸ و ۱/۳۱ برابر می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود میکوریزا بر غلظت عناصر غذایی موجود در گیاه اثر مثبت و افزایشی داشته که علت آن را می‌توان به افزایش سطح جذب از طریق هیف‌های قارچی و همچنین تقویت ریزوسفر گیاه نسبت داد. تحقیقات نشان داده است که میکوریزا می‌تواند جایگزین ۳۰ تا ۶۰ درصد کود فسفره گردد؛ همچنین در شرایط کمبود روی و مس، جذب آنها را افزایش می‌دهد. نخستین تأثیر قارچ‌های میکوریزا افزایش جذب عناصر معدنی توسط گیاه می‌باشد. بخوصوص آنهایی که به شکل یون‌های کم تحرک و یا در غلظت‌های کم در محلول خاک وجود دارند (۲۱).

آکاکار و همکاران[1] (۳) گزارش کردند که تأثیر قارچ‌های میکوریزا در رشد و جذب عناصر غذایی در چندین گونه گیلاس معنی‌دار شد. مایه‌زنی هلو با میکوریزا باعث افزایش رشد و غلظت عناصر کلسیم، منیزیم، آهن و روی در اندام هوایی گیاه گردید (۶۵). قارچ‌های میکوریزا ممکن است از طریق حل کردن فرم‌های غیرآلی و یا از طریق معدنی کردن فسفر آلی قابلیت دسترسی گیاه را به فسفر خاک بهبود بخشند. هیف‌های میکوریزا وارد ماتریکس خاک شده و فسفر را از نقاطی که دورتر از ریشه‌ها قرار دارند، جذب می‌کنند. مطالعات بولان[2] (۱۲) نشان داد که گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی به یک اندازه از فسفر متحرک خاک استفاده می‌کنند اما گیاهان همزیست با قارچ میکوریزا بهره‌ی بیشتری از فسفر غیرمتحرک خاک می‌برند. نتایج تحقیق آقابابایی و همکاران (۲) نشان داد که حضور میکوریزا می‌تواند غلظت روی را در اندام هوایی گیاه بادام ۲۵ تا ۳۵ درصد افزایش دهد. در حقیقت با افزایش طول و سطح جذب ریشه‌ها، جذب عناصر غیرمتحرک از جمله روی و مس افزایش می‌یابد. همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزا می‌تواند حدود ۲۵ درصد عنصر روی مورد نیاز گیاه میزبان را تأمین کند. کلنیزاسیون قارچ میکوریز آربوسکولار، تنظیم اسمزی را بر مبنای افزایش غلظت پتاسیم و کلسیم بهبود می‌بخشد. افزایش پتاسیم در تیمارهای دارای قارچ میکوریزا را می‌توان به افزایش جذب پتاسیم توسط قارچ میکوریزا نسبت داد. قارچ‌های میکوریزا با تشکیل شبکه‌هایی در اطراف ریشه‌های گیاهان، سطح تماس آن‌ها با خاک و رطوبت را بین ۱۰۰۰-۱۰ برابر افزایش می‌دهند و به این ترتیب گیاه توانایی بیشتری در استفاده از منابع موجود در محیط اطراف خود را پیدا می‌کند (۵۴). در تیمارهای حاوی فیلترکیک غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه افزایش معنی‌داری را نشان می‌دهد. کاربرد ۳ درصد فیلترکیک در مورد عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و مس به ترتیب باعث افزایش ۲/۸، ۱/۳، ۲/۱، ۱/۹، ۲/۹، ۲/۵ و ۴ برابری غلظت در گیاه گردید. براساس نتایج بدست آمده اثر اختلاف سطح کاربرد فیلترکیک بر غلظت عناصر در گیاه معنی‌دار است. به عبارت دیگر با افزایش سطح کاربرد فیلترکیک از ۱/۵ به ۳ درصد در مورد همه عناصر مدنظر افزایش قابل توجهی مشاهده می‌شود. افزایش حدود ۳ برابری فسفر گیاه می‌تواند در نتیجه معدنی شدن فسفر آلی موجود در فیلترکیک و افزایش حلالیت ترکیبات کم‌محلول فسفر در اثر کاهش پ-هاش خاک باشد. فیلتر کیک به دلیل تولید CO_2 و H_2CO_3 در جریان تجزیه خود باعث افزایش محلولیت عناصر غذایی در واکنش‌های قلیایی خاک می‌شود.

دوتانیا و داتا[3] (۱۸) گزارش کردند استفاده از فیلترکیک به مقدار ۵ گرم در کیلوگرم، باعث کاهش ظرفیت تثبیت فسفر (حدود ۱۱ درصد) و افزایش دسترسی فسفر خاک (به مقدار حدود ۶۸ درصد) می‌گردد.

1- Aka-Kacar *et al.*
2- Bolan
3- Dotaniya and Datta

جدول (٤) مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی سطوح مختلف قارچ میکوریزا (میکوریزا= M_2، غیرمیکوریزا= M_1) و فیلترکیک (F_1 =۰، F_2 =۱/۵، F_3 =۳ درصد) بر غلظت برخی از عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه گشنیز

Table (4) Mean comparison of treatments consist of Mycorrhiza (M_1=without, M_2=with) and Filtercake (F_1=0, F_2=1.5% and F_3=3%) on some nutrient concentration in aboveground part of coriander

مس Cu (mg kg^{-1})	روی Zn (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	منیزیم Mg (%)	کلسیم Ca (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	تیمار Treatment
27.9^{b}	25.8^{b}	60.5^{b}	0.24^{b}	0.24^{b}	3.90^{b}	0.28^{b}	M_1
36.3^{a}	46.4^{a}	67.3^{a}	0.28^{a}	0.28^{a}	5.43^{a}	0.47^{a}	M_2
19.3^{c}	20.2^{c}	35.4^{c}	0.19^{c}	0.17^{c}	3.95^{c}	0.21^{c}	F_1
23.8^{b}	36.3^{b}	46.9^{b}	0.23^{b}	0.24^{b}	4.60^{b}	0.32^{b}	F_2
53.6^{a}	58.1^{a}	109^{a}	0.36^{a}	0.31^{a}	5.45^{a}	0.60^{a}	F_3

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

*For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%.

کاهش ظرفیت تثبیت فسفر در اثر اضافه شدن فیلترکیک در حقیقت به رقابت مولکول اسیدهای آلی بر مکان‌های تثبیت فسفر ذرات خاک مربوط می‌شود که با اشغال این مکان‌ها تثبیت فسفر کاهش می‌یابد (۱۷). براساس گزارشات اقبال و همکاران (۱۹) نسبت کربن به نیتروژن مواد اصلاحی کاربردی بر تغییر قابلیت جذب فسفر اثرگذار است. در صورتی که این نسبت کم باشد، غلظت فسفر در محلول خاک افزایش می‌یابد. در خصوص فیلترکیک با توجه به حضور شکر در ترکیب شیمیایی آن، باعث افزایش تجزیه بیولوژیکی و در نتیجه آزادسازی فسفر در خاک می‌گردد (۱۹). کاربرد ۱۰ تا ۱۵ تن در هکتار فیلترکیک نیتروژن کل خاک را به ترتیب ۴۸ و ۷۰ درصد و نیتروژن معدنی خاک را به ترتیب ۱۴۴ و ۱۶۲ درصد افزایش می‌دهد به همین علت در مکزیک از فیلترکیک به‌عنوان کود آلی استفاده می‌شود. کاربرد ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار فیلترکیک درصد ماده آلی خاک را به ترتیب ۱۵ و ۲۴ درصد افزایش داد. کاربرد فیلترکیک در خاک‌های آهکی موجب کاهش درصد سدیم تبادلی، پ-هاش و شوری می‌گردد (۳۰) بنابراین با تغییر معنی‌دار واکنش خاک، قابلیت جذب عناصر غذایی بهبود می‌یابد. فیلترکیک نسبت به بسیاری از اصلاح کننده‌های دیگر خاک، در قابلیت بهبود خواص بیولوژیکی خاک بهتر عمل می‌کند (۶۲). فیلترکیک محتوی قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها می‌باشد؛ لذا با افزایش سطح فعالیت‌های بیولوژیکی باعث بهبود شرایط خاک می‌گردد. خوسا و همکاران[1] (۳۶) گزارش کردند مواد آلی اصلاحی از جمله فیلترکیک تأثیر معنی‌داری بر افزایش زیست فراهمی فسفر، تنفس و زیست توده میکروبی خاک دارد. با توجه به نتیجه آنالیز فیلترکیک مورد استفاده مشاهده می‌شود که افزایش ۱ تن فیلترکیک (وزن خشک) به مزرعه باعث افزایش ۱۱ کیلوگرم ازت، ۶ کیلوگرم فسفات، ۱۳ کیلوگرم پتاس و مقادیر زیادی عناصر غذایی ثانویه مانند کلسیم، منیزیم و گوگرد و عناصر کم مصرف مثل مس، روی، آهن و منگنز به خاک می‌شود (۱). قدیر و همکاران (۴۷) گزارش کردند استفاده از کودهای آلی (از جمله فیلترکیک) با تغییر در فشار نسبی CO_2 در محیط ریشه گیاه باعث افزایش حلالیت کلسیم می‌گردد. منجزی و همکاران (۴۱) در بررسی اثر فیلترکیک نیشکر، کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بر جذب عناصر کم مصرف و پرمصرف توسط گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) به این نتیجه رسیدند که سطوح مختلف ترکیب فیلترکیک و کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌دار بر محتوی نیتروژن و فسفر دانه کلزا داشت. همچنین کاربرد فیلترکیک باعث افزایش عناصر روی، مس و آهن در بافت دانه شد. فتوحی و شاهین (۲۳) اظهار داشتند که استفاده از فیلترکیک باعث افزایش فراهمی منیزیم و در نتیجه افزایش غلظت آن در گیاه نیشکر می‌شود. بر اساس نتایج حاصل از

1- Khosa *et al.*

تحقیق محمد و خاتک[1] (۴۲) فیلترکیک قابلیت آزادسازی تدریجی عناصر غذایی را در خاک دارا بوده و لذا به خوبی جوامع میکروبی خاک را که از آن به عنوان ماده غذایی استفاده می‌کنند، مورد حمایت قرار می‌دهد. بنابراین این ماده آلی با اثرگذاری معنی‌دار بر خواص شیمیایی و بیولوژیکی، باعث بهبود حاصلخیزی خاک شده و اثرات مثبت قابل توجهی را بر غلظت عناصر در گیاه گشنیز و نهایتاً عملکرد گیاه نشان می‌دهد.

کاربرد همزمان قارچ میکوریزا و فیلترکیک باعث افزایش معنی‌دار غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم، روی و مس گردید (جدول ۵). عنصر مس بیشتر در خاک به صورت غیر قابل استفاده است. با ماده آلی خاک، بخشی از مس غیر قابل استفاده به مس قابل تبادل تبدیل می‌شود و همزمان مقدار مس آلی نیز افزایش می‌یابد (۴۰). از آنجا که اغلب عناصر غذایی در خاک غیرمتحرک هستند اضافه شدن قارچ میکوریزا به محیط رشد می‌تواند با افزایش وسعت دسترسی ریشه گیاه با تحریک فرایندهای معدنی شدن و جذب عناصر ضروری به افزایش غلظت آنها در بافت گیاهی کمک شایانی نماید. همزمانی مصرف فیلترکیک و میکوریزا باعث بهبود وضعیت بیولوژیکی قارچ همزیست می‌شود.

اثرات کاربرد فیلترکیک بر شاخص‌های کلونیزاسیون

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر استفاده از فیلترکیک بر شاخص‌های کلونیزاسیون شامل طول ریشه کلونی شده، وابستگی میکوریزایی و درصد کلونیزاسیون در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. با توجه به شکل ۱ با افزایش سطح کاربرد فیلترکیک از ۰ به ۳ درصد طول ریشه کلونی شده، وابستگی میکوریزایی و درصد کلونیزاسیون به ترتیب حدود ۵۱، ۲۲ و ۲۸ درصد افزایش می‌یابد. به غیر از طول ریشه کلونی شده در مورد سایر پارامترها افزایش ۱/۵ درصدی فیلترکیک، اثر معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. با توجه به نتایج بدست آمده استفاده از فیلترکیک نه تنها باعث کاهش شاخص‌های میکوریزایی نشده بلکه با افزایش این شاخص‌ها به عنوان عامل کلیدی جهت فراهمی سوبستراهای لازم برای قارچ‌های میکوریزا عمل کرده و با ترغیب همزیستی به تقویت پارامترهای عملکردی گیاه نیز کمک کرده است. استفاده از کودهای آلی مانند فیلترکیک حتی با وجود دارا بودن عناصر غذایی با توجه به سرعت آزاد شدن این مواد در محیط خاک می‌تواند اثری بر وابستگی میکوریزایی و شاخص‌های دیگر کلونیزاسیون نداشته باشد و آنها را کاهش ندهد. اما کودهای شیمیایی، عناصر را در زمان کم (بسیار سریع) و در شکل کاملاً محلول وارد خاک کرده و لذا از ایجاد همزیستی مناسب میان قارچ و گیاه میزبان ممانعت به عمل می‌آورند.

در حقیقت اثر متقابل فیلترکیک و میکوریزا در بسیاری از جنبه‌ها مثبت بوده و بصورت دوسویه باعث افزایش راندمان مصرف کود زیستی و کود آلی می‌گردد. بر اساس گزارشات موجود یکی از مشکلات اساسی در کاربرد کودهای آلی، کندی سرعت آزاد شدن عناصر غذایی در آنهاست که در نتیجه ممکن است زمان رهاسازی عناصر غذایی منطبق با نیاز گیاه نباشد. در این شرایط استفاده از کودهای بیولوژیکی مانند میکوریزا می‌تواند راهکار مناسبی برای افزایش کارایی این کودها باشد (۴۵). از آنجاییکه میکوریزا همزیست اجباری گیاه است، ارتباط میکوریزا و مواد آلی خاک رابطه غیرمستقیم است؛ با این حال گزارش شده است که میکوریزا به طور محسوسی به حضور مواد آلی در محیط رشد پاسخ مثبت نشان می‌دهد (۳۲) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در مقابل سینز و همکاران[2] (۵۲) به کاهش فعالیت میکوریزا توأم با مصرف کمپوست اشاره داشتند.

1- Muhammad and Khattak

2- Sainz *et al*.

جدول (۵) مقایسه میانگین‌های ترکیبات تیماری سطوح مختلف قارچ میکوریزا (میکوریزا= M_2، غیرمیکوریزا= M_1) و فیلترکیک (۰= F_1، ۱/۵= F_2، ۳= F_3 درصد) بر غلظت برخی از عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه گشنیز

Table (5) Mean comparison of treatments consist of Mycorrhiza (M_1=without, M_2=with) and Filtercake (F_1=0, F_2=1.5% and F_3=3%) on some nutrient concentration in aboveground part of coriander

میانگین (Mean)							
مس Cu ($mg\ kg^{-1}$)	روی Zn ($mg\ kg^{-1}$)	آهن Fe ($mg\ kg^{-1}$)	منیزیم Mg (%)	کلسیم Ca (%)	پتاسیم K (%)	فسفر P (%)	تیمار Treatment
17.0^{e}	16.2^{e}	33.6^{e}	0.18^{e}	0.17^{e}	3.28^{e}	0.15^{d}	M_1F_1
21.2^{d}	25.7^{d}	43.0^{d}	0.21^{d}	0.20^{de}	3.72^{d}	0.23^{cd}	M_1F_2
45.4^{b}	35.5^{c}	105^{b}	0.34^{b}	0.35^{b}	4.72^{c}	0.48^{b}	M_1F_3
21.6^{d}	24.3^{d}	37.2^{de}	0.20^{de}	0.18^{e}	4.62^{c}	0.28^{c}	M_2F_1
26.5^{c}	47.0^{b}	50.9^{c}	0.26^{c}	0.29^{c}	5.48^{b}	0.42^{b}	M_2F_2
61.8^{a}	68.1^{a}	114^{a}	0.38^{a}	0.39^{a}	6.19^{a}	0.73^{a}	M_2F_3

*میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.

*For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%

جدول (٦) تجزیه واریانس اثر فیلترکیک بر شاخص‌های کلونیزاسیون

Table (6) Analysis of variance of the effects of Filtercake on colonization parameters

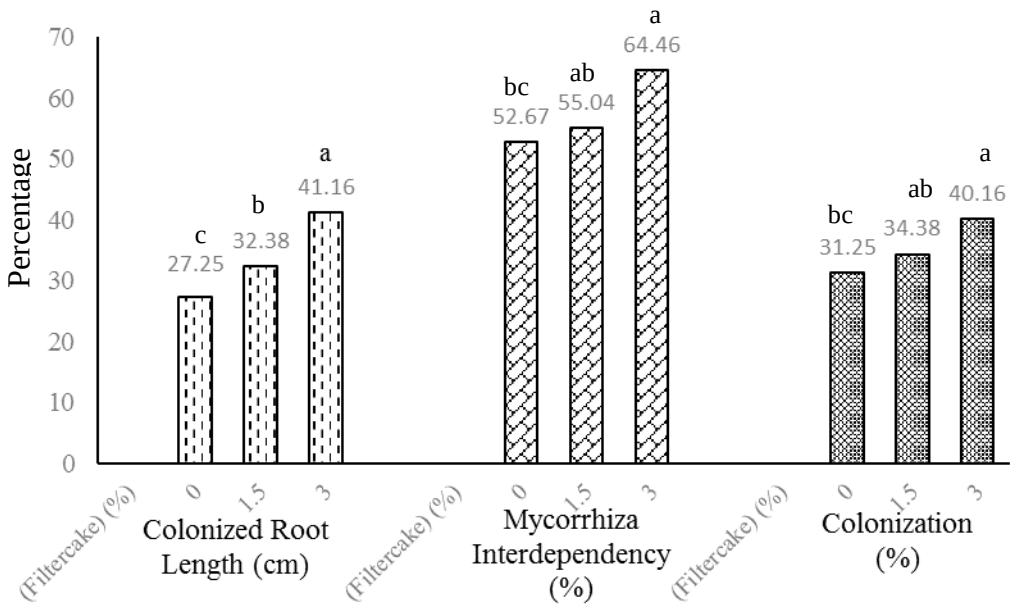
میانگین مربعات (Mean Square)				
درصد کلونیزاسیون Colonization Percentage	وابستگی میکوریزایی Mycorrhiza Interdependency	طول ریشه کلونی شده Colonized Root Length	df	منبع تغییرات Source of Variation
61.30^{**}	116.67^{**}	147.86^{**}	2	فیلترکیک (Filtercake)
7.15	4.80	12.95	8	خطا (Error)
7.58	3.81	10.69	-	CV (%)

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

** indicate that variances are significant at the level of 1%.

رایان و همکاران[1] (۵۰) گزارش کردند کاربرد کودهای آلی در مزارع ارگانیک باعث افزایش کلونی شدن میکوریزا و همچنین افزایش تنوع گونه‌های آن نسبت به مزارع رایج شد. لیندرمن و دیویس[2] (۳۸) با بررسی اثر کودهای آلی بر فعالیت میکوریزا گزارش کردند که استفاده از کمپوست باعث افزایش کارایی میکوریزا در جذب عناصر غذایی می‌شود. احتمالاً کاربرد کودهای آلی باعث افزایش زیست توده میکروبی خاک شده (۲۲) و از آنجا که میکوریزا دارای برهمکنش مثبت با سایر میکروارگانیسم‌های خاک است (۶) در نتیجه کارایی میکوریزا در شرایط استفاده از کودهای آلی تشدید می‌شود.

1- Ryan *et al.*
2- Linderman and Davis



شکل (۱) مقایسه شاخص‌های میکوریزایی شامل طول ریشه کلونی شده، وابستگی میکوریزایی و درصد کلونیزاسیون تحت تأثیر استفاده از فیلترکیک

***میانگین‌هایی که دارای حرف مشترک می‌باشند فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد می‌باشد.**

Figure (1) Mean comparison of Mycorrhiza parameters consist of colonized root length, Mycorrhiza interdependency and colonization percentage as affected by Filtercake application

***For all variables with the same letter, the difference between the means is not statistically significant at the level of 5%.**

نتیجه گیری

کاربرد همزمان فیلترکیک و میکوریزا باعث افزایش مؤلفه‌های رشدی گیاه گشنیز گردید به نحوی که در بسیاری از ویژگی‌های مورد بررسی حداکثر مقدار، در تیمار حاوی ۳ درصد فیلترکیک و میکوریزا مشاهده شد. اگرچه هر دو تیمار اصلاحی (فیلترکیک و میکوریزا) در افزایش غلظت عناصر ضروری گیاه بصورت مؤثر عمل کرده‌اند اما اثر میکوریزا در افزایش غلظت عناصر فسفر و روی بیش از اثر آن بر سایر عناصر بوده که این در مورد فیلترکیک بویژه در خصوص عناصر آهن، روی و مس مشاهده می‌شود. بنظر می‌رسد که ترکیب فیلترکیک-میکوریزا از طریق افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی در خاک و کاربرد جداگانه میکوریزا و فیلترکیک از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی به رشد بهتر گیاه می‌انجامد. قارچ‌های میکوریزی با کلنیزه کردن گیاه میزبان می‌توانند مواد غذایی به ویژه فسفر را توسط پل‌های هیف میکوریزایی منتقل کنند که این امر در استقرار و پایداری گیاه جوان و در ادامه در رشد و عملکرد آن بسیار حائز اهمیت است. استفاده از فیلترکیک به همراه میکوریزا نه تنها اثر کاهشی بر عملکرد میکوریزا نداشته بلکه با بهره‌مندی از اثرات متقابل مؤثر باعث بهبود عملکرد هردو کود آلی و زیستی می‌گردد.

منابع

1. Abdollahi, L. 2004. Management of nutrients and fertilizers in sugarcane. Journal of shekar shekan (81), Sugarcane Industry. (In Persian).

2. Aghababai, F., Raeesi, F. and Nadian, H. 2011. Effect of mycorrhiza symbiosis on nutrient uptake by almond plant in clay loam soil. Journal of Water and Soil Research. 25 (2). (In Persian with English Abstract).

3. Aka-Kacar, Y., Akpinar, C., Agar, A., Yalcin–Mendi, Y., Serce, S. and Ortas, I. 2010. The effect of mycorrhiza in nutrient uptake and biomass of cherry rootstock during acclimatization. Biotechnology, 15: 5246-5252.

4. Al-Amri, S., Elhindi, Kh. And Sharaf El-Din, A. 2016. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus Glomus mosseae and phosphorus application on plant growth rate, essential oil content and composition of coriander (Coriander sativum L.). Progress in Nutrition, 18 (4): 443-454.

5. Annual Sugarcane research center report. 2005. Amir Kabir research center. Part of water and soil. (In Persian).

6. Artursson, V., Finlay, R.D. and Jansson, J.K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environmental Microbiology, 8: 1-10.

7. Baon, J. B., Smith, S. E. and Alston , A. M. 1994. Growth response and phosphorus uptake of rye with long and short root hairs: Interactions with mycorrhizal infection. Plant and Soil, 167(2): 247-254.

8. Barman, J., Samanta, A., Saha, B. and Datta, S. 2016. Mycorrhiza. Resonance, pp: 1093-1104.

9. Barzaga, J.U., Pe´rez, J.A., Santana, J.A. 2004. Produccio´n de compost y resultados preliminares de su aplicacio´n en a´reas de la Empresa azucarera Dos Rı ´os. Jornada Cientı ´fica por el 40 Aniversario del Instituto Nacional de Investigaciones de la Can˜a de Azu´car. http://www.santiago.cu/hosting/etica/Sede40/tec/t13.htm.

10. Bastami, A. and Majidian, M. 2016. Effect of Mycorrhiza and phosphorous bio fertilizer and FYM on photosynthesis pigments and coriander production. Journal of Plant Production, 38 (4): 49-60. (In Persian with English Abstract).

11. Blackburn, F. 1984. Sugarcane. Tropical Agriculture Series. Longman, London and New York.

12. Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil, 134: 189-207.

13. Candan, N., and Tarhan, L. 2003. Change in chlorophyll–carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Zn–stressed *Mentha pulegium*. Turkish Journal of Chemistry, 27: 21-30.

14. Copetta, A. and Lingua Gand Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L.var. Genovese. Mycorrhiza, 16: 485-494.

15. Dasgupta, A. 1983. Anaerobic digestion of solid wastes of sugar cane industry. Ph.D Dissertation, University of Miami.

16. Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology, 28: 85-90.

17. Dotaniya, M.L. 2012. Crop residue management in rice-wheat cropping system: Lap Lambert Academic Publisher. Germany.

18. Dotaniya, M.L. and Datta, S.C. 2014. Impact of bagasse and press mud on availability and fixation capacity of phosphorus in an Inceptisol of north India. Sugar Technology, 16(1): 109-112.

19. Eghball, B., Binford, G. and Baltensperger. D. 1996. Phosphorus movement and adsorption in a soil receiving longterm manure and fertilizer application. Journal of Environmental Quality, 25: 1339-1343.

20. ElHaggar, S., Gowini, E.L. Nemerow, M.M., Veziroglu, N.L. 2005. Environmentally balanced industrial complex for the cane sugar industry in Egypt. Proceedings of International Hydrogen Energy Congress and Exhibition IHEC, Istanbul, Turkey.

21. Ercolin, F. and D. Reinhardt. 2011. Successful joint ventures of plant: Arbuscular Mycorrhiza and beyond. Trends Plant Science, 16: 356-362.

22. Fliessbach, A., and Mader, P. 2000. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. Soil Biology and Biochemistry, 32: 757-768.

23. Fotohi, F. and Shahin, M. 2003. Sugarcane Agronomy. Azad University, Dezful. p: 11. (In Persian).

24. Ghulam, S., Jamil, M.K., Usman, K. and Rehman, H. 2010. Impact of pressmud as organic amendment on Physico-chemical characteristics of calcareous soil. Sarhad Journal of Agriculture, 26 (4): 565-570.

25. Gianninazzi, S., Gollote, A., Binet, M.N., Van Tuinen, D., Redecker, D., Wipf, D. 2010. The key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. Agroecology, 20: 519-530.

26. Giri, B., Kapoor, R., & Mukerji, K.G. 2002. VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C., and Singh, J. (eds). Techniques in Mycorrhizal Studies Kluwer, Dordrecht, pp: 313-327.

27. Habte, M., and R.L. Fox. 1993. Effectiveness of VAM fungi in nonsterile soils before and after optimization of P in soil solution. Plant and Soil, 151:219-226.

28. Hamada, A. M. and EL-enaty, A.E. 1994. Effect of NaCl salinity on growth, pigment and mineral element. Content and gas exchange of broad bean and pea plants. Biologia Plantarum, 36: 75-81.

29. Higdon JD. C. 2009. Chlorophyll, its many wonders and benefits, Available from: http://www.lowchensaustralia.com/health/chlorophyll.htm.

30. Jesus, A. and Enriquez, D. 2001. Evaluation of Organic-Mineral Fertilizer of Filtercake on Yield and Quality of Sugarcane. Institute national of investigation, Mexico.

31. Jin, L., Wang, Q., Wang, X., Gange, A.C. 2016. Mycorrhizal-induced growth depression in plants. Symbiosis, 72: 81-8.

32. Joner, E.J. 2000. The effect of long-term fertilization with organic and inorganic fertilizers on mycorrhiza mediated phosphorus uptake in subterranean clover. Biology and Fertility of Soil, 32: 435-440.

33. Kalaivanan, D. and Hattab, K.O. 2016. Recycling of sugarcane industries by-products for preparation of enriched pressmud compost and its influence on growth and yield of rice (Oryza sativa L.). International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 5: 263-272.

34. Khan, A. G. 2005. Mycorrhizas and phytoremediation. In: Willey, N. (ed): method in biotechnology-phytoremediation: methods and reviews. Totowa, USA: Humana Press.

35. Khattak, R.A. and Khan, M.J. 2004. Evaluation, reclamation and management of saline sodic soils in Kohat division. Final Report. Department of Soil and Environmental Sciences, NWFP Agriculture University Peshawar. (NDP), Government of Pakistan.

36. Khosa, S.A., Khan, K.S., Akmal, M., Qureshi, Q. 2017. Microbial biomass dynamics and phosphorus availability in soil amended with compost, farmyard manure and sugarcane filter cake. International Journal of Biosciences, 11(1): 212-221.

37. Lichtenthaler, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of phytosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. 148: 350-382.

38. Linderman, R.G., and Davis, E.A. 2003. Soil amendment with different peatmosses affects mycorrhizae of onion. Horticulture Technology, 13: 285-289.

39. Mahmoodi, S., Parsamotlagh, B. Zahan, M. and Naghizadeh, M. 2011. Effect of micorrhiza and phosphorous fertilizer on photosynthesis pigments and nutrient content of been under salinity stress. Agroecology. 8 (2): 242-258. (In Persian with English Abstract).

40. Malakouti, M. J., Torabi, M. and Tabatabaei, S. J. 2000. Effect of Cd and Methods of Alleviation of its Concentration in Agricultural Productions. Manual 67. Tat press. Jahade- Keshavarzi Ministry. Tehran, Iran. (In Persian).

41. Monjezi, H., Moradi, M., Siyadat, A., Koochakzadeh, A. and Hamdi, H. 2015. Effect of Filtercake, chemical fertilizers and bio fertilizers on nutrient uptake by canola. Journal of Crop Production and Processing, 17: 193-201. (In Persian with English Abstract).

42. Muhammad, D. and Khattak, R.A. 2009. Growth and nutrients concentrations of maize in pressmud treated saline sodic soil. *Soil and Environment*, 28: 145-155.

43. Negim, O. 2015. Effect of Addition Pressmud and Gypsum by Product to Reclamation of Highly Calcareous Saline Sodic Soil. AASCIT Journal of Environment, 1(4): 76-84.

44. Ortas, I. 2008. Field trials on mycorrhizal inoculation in the eastern Mediterranean Horticultural region. In: F. Feldman., Kapulnik and j. Barr (eds). Mycorrhiza works Hannorer, Germany.

45. Perner, H., Schwarz, D., Bruns, C., Mader, P., and George, E. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. Mycorrhiza 17: 469- 474.

46. Poshtdar, A., Siedet, S. A., Abdali Mashhadi, A., Moosavi, S. A. and Hamdi, H. 2012. Comparison between application of PGPR bacteria and chemical fertilizers on quality and total silage yield of maize under different organic seed bed. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 713-717.

47. Qadir, M., Oster, J., Schubert, S., Noble, A. and Sahrawat, K. 2007. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. Advances in Agronomy, 96: 197- 247.

48. Rajkovich, S., Enders, A., Hanley, K., Hyland, C., Zimmerman, A. R. and Lehmann, J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. Biology and Fertility of Soils, 48(3): 271-284.

49. Rang Zan, N. (2012). Ph.D. Dissertation. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India.

50. Ryan, M.H., Small, D.R., and Ash, J.E. 2000. Phosphorus controls the level of colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in conventional and biodynamic irrigated dairy pastures. Australian Journal of Experimental Agriculture, 40: 663-670.

51. Saeidi, K., Sefidkon, F. and Babaei, A. 2014. Determination of carotenoids and lycopene content of dog-rose (Rosa canina L.) fruit in different regions of Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants.30 (5): 839-842.

52. Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil, 205: 85-92.

53. Seth, R., Chandra, R., Kumar, N. and Tyagi, A.K. 2005. Utilization of composted sugar industry waste (pressmud) to improve properties of sodic soil for rice cultivation. Journal of Environmental Science and Engineering, 47 (3): 212-217.

54. Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 4078p.

55. Smith, S. E. 1982. Inflow of phosphate into mycorrhizal and non-mycorrhizal plants of Trifolium subterraneum at different levels of soil phosphate. New Phytologist, 90(2): 293-303.

56. Tahat, M. M. and Sijan, K. 2012. Mycorrhizal fungi and abiotic environmental conditions relationship. Research Journal of Environmental Science, 6: 125-133.

57. Tarraf, W., Ruta, C., Tagarelli, A., De Cillis, F. and De Mastro, G. 2017. Influence of arbuscular mycorrhiza on plant growth, essential oil production and phosphorus uptake of Salvia officinalis L. Industrial Crops and Products, 102: 144-53.

58. Tekalign Tadese. 1991. Soil, plant, water, fertilizer, animal manure and compost analysis. Working Document No. 13. International Livestock Research Center for Africa, Addis Ababa.

59. Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect methcxil of estimating root length. Journal of Ecology, 63: 995-1001.

60. Tinker, P. B. 1975. Soil chemistry of phosphorus and mycorrhjzal effects on plant growth. In: F. E. Sanders, B. Masse and P. B. Tinker, eds. Endomycorrhizas: Proceedings of a Symposium held at the University of Leeds, 22-25 July, 1974. London: Academic Press, pp: 353-371.

61. Treseder, K. K. 2004. A meta-analysis of mycorrhizal responses to nitrogen, phosphorus and atmospheric CO_2 in feld studies. New Phytology, 164: 347-356.

62. Van antwerpen, R., Haynes, R. J., Meyer, J. H. and Hlanz, D. 2003. Assessing organic amendment used by sugarcane as growers for improving soil chemical biological properties. Proceeding of the institute of South African, 77: 293-304.

63. Verbruggen, E., van der Heijden, M.G.A., Rillig, M.C., Kiers, E.T. 2013. Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: factors determining inoculation success. New Phytology, 197: 1104-1109.

64. Wong, V.N.L., Greene, R.S.B., Dalal, R.C. and Murphy, B.W. 2010. Soil carbon dynamics in saline and sodic soils: a review. Soil Use Management, 26: 2-11.

65. Wu, Q.S., Y.N. Zou and G.Y. Wang. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi and acclimatization of micro propagated citrus. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42: 1825-1832.