نشریه زیست‌شناسی خاک / جلد 5 / شماره 2 / 1396
Archive of SID

اثر ورمی‌کمپوست و قارچ *رایزوفاگوس ایررگولاریس* بر عملکرد، جذب عناصر غذایی و محتوای کلروفیل دو رقم گندم

جمال شیخی، عبدالمجید رونقی، نجفعلی کریمیان، مهدی زارعی و سید مجید موسوی[1]

دانشجوی مقطع دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران؛ **sheikhi.jamal@gmail.com**

استاد بخش علوم خاک دانشگاه شیراز؛ **amronaghi@yahoo.com**

استاد فقید بخش علوم خاک دانشگاه شیراز؛ **karimian@shirazu.ac.ir**

دانشیار بخش علوم خاک دانشگاه شیراز؛ **mehdizarei20@yahoo.com**

دانشجوی مقطع دکتری، گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه تهران؛ **majid62mousavi@gmail.com**

دریافت: **95/8/1** و پذیرش: **96/4/12**

چکیده

استفاده از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و ورمی‌کمپوست در کشاورزی از نظر بهبود کیفیت خاک و ارتقای وضعیت تغذیه‌ای و رشد و عملکرد گیاهان، بعنوان یکی از دست‌آوردهای مهم و اثرگذار در تغذیه و حاصلخیزی خاک محسوب می‌شود. با هدف بررسی اثر ورمی‌کمپوست و قارچ *رایزوفاگوس ایررگولاریس* بر برخی پاسخ های رشد و تغذیه‌ای دو رقم گندم آزمایشی بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه اجرا گردید. تیمارهای مورد نظر شامل دو سطح قارچ، دو سطح ورمی‌کمپوست و دو رقم گندم بودند. نتایج نشان داد کاربرد ورمی‌کمپوست (بدون قارچ) میانگین عملکرد دانه و کاه و کلش را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب 57/8 و 65/6 درصد افزایش داد. عملکرد دانه و کاه و کلش، جذب کل فسفر، غلظت و جذب کل نیتروژن، جذب کل پتاسیم و کلنیزاسیون ریشه در رقم بهار به طور معنی‌داری بیشتر از رقم شیراز بود. کاربرد قارچ در رقم بهار میانگین غلظت و جذب کل فسفر و جذب کل نیتروژن کاه و کلش را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد ولی در رقم شیراز کاربرد قارچ اثر معنی‌داری بر غلظت و جذب این عناصر نداشت. در برهمکنش بین قارچ و رقم، در سطح دارای قارچ، رقم بهار با 35/48 درصد افزایش نسبت به رقم شیراز درصد کلنیزاسیون بیشتری را دارا بود ولی در سطح بدون قارچ ارقام اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. به‌طورکلی، رقم جدید بهار هم از لحاظ عملکرد اندام هوایی و هم از لحاظ پاسخ به کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریز بهتر از رقم شیراز بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، قارچ میکوریز آربوسکولار، گندم، ورمی‌کمپوست

[1] نویسنده مسئول، آدرس: کرج، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه علوم و مهندسی خاک

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

اثرات مستقیم و غیر مستقیم قارچ‌های میکوریزی بر جذب عناصر غذایی و رشد گیاهان به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. در میان اثرهای مستقیم قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، جذب عناصر غذایی معدنی از خاک به وسیله هیف‌های قارچی و انتقال ثانویه به گیاه، بؤیژه برای عناصر پر مصرف مانند فسفر (لی و همکاران، 1997)، پتاسیم (لیو و همکاران، 2002)، نیتروژن (آمیس و همکاران، 1983)، کلسیم و منیزیم (لیو و همکاران، 2002) و برای عناصر کم مصرف مثل روی (چن و همکاران، 2003) و مس (لی و همکاران، 1991) گزارش شده است. لامبرت و همکاران (1980) مشاهده کردند که برقراری همزیستی میکوریز آربوسکولار با گیاهان سبب افزایش توانایی ریشه گیاهان در جذب و انتقال فسفر و عناصر غذایی دیگر مانند مس، روی، آهن، و کلسیم می‌گردد. هگو و آنگل (1990) در آزمایش گلدانی با استفاده از خاک‌هایی با سطوح مختلف عناصر غذایی نشان دادند که اثر قارچ میکوریز آربوسکولار بر جذب عناصر غذایی به غلظت آنها در خاک بستگی دارد.

ورمی‌کمپوست از تجزیه زیستی مواد آلی از طریق برهمکنش بین کرم‌های خاکی و ریزجاندارن دیگر حاصل می‌شوند (سلاکو و همکاران، 2009) که به دلیل تخلخل بالا، تهویه خوب، زهکشی بالا، ظرفیت نگهداری آب بالا و فعالیت میکروبی بالا اهمیت ویژه‌ای دارد (عطیه و همکاران، 2000). اهمیت تولید ورمی‌کمپوست حداقل از دو جنبه مهم می‌باشد، نخست اینکه حجم زیادی از مواد زاید آلی با این روش بازیافت می‌شود که از نظر اقتصادی و محیط زیست مهم است و دوم اینکه استفاده از ورمی‌کمپوست تولید شده در اراضی کشاورزی می‌تواند سبب بهبود کیفیت خاک و افزایش رشد گیاهان شود (فرجی و همکاران، 1385). تحقیقات زیادی به اثر مثبت ورمی‌کمپوست در افزایش رشد و عملکرد گیاهان مختلف زراعی و گلخانه‌ای اشاره داشته‌اند. آلام و همکاران (2007) در یک آزمایش مزرعه‌ای اثر سطوح ورمی-کمپوست (2/5، 5 و 10 تن در هکتار) و کودهای شیمیایی را بر رشد و عملکرد سیب زمینی در خاک‌های بنگلادش بررسی کردند.

آنان به این نتیجه رسیدند که اثر کاربرد تلفیقی ورمی‌کمپوست و کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد بر رشد و عملکرد گیاه سیب‌زمینی معنی‌دار بوده است. در این آزمایش بیشترین تولید غده‌های سیب زمینی زمانی بود که 10 تن ورمی‌کمپوست در هکتار همراه با کودهای شیمیایی به کار برده شده بود و کمترین آن زمانی بود که 2/5 تن ورمی‌کمپوست در هکتار بدون کودهای شیمیایی به کار رفته بود. همدا و همکاران (2007) در آزمایش گلخانه‌ای اثر سطوح کمپوست و ورمی‌کمپوست بدست آمده از ساقه برنج را بر رشد سورگوم و کلنیزاسیون میکوریزی بررسی کردند. آنان به این نتیجه رسیدند که کاربرد 2/5 تن کمپوست و ورمی‌کمپوست در هکتار بر افزایش طول اندام هوایی (یک تا 12 درصد)، سطح برگ (20 تا 34 درصد)، زیست توده گیاه (9 تا 27 درصد)، حجم ریشه و کلنیزاسیون میکوریزی معنی‌دار بوده است. اما کاربرد مقدار پنج تا 10 تن کمپوست و ورمی‌کمپوست در هکتار با آنکه بر کلنیزاسیون میکوریزی اثری نداشته است ولی باعث شد ماده خشک گیاهی کاهش نشان دهد. روبرت و همکاران (2007) با بررسی اثر کاربرد یک، 10 و 30 تن ورمی‌کمپوست در هکتار در خاک روی گندم در دو آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای به این نتیجه رسیدند که کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی و بدون استفاده از کودهای NPK نمی‌تواند جایگزینی برای کودهای معدنی در تولید با عملکرد بالا باشد.

در مطالعات دیگری از جنبه‌های مختلف اثرگذاری بر خصوصیات خاک و بهبود کیفیت آن و همچنین مطالعه پاسخ‌های رشد، عملکرد و وضعیت تغذیه‌ای گیاهان تحت تیمار با مصرف همزمان ورمی-کمپوست و تلقیح قارچ میکوریز مورد بررسی قرار گرفته است (کاوندر و همکاران، 2003؛ جین و همکاران، 2012؛ سوزا و همکاران، 2012). جین و همکاران (2012) گزارش دادند که مصرف همزمان ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریز اسیدیته‌ی خاک را افزایش داد و علت آن را تحریک رشد و فعالیت جامعه میکروبی خاک دانستند، که این افزایش اسیدیته اثرگزاری مثبتی بر افزایش فراهمی عناصر تغذیه‌ای (بویژه عناصر کم مصرف) و در نهایت بهبود رشد و عملکرد گیاه نشان داد.

در حالی‌که کاوندر و همکاران (2003) در مطالعه مشابهی اینگونه بیان کردند که اثر منفی ورمی-کمپوست بر روی کلونیزاسیون میکوریزایی خیلی بیشتر از اثر مثبت آن بر بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌باشد که با یافته‌ی سوزا و همکاران (2012) تناقض داشت. آنها اثر خالص مثبت ورمی‌کمپوست بر کلونیزاسیون ریشه‌های سویا را گزارش دادند و دلیل آن را انتقال و جذب مواد هومیکی ناشی از تجزیه ورمی‌کمپوست در میسل‌های قارچ میکوریز بیان کردند. بنابراین نتیجه‌های بدست آمده متفاوت می‌باشد که دلیل تفاوت به منبع ماده اولیه مصرفی در تولید ورمی‌کمپوست، خصوصیات خاک و نوع گیاه تحت کشت بر می‌گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

گندم (*Triticumaestivum* L.) در بین غلات بصورت یک محصول استراتژیک در جهان مورد توجه می‌باشد که بیشترین سطح زیر کشت (بیش از 250 میلیون هکتار) و بالاترین میزان تولید (بیش از 500 میلیون تن) را در بین گیاهان مختلف زراعی دنیا، دارا می‌باشد و غذای اصلی مردم جهان به شمار می‌رود (مسعودی‌فر و محمد خانی، 1384). هتریک و همکاران (1993) مشاهده کردند که ارقام جدید گندم پاسخ‌دهی کمتری به قارچ میکوریزی نسبت به تعداد زیادی از گراس‌های بومی دارد. آنان اظهار کردند که عملیات به‌نژادی مدرن پاسخ‌دهی به همزیستی میکوریزی را کاهش داده است. تجزیه‌های ژنتیکی نشان داده است که ژن‌های مسئول در تعیین پاسخ گندم به قارچ میکوریز ممکن است از ژنوم D (هتریک و همکاران، 1993) یا ژنوم B (هتریک و همکاران، 2010) در گندم مشتق شده باشند. پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر قارچ میکوریز آربوسکولار و ورمی‌کمپوست بر رشد و غلظت عناصر غذایی و همچنین تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه ارقام گندم بهار (رقم جدیدتر) و شیراز (رقم قدیمی تر) انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی برخی پاسخ‌های رشد و تغذیه‌ای دو رقم گندم به کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار و ورمی‌کمپوست، آزمایشی در شرایط گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال 1389طراحی و اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح قارچ (با و بدون قارچ) گونه‌ی *رایزوفاگوس ایررگولاریس* (*Rhizophagus irregularis*) (تهیه شده از بانک ژن بخش علوم خاک دانشگاه شیراز)، دو سطح ورمی‌کمپوست (صفر و یک درصد وزنی) و دو رقم گندم (بهار (رقم جدیدتر) و شیراز (رقم قدیمی تر) بود. جهت انجام این تحقیق، خاک به مقدار کافی از افق سطحی (عمق صفر تا 20 سانتی متری) از سری چیتگر با نام علمی Fine-loamy carbonatic, Typic Calcixerepts جمع آوری شد. پس از هوا خشک کردن خاک و عبور از الک دو میلی متری، برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن با استفاده از روش‌های استاندارد تعیین گردید (جدول 1).

ابتدا نمونه‌های سه کیلوگرمی خاک را درون کیسه‌های پلاستیکی ریخته و تیمار ورمی‌کمپوست و کلیه عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک، شامل نیتروژن، فسفر، روی، آهن، منگنز و مس، بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک به ترتیب به مقدار 75 (از منبع اوره)، 20 (از منبع سوپر فسفات تریپل)، 10 (از منبع سکوسترین آهن)، 10 (از منبع سولفات روی)، 10 (از منبع سولفات منگنز) و پنج (از منبع سولفات مس) با خاک مخلوط گردید. پس از خشک شدن، خاک درون کیسه کاملاً مخلوط و به گلدان‌های سه کیلوگرمی انتقال داده شد. نیتروژن در دو مرحله، قبل و شش هفته بعد از کشت (در هر مرحله 75 میلی‌گرم بر کیلوگرم)، به گلدان-ها افزوده شد. کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده، محصول شرکت مواد آلی کیان پارس شیراز بود. پس از خشک شدن ورمی‌کمپوست در هوا و عبور از الک دو میلی‌متری، بعضی ویژگی‌های آن شامل پ هاش و قابلیت هدایت الکتریکی در نسبت 1:5(ورمی‌کمپوست به آب)، نیتروژن و ماده آلی مشابه با روش‌های توصیه شده برای خاک، فسفر به روش مولیبدات – وانادات (کیو، 1996)، پتاسیم به روش شعله سنجی، و عناصر روی، مس، آهن، منگنز به روش خشک سوزانی و حل خاکستر در اسید کلریدریک دو مولار و در نهایت قرائت توسط دستگاه جذب اتمی (مدل شیمادزو) اندازه‌گیری شد (جدول 1).

در هنگام کاشت در تیمارهای دارای قارچ، مقدار 50 گرم از زادمایه قارچ (12 اسپور در هر گرم بستره) در هر گلدان در عمق پنج سانتی‌متری از سطح خاک پخش گردید و روی آن مقدار کافی خاک ریخته و سپس بذرها کاشته شد به طوری که زادمایه قارچ در عمق یک سانتی متری زیر بذر قرار گرفت. در تیمارهای شاهد بدون قارچ، مقدار 50 گرم از خاک گلدانهای شاهد (بدون قارچ) نگهداری شده در کشت تله‌ای استفاده شد. در هر گلدان 10 عدد بذر گندم که قبلاً با هیپوکلریت سدیم 1% ضدعفونی سطحی شده بودند کاشته شد. بعد از جوانه زنی و استقرار گیاهان تعداد آنها به پنج بوته، که به طور یکنواخت در سطح گلدان قرار گرفته بود، کاهش داده شد. آبیاری گلدان‌ها در طول فصل رشد با آب مقطر در حد رطوبت ظرفیت مزرعه صورت گرفت. کلروفیل برگ ارقام گندم در دو مرحله رویشی و زایشی با استفاده از کلروفیل متر دستی (مدل SPAD-502) اندازه‌گیری شد (رونقی و همکاران، 1380). گیاهان تا مرحله رفتن به دانه در گلدان‌ها نگهداری شدند. پس از مشاهده زردی کامل خوشه‌ها در هر گلدان، آبیاری گلدان‌ها متوقف و خوشه‌ها از محل ساقه جدا و در پاکت‌های کاغذی نگهداری شدند. سپس کل گیاه از محل طوقه قطع و همراه با خوشه‌ها در دمای 65 درجه سلسیوس در آون تا رسیدن به وزن ثابت خشک و سپس دانه و کاه و کلش گیاهان جدا و توزین و جهت تجزیه‌های شیمیایی آماده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

برای تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه مقدار یک تا دو گرم از ریشه های نازک و ظریف هر گلدان پس از انتخاب و جداسازی با استفاده از قیچی به پتری دیش منتقل شد. سپس به منظور حذف ذرات خاک ریشه ها با آب شسته شد و تا هنگام استفاده در لوله‌های آزمایش حاوی محلول تثبیت کننده فرمالین-اسید استیک-الکل (FAA) با غلظت 36%- 98%- 50% و با نسبت 5-5-90 نگهداری شدند. قبل از شروع رنگ آمیزی، ریشه های تثبیت شده در FAA با آب معمولی شستشو گردیدند.

جدول 1- برخی ویژگی‌های خاک و ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

	ویژگی	مقدار	ویژگی	مقدار
خاک	شن (%)	25	نیتروژن کل (%)	0/047
	سیلت (%)	63	فسفر قابل دسترس ($mg\ kg^{-1}$)	4/8
	رس (%)	12	پتاسیم قابل جذب (%)	211
	پ هاش	7/8	آهن ($mg\ kg^{-1}$)	3/4
	کربنات کلسیم معادل (%)	45	روی ($mg\ kg^{-1}$)	0/7
	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	0/7	منگنز ($mg\ kg^{-1}$)	3/4
	ماده آلی (%)	1/34	مس ($mg\ kg^{-1}$)	1/5
	ظرفیت تبادل کاتیونی ($cmol_c\ kg^{-1}$)	10/2		
ورمی‌کمپوست	پ هاش(1:5 آب : کمپوست)	7/75	پتاسیم (%)	1
	قابلیت هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	5/8	سدیم کل ($mg\ kg^{-1}$)	3274
	ماده آلی (%)	44/2	آهن کل ($mg\ kg^{-1}$)	3174
	کربن آلی (%)	25/6	روی کل ($mg\ kg^{-1}$)	112/3
	نیتروژن کل (%)	2/15	منگنز کل ($mg\ kg^{-1}$)	248/8
	فسفر کل (%)	1/42	مس کل ($mg\ kg^{-1}$)	28/7

به منظور آماده سازی و لیز کردن دیواره سلولی، ابتدا نمونه های ریشه در داخل لوله آزمایش، به مدت 24 ساعت در محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) هشت درصد قرار گرفت. سپس با آب معمولی شستشو و به مدت سه تا پنج دقیقه در اسید کلریدریک 1% نگهداری شدند. در مرحله رنگ آمیزی اسید را دور ریخته و بدون شستشو و به همان حالت اسیدی بر روی ریشه‌ها محلول رنگی فوشین اسید، اضافه گردید. محلول رنگی فوشین اسید شامل 30 میلی‌گرم رنگ فوشین اسید به ازای 100 میلی لیتر محلول رنگ بر می‌باشد. محلول رنگ بر شامل: 1 میلی لیتر آب مقطر، 1 میلی لیتر گلیسرین و 14 میلی لیتر اسید لاکتیک است. بعد از 24 ساعت محلول رنگی را به طور کامل خارج کرده و به منظور حذف رنگ‌های اضافی، محلول رنگ بر، روی ریشه‌ها ریخته شد. پس از 1 الی 2 ساعت در ظرف پتری که زیر آن کاغذ شبکه‌بندی شده با ابعاد 1cm × 1cm قرار گرفته (روش تقاطع خطوط شبکه)، ریشه‌های رنگ آمیزی شده را به طور تصادفی پخش، و تعداد خطوط متقاطع کلنیزه شده به وسیله استریو میکروسکوپ با بزرگنمایی 70 شمارش و درصد کلنیزاسیون ریشه تعیین گردید (کورمانیک و مک گرا، 1982).

برای انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی، عصاره-گیری از نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش استاندارد هضم خشک انجام شد. غلظت فسفر به روش مولیبدات–وانادات (کیو 1996) در طول موج 450 نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر، غلظت نیتروژن کل به روش کلدال و غلظت پتاسیم به روش شعله سنجی تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده های جمع آوری شده با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها در سطح پنج درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و کاه و کلش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ورمی-کمپوست و رقم بر عملکرد دانه و کاه و کلش گندم معنی‌دار بود ولی اثر قارچ میکوریز آربوسکولار (قارچ) و بر همکنش ها معنی‌دار نبود (جدول 2). بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار دارای ورمی‌کمپوست (بدون کاربرد قارچ) و برای رقم بهار بود هرچند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت. کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار دارای قارچ (بدون کاربرد ورمی‌کمپوست) برای رقم شیراز بود هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر مشاهده نشد (جدول 3). موسوی و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران (1391) و موسوی و همکاران (2017) نیز در مطالعه‌ای اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر رشد و عملکرد دانه در گیاه برنج را گزارش دادند و محتوای بالای عناصر تغذیه‌ی و ماده آلی ورمی‌کمپوست مصرفی در ارتقای کیفیت خاک را علت اصلی دانستند. کاربرد قارچ در رقم بهار عملکرد دانه و کاه و کلش را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب 12/2 و 16/8 درصد افزایش داد هر چند برای عملکرد دانه از نظر آماری معنی‌دار نبود، ولی کاربرد قارچ بر عملکرد دانه و کاه و کلش رقم شیراز تأثیر معنی-داری نداشت. کاربرد ورمی‌کمپوست (بدون قارچ) میانگین عملکرد دانه و کاه و کلش گندم را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب 57/8 و 65/6 درصد افزایش داد (جدول 3).در دیگر پژوهش های انجام شده کاربرد ورمی‌کمپوست عملکرد دانه برنج (تژادا و گونزالز،2009)، عملکرد میوه بادمجان (مرادی توچاووی و همکاران، 2011)، عملکرد میوه گوجه فرنگی (جوشی و پال ویگ، 2010) را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است. رقم بهار دارای میانگین عملکرد دانه و کاه و کلش بیشتری به ترتیب به میزان 9/3 و 8/3 درصد نسبت به رقم شیراز بود که به برتری ژنتیکی رقم بهار، که رقم جدیدتری نسبت به رقم شیراز بود، در پاسخ مثبت به ورمیکمپوست مصرفی بر می‌گردد (جدول 3).

غلظت و جذب کل فسفر کاه و کلش

تجزیه واریانس نشان داد اثر قارچ میکوریز آربوسکولار و ورمی‌کمپوست بر غلظت و جذب کل فسفر و نیز اثر رقم بر جذب کل فسفر معنی‌دار بود.

اثر بر همکنش قارچ و رقم بر غلظت و جذب کل فسفر معنی‌دار بود (جدول 2).کاربرد قارچ در رقم بهار غلظت و جذب کل فسفر را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب 19/5 و 40/5 درصد افزایش داد (جدول 4). کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد میانگین غلظت و جذب کل فسفر را به ترتیب 15/8 و 92/9 درصد افزایش داد (جدول 4). میانگین جذب کل فسفر در رقم بهار در مقایسه با رقم شیراز 13 درصد بیشتر بود (جدول 4). در برهمکنش قارچ و رقم، کاربرد قارچ در رقم بهار غلظت و جذب کل فسفر کاه و کلش را به طور معنی‌داری افزایش داد ولی در رقم شیراز اثر قارچ معنی‌دار نبود (شکل‌های 1 و 2). حبشی و همکاران (حبشی و همکاران، 2008) گزارش کردند که در یک خاک آهکی کاربرد کمپوست آلی جذب فسفر را در ذرت به طور معنی‌داری افزایش داد، که دلایل افزایش آن را به بهبود قابلیت دسترسی فسفر و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه افزودن ماده آلی عنوان نموده‌اند. زارعی (1382) گزارش کرد کاربرد قارچ میکوریز آربوسکولار میانگین جذب فسفر را در اندام هوایی عدس به طور معنی‌داری افزایش داد. اثر قارچ‌های میکوریز در جذب عناصر غذایی به مقدار عنصر قابل جذب، نوع خاک، نوع گیاه و نوع قارچ همزیست بستگی دارد (هیگو و آنجل، 1990).

جدول 2- تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز (M) و ورمی‌کمپوست (V) بر عملکرد دانه و کاه و کلش، غلظت و جذب عناصر غذایی پر مصرف کاه و کلش، کلنیزاسیون ریشه، و کلروفیل برگ دو رقم (C) گندم

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه	عملکرد کاه و کلش	غلظت P	جذب P	غلظت N	جذب N
C	1	15/63*	10/48*	2087/20ns	4/29*	0/02*	1923/91**
M	1	3/18ns	0/87ns	9722/98*	4/41*	0/007ns	36/91ns
V	1	306/81***	324/14***	24215/14***	92/23***	0/11***	654/57*
C × M	1	5/24ns	3/36ns	6374/65*	4/42*	0/01ns	593/91*
C × V	1	3/98ns	0/92ns	77/13ns	0/00ns	0/01ns	182/52ns
M × V	1	6/86ns	2/31ns	441/16ns	0/01ns	0/00ns	107/37ns
C × M × V	1	0/96ns	1/02ns	7/60ns	0/01ns	0/01ns	243/73ns
		غلظت K	جذب K	کلنیزاسیون ریشه	کلروفیل مرحله‌رویشی		کلروفیل مرحله زایشی
C	1	0/00ns	6451/60*	219/86***	253/5**		153/82**
M	1	0/01ns	263/38ns	5975/60***	6/83ns		0/50ns
V	1	0/03ns	161870/8***	40/98**	82/51***		0/04ns
C × M	1	0/07ns	52/26ns	202/65***	0/01ns		0/05ns
C × V	1	0/08ns	674/64ns	2/64ns	0/12ns		7/64ns
M × V	1	0/048ns	3/92ns	1/83ns	0/77ns		15/42ns
C × M × V	1	0/06ns	48/01ns	0/77ns	0/18ns		46/65ns

***، ** و * به ترتیب در سطح 0/1، 1 و 5 درصد معنی‌دار است. ns از لحاظ آماری معنی‌دار نیست.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 3- اثر قارچ میکوریز (M) و ورمی‌کمپوست (V) بر عملکرد دانه و کاه و کلش ارقام گندم بهار و شیراز

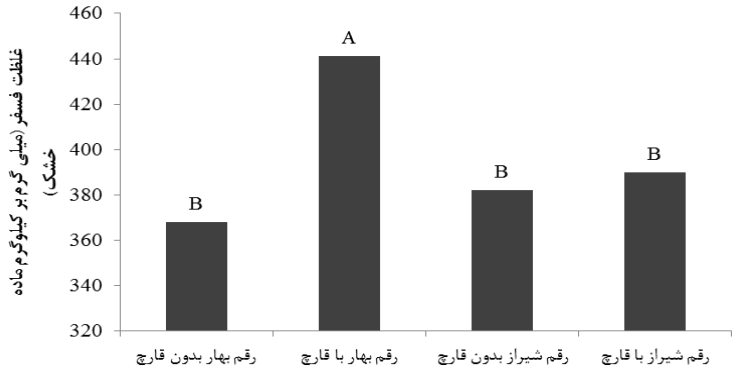
رقم	تیمار خاک				میانگین
	شاهد	V	M	V + M	
	عملکرد دانه (گرم در گلدان)				
بهار	14/80 cd*	22/60 a	16/60 c	21/30 ab	18/80 A
شیراز	13/70 d	22/30 ab	12/70 d	20/00 b	17/20 B
میانگین	14/20 C	22/40 A	14/60 C	20/70 B	
	عملکرد کاه و کلش (گرم در گلدان)				
بهار	12/50 c	20/40 a	14/60 b	20/50 a	17/00 A
شیراز	11/90 c	19/80 a	11/70 c	19/30 a	15/70 B
میانگین	12/20 B	20/20 A	13/20 B	19/90 A	

*در هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول 4- اثر قارچ میکوریز آربوسکولار (M) وورمیکمپوست (V) بر غلظت و جذب کل فسفر کاه و کلش ارقام گندم بهار و شیراز

رقم	تیمار خاک				میانگین
	شاهد	V	M	V + M	
	غلظت فسفر (درصد)				
بهار	0/034 d*	0/040 b-d	0/040 bc	0/048 a	0/041 A
شیراز	0/036 cd	0/041 bc	0/036 cd	0/043 ab	0/039 A
میانگین	0/035 C	0/040 B	0/038 BC	0/045 A	
	جذب کل فسفر (میلی گرم در گلدان)				
بهار	4/2 d	8/1 b	5/9 c	9/8 a	7 A
شیراز	4/3 d	8/1 b	4/2 d	8/2 b	6/2 B
میانگین	4/2 B	8/1 A	5/1 B	9 A	

*در هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



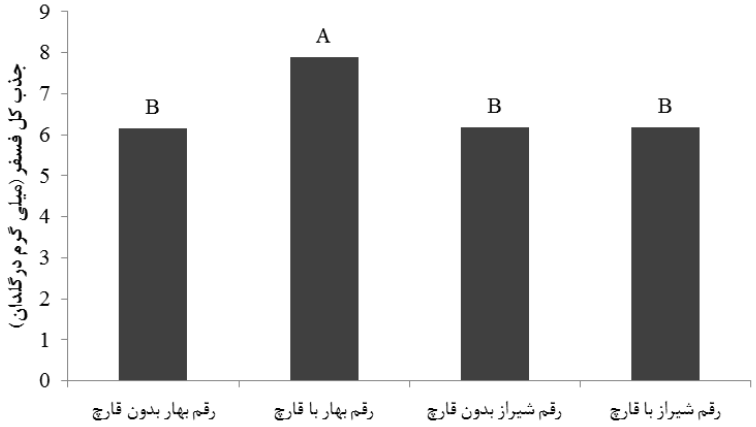
شکل 1- مقایسه میانگین اثر برهمکنش قارچ و رقم بر غلظت فسفر کاه و کلش (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک)

www.SID.ir

Archive of SID

غلظت و جذب کل نیتروژن کاه و کلش

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) اثر رقم و ورمی‌کمپوست بر غلظت و جذب کل نیتروژن کاه و کلش معنی‌دار بود، همچنین اثر برهمکنش قارچ و رقم نیز بر جذب کل نیتروژن کاه و کلش معنی‌دار بود. بیشترین غلظت و جذب کل نیتروژن به ترتیب در تیمار دارای قارچ (بدون ورمی‌کمپوست) و تیمار دارای قارچ و ورمی‌کمپوست برای رقم بهار به دست آمد اگر چه اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر وجود نداشت. همچنین، کمترین غلظت و جذب کل نیتروژن به ترتیب در تیمار دارای قارچ و ورمی‌کمپوست و تیمار قارچ برای رقم شیراز به دست آمد که با برخی تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 5). کاربرد ورمی-کمپوست غلظت نیتروژن کاه و کلش را 27/5 درصد کاهش داد ولی جذب کل نیتروژن را 24/2 درصد افزایش داد (جدول 4 و 5). غلظت و جذب کل نیتروژن در رقم بهار در مقایسه با رقم شیراز به ترتیب 14/6 و 29/6 درصد بیشتر بود (جدول 5).



شکل 2- مقایسه میانگین اثر برهمکنش قارچ و رقم بر جذب کل فسفر کاه و کلش (میلی‌گرم در گلدان)

در اثر برهمکنش رقم و قارچ بیشترین و کمترین جذب کل نیتروژن به ترتیب در رقم بهار (با کاربرد قارچ) و رقم شیراز (با کاربرد قارچ) به دست آمد. کاربرد قارچ در رقم بهار جذب کل نیتروژن را در مقایسه با شاهد (بدون قارچ) به طور معنی‌داری به میزان 17/2 درصد افزایش داد ولی در رقم شیراز کاربرد قارچ اثر معنی‌داری بر جذب کل نیتروژن نداشت (شکل 3).گیاه میزبان می‌تواند تا 25 درصد از نیاز نیتروژنی خود را از طریق رابطه همزیستی با میکوریز تأمین کند (مارشنر و دل، 1994) کوماری و یوشاکوماری 2002) گزارش کردند که کاربرد 20 تن ورمی‌کمپوست در هکتار جذب نیتروژن را به طور معنی‌داری نسبت به سطح بدون کاربرد آن افزایش داد.

غلظت و جذب کل پتاسیم کاه و کلش

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر عامل‌ها و برهمکنش عامل ها بر غلظت پتاسیم معنی دار نبود ولی اثر رقم و ورمی‌کمپوست بر غلظت کل پتاسیم معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین جذب کل پتاسیم به ترتیب مربوط به تیمار دارای ورمی‌کمپوست و قارچ برای رقم بهار و تیمار شاهد برای رقم شیراز بود هرچند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت (جدول 6). کاربرد ورمی‌کمپوست (بدون قارچ) در مقایسه تیمار شاهد میانگین جذب کل پتاسیم را 55 درصد افزایش داد. (جدول 6). کوماری و یوشاکوماری (2002) گزارش کردند که کاربرد 20 تن ورمی‌کمپوست در هکتار به طور معنی‌داری جذب پتاسیم را نسبت به سطح بدون کاربرد آن افزایش داد.

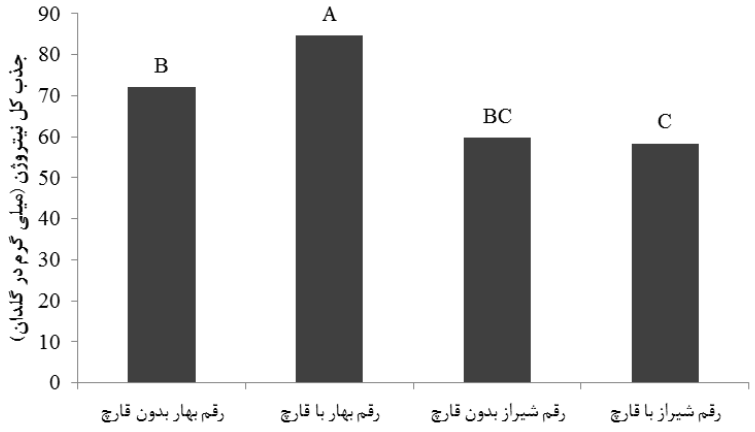
www.SID.ir

Archive of SID

جدول 5- اثر قارچ میکوریز آربوسکولار (M) و ورمی‌کمپوست (V) روی غلظت و جذب کل نیتروژن کاه و کلش ارقام گندم بهار و شیراز

رقم	تیمار خاک				میانگین
	شاهد	V	M	V + M	
	غلظت نیتروژن (درصد ماده خشک)				
بهار	0/48 ab*	0/42 b-d	0/56 a	0/43 b-d	0/47 A
شیراز	0/53 ab	0/33 cd	0/45 a-c	0/31 d	0/41 B
میانگین	0/51 A	0/37 B	0/51 A	0/37 B	
	جذب کل نیتروژن (میلی گرم در گلدان)				
بهار	58/9 b	85/4 a	81/9 a	87/3 a	78/4 A
شیراز	62/8 b	65/6 b	53/2 b	60/3 b	60/5 B
میانگین	60/8 B	75/5 A	67/6 AB	73/8 A	

*در هر پارامتر اندازه گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل 3- مقایسه میانگین اثر برهمکنش قارچ و رقم بر جذب کل نیتروژن کاه و کلش (میلی‌گرم در گلدان)

درصد کلنیزاسیون ریشه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) اثر رقم، قارچ، ورمی‌کمپوست و برهمکنش قارچ و رقم بر درصد کلنیزاسیون ریشه معنی‌دار بود. با توجه به داده‌های جدول 7، بیشترین درصد کلنیزاسیون ریشه در تیمار دارای قارچ و ورمی‌کمپوست و مربوط به رقم بهار بود و کمترین درصد کلنیزاسیون ریشه در تیمار شاهد (بدون قارچ و ورمی‌کمپوست) و مربوط به هر دو رقم بهار و شیراز بود. کاربرد قارچ میکوریز، میانگین درصد کلنیزاسیون ریشه را نسبت به سطح بدون قارچ میکوریزی به طور معنی‌داری افزایش داد. کاربرد ورمی‌کمپوست به طور معنی‌داری کلنیزاسیون ریشه را افزایش داد برای تفسیر این یافته باید بیان کرد که ورمی‌کمپوست مصرفی خود از یک طرف منبع با ارزشی از مواد محرک مؤثر در کلونیزاسیون ریشه بوده و از طرف دیگر این احتمال وجود دارد که ورمی‌کمپوست مصرفی محتوی قارچ‌های میکوریزی دیگری باشد که در کلونیزاسیون ریشه نقش مثبتی ایفا می‌کنند. سوزا و همکاران (2012) نیز در مطالعه مشابهی اثرگزاری مثبت ورمی‌کمپوست بر کلونیزاسیون ریشه در گیاه سویا را گزارش دادند که نقش میسل‌های قارچ در جذب مواد هومیکی ناشی از تجزیه ورمی-کمپوست را مهم دانستند. ارقام گندم از لحاظ پاسخ به همزیستی با قارچ میکوریز دارای اختلاف معنی‌داری بودند به طوری که در رقم بهار درصد کلنیزاسیون ریشه بیشتر از رقم شیراز بود. در برهمکنش بین قارچ و رقم (شکل 4)، در سطح دارای قارچ، رقم بهار درصد

www.SID.ir

Archive of SID

کلنیزاسیون بیشتری را دارا بود ولی در سطح بدون قارچ ارقام اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. محققان مختلف گزارش نمودند که کلنیزاسیون قارچ میکوریزی در بین گیاهان و ارقام مختلف آنها متفاوت است. زو و همکاران (2001) در یک آزمایش گلخانه‌ای، پاسخ‌دهی میکوریزی را در بین ارقام قدیمی و مدرن گندم در استرالیا بررسی کردند. آنان بیان نمودند که پاسخ مثبت ریشه گیاه به کلونیزاسیون با قارچ میکوریز (پاسخ‌دهی میکوریزی[1]) در ارقام مدرن نسبت به ارقام قدیمی پایین تر بوده است و این نشان می‌دهد که برنامه های به نژادی مدرن ممکن است پاسخ دهی به قارچ میکوریز آربوسکولار را در ارقام گندم مدرن کاهش داده باشد. کویدی و همکاران (1988) بیان کرد که یولاف زراعی نسبت به یولاف وحشی به روابط همزیستی با قارچ میکوریزی بهتر پاسخ می‌دهد. برله و کویدی ،چن و همکاران (2003) اظهار نظر کردند که ارقام جدید گوجه‌فرنگی نسبت به ارقام قدیمی به کلنیزاسیون میکوریزی پاسخ بهتری داده‌اند.

کلروفیل برگ

تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که درمرحله رشد رویشی اثر رقم و ورمی‌کمپوست بر قرائت های کلروفیل متر گندم معنی‌دار بود. با توجه به داده‌های جدول 7، در مرحله رشد رویشی بالاترین قرائت های کلروفیل متر مربوط به اثر توأم قارچ میکوریز و ورمی-کمپوست در رقم شیراز بود هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت و کمترین قرائت‌های کلروفیل متر مربوط به تیمار شاهد (بدون کاربرد قارچ و ورمی‌کمپوست) در رقم بهار بود هر چند اختلاف معنی-داری با تیمار داری قارچ (بدون کاربرد ورمی‌کمپوست) در رقم بهار نداشت. کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با تیمار شاهد (بدون کاربرد قارچ و ورمی‌کمپوست) میانگین کلروفیل برگ رویشی را 9/2 درصد افزایش داد و میانگین قرائت کلروفیل رقم شیراز در مقایسه با رقم بهار 14/9 درصد بیشتر بود (جدول 7). اثر مثبت ورمی‌کمپوست مصرفی و همچنین کودهای آلی دیگر در افزایش محتوای کلروفیل گیاه تحت کشت توسط موسوی و همکاران (1391)؛ موسوی و همکاران (2013) و موسوی و همکاران (2017) نیز گزارش گردید. محتوای قابل توجه نیتروژن کود مصرفی و افزایش در جذب آن توسط گیاه علت اصلی این افزایش محسوب می‌شود.

با توجه با داده‌های جدول تجزیه واریانس (جدول 2) در مرحله رشد زایشی تنها اثر رقم بر قرائت کلروفیل برگ گندم معنی‌دار بود. درمرحله رشدزایشی بالاترین قرائت کلروفیل مربوط به اثر توأم قارچ میکوریز و ورمی‌کمپوست در رقم شیراز بود هر چند اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت و کمترین قرائت کلروفیل مربوط به اثر توأم قارچ میکوریز و ورمی-کمپوست در رقم بهار بود و از این نظر اختلاف معنی‌داری با برخی از تیمارهای دیگر نداشت (جدول 7). میانگین قرائت کلروفیل رقم شیراز در مقایسه با رقم بهار 12/9 درصد بیشتر بود (جدول 7). با توجه به شکل 5، میانگین اعداد قرائت شده توسط کلروفیل‌متر دستی در مرحله رشد رویشی به طور معنی‌داری بیشتر از مرحله رشد زایشی بود. میانگین کلروفیل برگ رقم شیراز در مقایسه با رقم بهار 13/9 درصد بیشتر بود. کاربرد قارچ میکوریز در مقایسه با سطح بدون قارچ میکوریز میانگین کلروفیل برگ را 1/6 درصد افزایش داد هر چند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نبود. کاربرد ورمی‌کمپوست در مقایسه با سطح بدون کاربرد ورمی‌کمپوست میانگین کلروفیل برگ را 4/4 درصد افزایش داد (شکل 5).

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر بیشترین میانگین عملکرد دانه و کاه و کلش گندم در تیمار دارای ورمی‌کمپوست (بدون کاربرد قارچ) به دست آمد به طوری که کاربرد ورمی-کمپوست (بدون کاربرد قارچ) میانگین عملکرد دانه و کاه و کلش گندم را در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب 57/8 و 65/6 درصد افزایش داد. برای توجیه این یافته می‌توان اینگونه بیان کرد که با توجه به محتوای بالای برخی عناصر تغذیه‌ای در ورمی‌کمپوست مورد مطالعه و همچنین احتمال حضور یک سری مواد بازدارنده/کند کننده فعالیت قارچ میکوریزی در ورمی‌کمپوست مصرفی، در نتیجه‌ی اعمال همزمان قارچ میکوریزی و ورمی-کمپوست کاهش در کلونیزاسیون ریشه و یک سری پاسخ‌های احتمالی منفی در رشد ریشه اتفاق افتاده که در نهایت به کاهش در جذب عناصر توسط گیاه و کاهش در میانگین عملکرد گیاه ختم شده است که نیاز به تحقیقات بیشتر در این زمینه پیشنهاد می‌گردد. عملکرد دانه و کاه و کلش، جذب کل فسفر، غلظت و جذب کل نیتروژن، جذب کل پتاسیم و کلنیزاسیون ریشه در رقم بهار به طور معنی‌داری بیشتر از رقم شیراز بود که این احتمالاً به برتری ژنتیکی رقم جدید بهار نسبت به رقم قدیمی‌تر یعنی شیراز، در پاسخ به تیمارهای اعمال شده برمی‌گردد. در برهمکنش بین قارچ و رقم، کاربرد قارچ در رقم بهار میانگین غلظت و جذب کل فسفر و جذب کل نیتروژن کاه و کلش را در مقایسه با شاهد (بدون قارچ) به طور

[1] Mycorrhizal Responsiveness

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری افزایش داد ولی در رقم شیراز کاربرد قارچ اثر معنی‌داری نداشت. در تیمار دارای قارچ، رقم بهار درصد کلنیزاسیون بیشتری را دارا بود ولی در سطح بدون قارچ ارقام اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که رقم جدید بهار هم از لحاظ عملکرد اندام هوایی و هم از لحاظ پاسخ به کاربرد ورمی‌کمپوست و قارچ میکوریز بهتر از رقم شیراز بود.

سپاسگزاری

از بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز برای فراهم نمودن امکانات و ایجاد تسهیلات لازم برای انجام این پژوهش، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول 6- اثر قارچ میکوریز آربوسکولار (M) و ورمی‌کمپوست (V) روی غلظت و جذب کل پتاسیم کاه و کلش ارقام گندم بهار و شیراز

رقم	تیمار خاک				میانگین
	شاهد	V	M	V + M	
	غلظت پتاسیم (درصد ماده خشک)				
بهار	2/50 a*	2/35 a	2/17 a	2/40 a	2/35 A
شیراز	2/41 a	2/23 a	2/5 a	2/3 a	2/36 A
میانگین	2/46 A	2/29 A	2/33 A	2/35 A	
	جذب کل پتاسیم (میلی گرم در گلدان)				
بهار	308 b	481 a	315 b	492 a	399 A
شیراز	286 b	443 a	293 b	443 a	366 B
میانگین	298 B	462 A	304 B	468 A	

*در هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

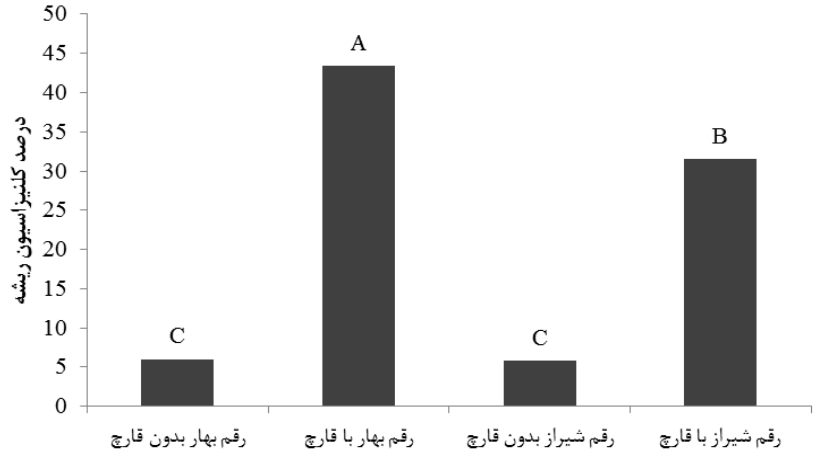
جدول 7- اثر قارچ میکوریز (M) و ورمی‌کمپوست (V) بر روی کلنیزاسیون و کلروفیل برگ ارقام گندم بهار و شیراز

رقم	تیمار خاک				میانگین
	شاهد	V	M	V + M	
	کلنیزاسیون (درصد)				
بهار	4/3 e*	7/7 d	42 b	45 a	25 A
شیراز	4/3 e	7/2 de	31 c	32 c	19 B
میانگین	4/3 D	4/5 C	36 B	38 A	
	قرائت کلروفیل متر در مرحله رشد رویشی				
بهار	40/92 d	45/3 bc	42/48 cd	45/8 bc	43/63 B
شیراز	47/7 b	51/45 a	48/98 ab	52/37 a	50/13 A
میانگین	44/31 B	48/38 A	45/73 B	49/08 A	
	قرائت کلروفیل متر در مرحله رشد زایشی				
بهار	39/08 b	39/22 b	40/47 ab	38/23 b	39/25 B
شیراز	45/72 ab	42/53 ab	41/7 ab	47/3 a	44/31 A
میانگین	42/4 A	40/88 A	41/08 A	42/77 A	

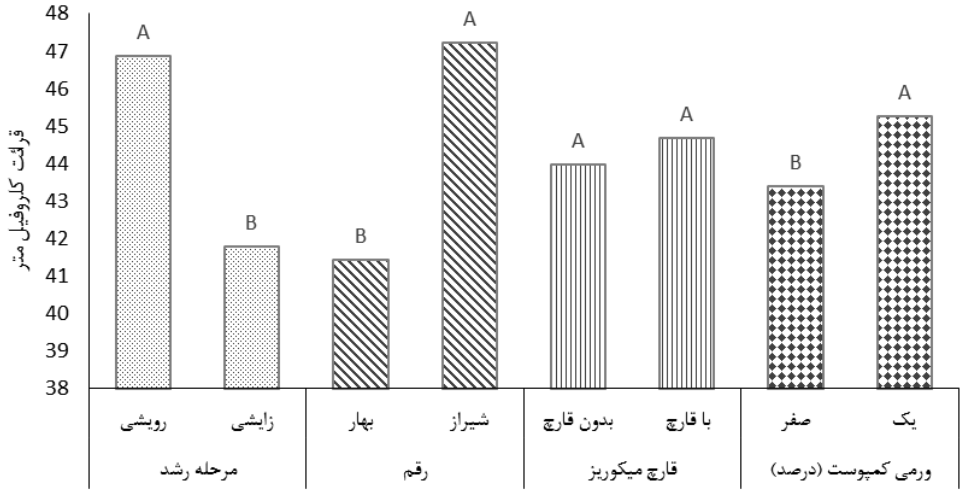
*در هر پارامتر اندازه‌گیری شده، اعدادی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف کوچک یا در یک حرف بزرگ مشترک می‌باشند از لحاظ آماری با آزمون دانکن در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 4- مقایسه میانگین اثر برهمکنش قارچ و رقم بر درصد کلنیزاسیون ریشه گندم



شکل 5- مقایسه میانگین اثر مرحله رشد، رقم، قارچ میکوریز و ورمی‌کمپوست روی کلروفیل برگ گندم

فهرست منابع:

1. رونقی، ع. پرویزی، ی. و کریمیان، ن. 1380. تأثیر نیتروژن و منگنز بر رشد و ترکیب شیمیایی اسفناج. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد 5، شماره 4، ص 82-71.
2. زارعی، م. 1382. بررسی اثرات متقابل سویه‌های ریزوبیومی حل کننده فسفات و قارچ‌های میکوریزی وزیکولار-آربوسکولار در رشد و جذب فسفر گیاه عدس. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران.
3. فرجی، ذ. علیخانی، ح. ثواقبی، غ. و صالح راستین، ن. 1385. فناوری ورمی‌کمپوست، حلقه‌ای جایگزین در چرخه مواد، جهت نیل به بهداشت محیط زیست و توسعه پایدار. اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.
4. مسعودی فر، ا. محمد خانی، و ع. 1384. بررسی تراکم بوته بر خصوصیات کیفی گندم *Triticumaestivum*L. رقم کوهدشت در شرایط دیم گنبد. مجله زیست شناسی ایران، جلد 18، شماره 1، ص. 69-76.

www.SID.ir

Archive of SID

5. موسوی، س.م. بهمنیار، م.ع. و پیردشتی، ه. 1391. واکنش گیاه برنج به کاربرد چندساله ورمی‌کمپوست به صورت جداگانه و غنی شده با کودهای شیمیایی مختلف. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. 5(2): 35-19.

6. Alam, M. N. Jahan, M. S. Ali, M. K. Ashraf, M. A. and Islam, M. K. 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield, and yield components of potato in Barind soils of Bangladesh. J. Appl. Sci. Res. 3(12): 1879-1888.
7. Ames, R.N. Reid, C.P.P. Porter, L.K. and Cambardella, C. 1983. .Hyphal uptake and transport of nitrogen from two ^{15}N-labelled sources by *Glomusmosseae*, a vesicular-arbuscularmycorrhizal fungus. New Phytol. 95:381–396.
8. Atiyeh, R.M. Subler, S. Edwards, C.A. Bachman, G. Metzger, J.D. and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 44: 579-590.
9. Bryla, D.R. and Koide, R.T. 1990. Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. II. Eight wild accessions and two cultivars of *Lycopersiconesculentum* Mill. Oecologia 84: 82–92.
10. Cavender, N., Atiyeh, R., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots ol Sorghum hicolor at the expense of plant growth. *Pedobiologia*, *47*, 85– 89.
11. Chen, B.D. Li, X.L. Tao, H.Q. Christie, P. and Wong, M.H. 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in calcareous soil spiked with various quantities of zinc. Chemosphere 50(6): 839-846.
12. Habashy, N.R. Abou El-Khair, A.W. and Zaki, R.N. 2008. Effect of organic and bio-fertilizers on phosphorus and some micronutrients availability in a calcareous soil. Res. J. Agric. and Biol. Sci. 4(5): 545-552.
13. Hameeda, B. Harini1, G. Rupela1, O.P. and Reddy, G. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. Afr. J. Biotechnol. 1: 009-012.
14. Heggo, A. and Angle, S. 1990. Effects of vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi on heavy metal uptake by soybeans. Soil Biol. Biochem. 22: 865-869.
15. Heggo, A. and Angle, S. 1990. Effects of vesicular-arbuscularmycorrhizal fungi on heavy metal uptake by soybeans. Soil Biol. Biochem. 22: 865-869.
16. Hetrick, B. A. D. Wilson, G. W. T. and Cox, T. S. 1993. Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars and ancestors: A synthesis. Can. J. Bot. 71: 512–518.
17. Hetrick, B.A.D. Wilson, G.W.T. Gill, B.S. and Cox, T.S. 1995. Chromosome location of mycorrhizal responsive genes in wheat. Can. J. Bot. 73(3): 891 897.
18. Jain, M. C., Sharma, M. K., Bhatnagar, P., Meena, M., and Yadav, R. K. 2012. Effect of Mycorrhiza and Vermicompost on Properties of Vertisol Soil and Leaf Content of Nagpur Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). *Asian Journal of Horticulture, 7* (2), 528–532.
19. Joshi, R. and Pal Vig A. 2010. Effect of Vermicompost on Growth, Yield and Quality of Tomato (Lycopersicumesculentum L). African Journal of Basic & Applied Sciences 2 (3-4): 117-123.
20. Koide, R.T. Li, M. Lewis, J. and Irby, C. 1988. Role of mycorrhizal infection in the growth and reproduction of wild vs. cultivated plants. I. Wild vs. cultivated oats. Oecologia 77: 537–543.
21. Kormanik, P.P. and McGraw, A.C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscularmycorrhizae in plant roots. P. 37-45. In: Schenck, N. C. (ed.) Methods and principles of mycorrhizal research. The American Phytopathological Society, St. Paul.

www.SID.ir

Archive of SID

22. Kumari, M.S. and Ushakumari, K. 2002. Effect of vermicompost enriched with rock phosphate on the yield and uptake of nutrients in cowpea (*ViganaUnguiculata* L. Walp). J. Tropical Agric. 40:27-30.
23. Kuo, S. 1996. Phosphorus. P. 869-920. In: Sparks, D. L. et al., (ed) methods of soil analysis part III, 3rd ed. Am. Soc. Agron., Madison. W I.
24. Lambert, D.H. Cole, H. and Baker, D.E. 1980. Variation in the response of alfalfa clones and cultivars to mycorrhizae and phosphorus. Crop Sci. Soc. Am. 20:615-618.
25. Li, X.L. George, E. Marschner, H. and Zhang, J.L. 1997. Phosphorusacquisition from compacted soil by hyphae of a mycorrhizalfungus associated with red clover (*Trifoliumpratense*). Can J.Bot. 75:723–729.
26. Li, X. L. Marschner, H. and Romheld, V. 1991. Aquisition of phosphorus and copper by VA-mycorrhizal hyphae and root to shoot transport in white clover. Plant Soil 136: 49-57.
27. Liu, A. Hamel, C. Elmi, A. Costa, C. Ma. and Smith, D.L. 2002. Concentrations of K, Ca and Mg in maize colonised by arbuscularmycorrhizal fungi under field conditions. Can. J. Soil Sci. 82(3): 271-278.
28. Marschner, H. and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil 159: 89-102.
29. Moraditochaee, M. Bozorgi, H.R. and Halajisani, N. 2011. Effects of Vermicompost Application and Nitrogen Fertilizer Rates on Fruit Yield and Several Attributes of Eggplant (Solanummelongena L.) in Iran. World Applied Sciences Journal 15 (2): 174-178.
30. Mousavi, S.M. Bahmanyar, M.A. and Pirdashti, H.A. 2013. Phytoavailability of some micronutrients (Zn and Cu), heavy metals (Pb, Cd), and yield of rice affected by sewage sludge perennial application. Communications in soil Science and Plant Analysis 44: 3246–3258.
31. Mousavi, S.M. Bahmanyar, M.A. and Pirdashti, H.A. 2017. Nutritional (Fe, Mn, Ni and Cr) and growth responses of rice plant affected by two biosolids. Environmental Monitoring and Assessment 189:340, DOI 10.1007/s10661-017-6050-z.
32. Roberts, P. Edwards-Jones, G. and Jones, D.L. 2007. Yield responses of wheat (triticum aestivum) to vermicompost applications. Compost Science and Utilization, 15 (1): 6-15.
33. Sallaku, G. Babaj, I. Kaciu, S. and Balliu, A. 2009. The influence of vermicompost on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumissativus* L.) seedlings under saline conditions. J. Food Agric. Environ., 7(3-4): 869-872.
34. Sousa, C. da S., Menezes, R. S. C., Sampaio, E. V. de S., Oehl, F., Maia, L. C., Garrido, M. da S., and Lima, F. de S. 2012. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi after organic fertilization in maize, cowpea and cotton intercropping systems. Acta Scientarum, 34 (2), 149–156.
35. Tejada, M. and González, J.L. 2009. Application of two vermicomposts on a rice crop: effects on soil biological properties and rice quality and yield. Agron. J. 101:336-344.
36. Zhu, Y.G. Smith, S.E. Barritt, A.R. and Smith, F.A. 2001. Phosphorus (P) efficiencies and mycorrhizal responsiveness of old and modern wheat cultivars. Plant Soil 237**:** 249–255.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of vermicompost and *Rhizophagus irregularis* fungi on yield, nutrient uptake and chlorophyll content of two wheat cultivars

J. Sheikhy, A. M. Ronaghi, N. A. Karimian, M. Zarei, and S. M. Mousavi[1]
Ph.D Candidate of Soil Science, University of Tehran; E-mail: sheikhi.jamal@gmail.com
Professor of Soil Science, University of Shiraz; E-mail: amronaghi@yahoo.com
Professor of Soil Science, University of Shiraz; E-mail: karimian@shirazu.ac.ir
Associate professor of Soil Science, University of Shiraz; E-mail: mehdizarei@yahoo.com
Ph.D Candidate of Soil Science, University of Tehran; E-mail: majid62mousavi@gmail.com
Received: October, 2016 & Accepted: July, 2017

Abstract

Application of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and vermicompost in agriculture as promoting factors to improve the soil quality and plant nutrition, plant growth and yield, is considered as an important and valuable findings in soil fertility and plant nutrition. In order to study the effect of vermicompost and *Rhizophagus irregularis* fungi on some growth and nutritional responses of two wheat cultivars, a factorial experiment was conducted in completely randomized design (CRD) in greenhouse conditions. Treatments were included: two levels of *Rhizophagus irregularis* fungi (with and without fungi), two levels of vermicompost (with and without) and two wheat cultivars (Bahar and Shiraz). The results showed that the application of vermicompost increased the mean grain and straw yields of wheat cultivars by 57.8% and 65.6%, respectively, compared to the control. So that, grain and straw yields, total uptake of P, concentration and total uptake of N, total uptake of K and the percentage of root colonization in Bahar cultivar were significantly higher than Shiraz cultivar. The same results obtained in *Rhizophagus irregularis* fungi treatment. Remarkable increase was observed in the concentration and total uptake of P and N in straw for Bahar cultivar compared to the control. Whereas there is no significant effect on Shiraz cultivar. *Rhizophagus irregularis* fungi also induced higher root colonization for Bahar cultivar (35.48% increase) compared to Shiraz cultivar. In general, Bahar cultivar was superior to Shiraz cultivar both in term of shoot yield and response to vermicompost and fungi application.

Keywords: Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Vermicompost, Wheat, Yield.

[1]. Corresponding author: Soil Science Department, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University college of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj.

www.SID.ir