Archive of SID

میزان تجمع عناصر غذایی در ریشه، کاه و کلش و خاک گندم دیم تحت کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا

رحیم ناصری[1*]، مهرشاد براری[2]، محمدجواد زارع[3]، کاظم خاوازی[4]، زهرا طهماسبی[2]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۳/۳۰)

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* بر میزان تجمع باقیمانده عناصر غذایی در ریشه، کاه و کلش و خاک گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان در مزرعه دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم دیم در دو سطح (کراس‌سبلان و ساجی) و تیمار منابع کودی در هشت سطح شامل: ۱- تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی، Control)، ۲-۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (50 kg ha^{-1} P)، ۳- باکتری *سودوموناس پوتیدا* (PSB)، ۴- قارچ *گلوموس موسه* (GM)، ۵- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه* (PSB+GM)، ۶- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (PSB+GM+25 kg ha^{-1} P)، ۷- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (PSB+25 kg ha^{-1} P) و ۸- قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (GM+25 kg ha^{-1} P) بودند. نتایج تجزیه مرکب این پژوهش نشان داد که اثر برهم‌کنش رقم×منابع کودی بر تجمع باقیمانده عناصر غذایی موجود در ریشه، کاه و کلش و خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا موجب افزایش غلظت نیتروژن، پتاسیم، اهن و مس موجود در خاک گردید و دارای کم‌ترین غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز، اهن، مس و منیزیم در ریشه و کاه و کلش بودند. بیش‌ترین غلظت نیتروژن، پتاسیم، آهن و مس موجود در خاک پس از برداشت در رقم ساجی در GM + 25 kg ha^{-1} P بدست آمد. ریشه و کاه و کلش گندم دارای بیش‌ترین غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز، آهن، مس و منیزیم در رقم کراس‌سبلان در تیمار شاهد (Control) بودند.

واژه‌های کلیدی: عناصر غذایی، فسفر، منابع کودی، میکروارگانیسم

ناصری ر.، براری م، زارع م. ج.، خاوازی ک.، طهماسبی ز. ۱۳۹۸. میزان تجمع عناصر غذایی در ریشه، کاه و کلش و خاک گندم دیم تحت کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا. تحقیقات کاربردی خاک. جلد۷. شماره ۴. صفحه: ۱۹۵-۱۷۹.

۱- دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام (مکاتبه کننده)
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
۴- استادپژوهش، موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج
* پست الکترونیک: rahim.naseri@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سطح زیر کشت گندم در ایران حدود شش میلیون هکتار برآورده شده است که ۳/۸ میلیون هکتار آن کشت دیم می‌باشدکه معادل تقریباً ۶۵ درصد می‌باشد، متوسط عملکرد گندم دیم در ایران ۹۲۰ کیلوگرم در هکتار است (Ministry of Agriculture- Jahad, 2016). با توجه به این که عملکرد گندم دیم در ایران بسیار پایین بوده و سطح قابل توجهی از مناطق تحت کشت گندم ایران را دیم‌زارها تشکیل می‌دهند، بنابراین بررسی راهکارهای لازم برای افزایش میزان محصول در واحد سطح ضرورت دارد (Khosravi & Mahmoudi, 2013). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد، گروه ویژه‌ای از میکروارگانیسم‌های خاک بوده که با کلونیزاسیون در محیط ریشه باعث افزایش رشد و کارآیی گیاه از طریق فرآیندهای مستقیم و غیر مستقیم می‌شوند (Naseri *et al*., 2017a). یکی از مهم‌ترین روابط همزیستی در عالم حیات که در طی دوره تکامل به وجود آمده است، همزیستی میکوریزایی می‌باشد که در آن، ریشه گیاه با قارچ به صورت یک واحد زنده فعالیت می‌کنند و از یکدیگر سود برده و به رشد یکدیگر کمک می‌کنند (Naseri *et al*., 2017b). گزارش‌های متعددی در خصوص تغییرات عناصر غذایی ناشی از فعالیت زیستی در ریزوسفر گیاهان و افزایش ذخیره عناصر غذایی گزارش شده است، قارچ میکوریزا از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان و کاهش عناصر غذایی اطراف ریشه، به غلظت عناصر غذایی کمک می‌کند (Khosrojerdi *et al*., 2013). باکتری‌های حل‌کننده فسفات با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه، باعث حل شدن فسفات و کاتیون مس و در نتیجه افزایش میزان دسترسی به این عناصر و افزایش غلظت آن‌ها توسط گیاه نخود زراعی شد (Sahni *et al*., 2008). استیکن و همکاران (Esitken *et al*., 2010) نیز در پژوهشی نشان دادند که کاربرد باکتری *سودوموناس* میزان عنصر روی برگ‌ها را افزایش داد. پنهوار و همکاران (Panhwar *et al*., 2012) گزارش کردند تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفات باعث افزایش دسترسی فسفر خاک و غلظت فسفر هوایی برنج شده است. شارداوامان و برنارد فلینو (Sharda Waman & Bernard Felinov, 2009) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح قارچ‌های *گلوموس موسه* و *اینترارادیسز* سبب افزایش پتاسیم گیاهان شد. از آنجا که تحقیقات زیادی در مورد کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر گندم در شرایط دیم در کشور و به‌ویژه در استان ایلام گزارش نشده است، آزمایش حاضر با هدف بررسی اثر باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* بر میزان غلظت عناصر غذایی موجود در ریشه، کاه و کلش و خاک بعد از برداشت نهایی به منظور نقش این میکروارگانیسم‌ها بر نحوه تجمع جذب عناصر غذایی و در نهایت عملکرد دانه در دو رقم گندم دیم با همکاری دانشگاه ایلام و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا بر میزان تجمع عناصر غذایی باقیمانده در ریشه، کاه و کلش و خاک گندم در شرایط دیم، آزمایشی مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو مکان در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام (با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۷ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا برابر با ۱۱۷۴ متر) و ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله (با عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۵ دقیقه و با طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۶ دقیقه و ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا) در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل عامل رقم گندم در دو سطح (کراس‌سبلان و ساجی) و تیمار منابع کودی در هشت سطح شامل: ۱- تیمار شاهد (عدم مصرف هیچ منبع کودی) (Control)، ۲- ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (50 kg ha^{-1} P)، ۳- باکتری *سودوموناس پوتیدا* (PSB)، ۴- قارچ *گلوموس موسه* (GM)، ۵- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه* (PSB+GM)، ۶- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+ قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (PSB+GM+25 kg ha^{-1} P)، ۷- باکتری *سودوموناس پوتیدا*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر (PSB+25 kg ha^{-1} P) و ۸- قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر

www.SID.ir

Archive of SID

(GM+25 kg ha^{-1} P) بودند. ابعاد هر کرت هشت مترمربع، تعداد خطوط هشت ردیف و طول هر ردیف چهار متر و فاصله هر تکرار یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایش شامل هشت خط کاشت با فاصله ۲۵ سانتی‌متر و طول چهار متر در نظر گرفته شد. باکتری *سودوموناس پوتیدا* سویه ۱۶۸ (به صورت محلول) و قارچ *گلوموس موسه* (به صورت پودر) مورد استفاده در این پژوهش از بخش تحقیقات بیولوژی خاک، موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد. برای تلقیح بذور گندم به میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری *سودوموناس* زنده و فعال بود و قارچ *گلوموس موسه* که هر گرم آن دارای ۱۵۰ اسپور زنده بود، استفاده شد. پس از آغشته کردن بذور با باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* و چرخاندن بذور در داخل ظرف به مدت چند دقیقه ادامه یافت تا مایه تلقیح به کمک صمغ عربی به خوبی سطح بذور را (تلقیح به صورت بذر مال) پوشش دهد. بذور تیمار شده به مدت ده دقیقه روی سطح تمیز، در سایه قرار داده شدند تا خشک شوند. پس از تهیه کردن بستر کاشت، بذور تلقیح شده در شیارهای ایجاد شده قرار داده شدند. مشخصات باکتری *سودوموناس پوتیدا* در جدول ۱ ارایه شده است. آمار هواشناسی محل مورد آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. مقدار بذر مصرفی برای هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم بود. کودهای نیتروژن و فسفر بر اساس آزمون خاک (جدول ۳) مورد استفاده قرار گرفتند. کود اوره به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله (در هنگام کاشت و شروع ساقه‌دهی) به زمین داده شد و کود سوپرفسفات تریپل به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت فقط مصرف گردید. اندازه‌گیری عناصر غذایی موجود در ریشه، کاه و کلش و خاک پس از برداشت نهایی، پس از نمونه گیری و انتقال به آزمایشگاه صورت گرفت. غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم ریشه و کاه و کلش بترتیب به روش کجلدال[1]، اُلسِن[2] و دستگاه فلیم فتومتر[3] اندازه-گیری شدند (Emami, 1996). برای اندازه‌گیری نیتروژن خاک از روش کجلدال استفاده شد، بدین منظور پس از برداشت محصول از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک اقدام به نمونه‌گیری از خاک شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب از محلول استات آمونیوم (NH_4OAC) یک نرمال استفاده شد. اندازه‌گیری فسفر به روش اُلسِن صورت گرفت. اندازه‌گیری عناصر ریزمغذی به روش DTPA انجام گرفت (Khoshgoftarmanesh, 2007). تجزیه و تحلیل داده-های آزمایش با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و نمودارها با نرم افزار Excel ترسیم شدند.

1. Kjeldahl
2. Olsen
3. Flame photometers

نتایج و بحث

نیتروژن

میزان غلظت عنصر نیتروژن با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر نیتروژن در ریشه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg/ha P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۶۷/۱ درصدی در میزان غلظت عنصر نیتروژن در ریشه شد (جدول ۷). بیش‌ترین عنصر نیتروژن در کاه و کلش از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۳۴/۱ درصدی در میزان غلظت عنصر نیتروژن در کاه و کلش شد (جدول ۷). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر نیتروژن در خاک از رقم کراس‌سبلان و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P و کم‌ترین آن از رقم ساجی و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۳۳/۳ درصدی در میزان غلظت عنصر نیتروژن در خاک شد (جدول ۷). در این پژوهش مشاهده شد که اثر ساده مکان بر میزان غلظت عنصر نیتروژن در ریشه معنی‌دار شد (جدول ۴). تغییرات ریخت‌شناسی ریشه از طریق افزایش حجم خاک در دسترس ریشه، افزایش ترشحات ریشه‌ای و هم‌چنین افزایش وزن یا طول ریشه باعث افزایش غلظت عناصر غذایی و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌شوند (Baghban-Tabiat& Rasouli-

www.SID.ir

Archive of SID

(Sadaghiani, 2012). رودرش و همکاران (Rudresh *et al*., 2005) نشان دادند که باکتری‌های حل کننده فسفات غلظت نیتروژن در دانه و اندام‌های هوایی در گیاه زراعی نخود را افزایش داد. تلقیح گیاه با باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد می‌تواند باعث افزایش نیتروژن کل گیاه، افزایش عملکرد دانه گیاه شد (Amiri *et al*., 2013). حضور کودهای زیستی می‌تواند باعث بهبود ویژگی‌های خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و هم‌چنین عناصر ریز مغذی می‌شود، این اثرات در حضور کودهای شیمیایی تشدید می‌شود (Eydizadeh *et al*., 2010) و از طریق گسترش ریشه موجب افزایش غلظت عناصر غذایی گردیده باشد، اثرات مثبت کودهای زیستی در حضور کودهای شیمیایی به علت فراهم کردن بیش‌تر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن تشدید می‌شود (Amiri Farsani *et al*., 2013). علاوه بر فسفر، نیتروژن نیز جزء عناصری است که تحقیقات نشان داده گیاهان میکوریزایی آن را بیش‌تر جذب کرده‌اند. بهبود تولید در گیاهان میکوریزایی را به غلظت بیش‌تر عناصر غذایی غیرمتحرک مانند فسفر، روی و مس نسبت می‌دهند (Ghazi & John Zak, 2003).

فسفر

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، میزان غلظت عنصر فسفر تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر فسفر در کاه و کلش از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۴۰ درصدی در میزان غلظت عنصر فسفر در کاه و کلش شد (جدول ۷). در این پژوهش نشان داده شد که عنصر فسفر در ریشه و خاک تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۴). رقم کراس‌سبلان دارای بیش‌ترین میزان غلظت عنصر فسفر در ریشه بود. بیش‌ترین میزان غلظت عنصر فسفر در ریشه در تیمار Control و کم‌ترین میزان غلظت عنصر فسفر در ریشه در تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P مشاهده شد (جدول ۶). رقم ساجی در منطقه سرابله به دلیل داشتن ریشه گسترده‌تر نسبت به رقم کراس‌سبلان توانست کارآمدی بیش‌تری در غلظت فسفر نشان دهد. ریشه نقش مهم و کارآمد در جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاه می‌تواند داشته باشد (Baghban-Tabiat & Rasouli-Sadaghiani, 2012) که در این پژوهش رقم ساجی موفقیت‌تر بود. اثر برهم‌کنش مکان×منابع کودی بر عنصر فسفر در ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۴). نتایج حاصل از جدول برهم‌کنش نشان داد که بیش‌ترین میزان عنصر فسفر در ریشه از منطقه ایلام و تیمار Controlبدست آمد (جدول ۱۱).

در بررسی اثر قارچ *گلوموس موسه* بر غلظت عناصر غذایی، مشخص شد که کاربرد قارچ دارای تأثیر معنی‌داری بر میزان عنصر فسفر بود. در تفسیر این نتیجه می‌توان اظهار داشت که قارچ *گلوموس موسه* از طریق انشعابات میسلیومی و ریسه‌ای خود سبب توسعه ریشه گیاه شده و از این طریق باعث استفاده ریشه گیاه از ریزوسفر گسترده شده است، بنابراین موجب افزایش غلظت فسفر و بالا رفتن مقدار فسفر کل گیاه شده است. باکتری‌های حل کننده فسفات قادرند با فرآیندهایی مانند تولید و ترشح اسیدهای آلی به‌ویژه ۲-کتواگزالیک، سیتریک، مالیک و سوکسینیک در حلالیت فسفات‌های معدنی کم‌محلول موثر باشند، علاوه بر این بسیاری از این باکتری‌ها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز آزاد شدن فسفر را از ترکیبات آلی فسفر را موجب می‌گردد. باکتری‌های حل کننده فسفات تولید هورمون‌هایی مثل اکسین و جیبرلیک اسید را موجب می‌گردد (Hasan Zadeh *et al*., 2011). در مطالعات خسروجردی و همکاران (Khosrojerdi *et al*., 2013) نشان داده شده است که قارچ میکوریزا با غلظت مواد مغذی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و کاوش خاک به‌وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی و کاهش فسفر و پتاسیم آن ناحیه به غلظت آن کمک می‌کند.

پتاسیم

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، میزان غلظت عنصر پتاسیم تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۴).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- ویژگی‌های سویه باکتری حل کننده فسفات در این آزمایش

Table 1. The characteristics of phosphate solubilizing bacterium strain in this experiment

Genus, species and strain	Siderophore production	IAA production	Phosphate solubilizing ability	ACC deaminase
Pseudomonas putida strains 168	0.70	9.8	+	+

جدول ۲- مقادیر متوسط ماهانه دما، بارش و رطوبت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 2. Monthly mean value of precipitation and relative humidity in Agricultura Reserch Field Staion of Ilam University and Agricultura Reserch Field Staion of Sarableh during 2013-2014 croping seasons

	Min temp (°C)		Max temp (°C)		Precipitation (mm)		Min. RH (%)		Max. RH (%)	
Month	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh	Ilam	Sarableh
Oct.	11	12.3	27	30.6	0	0	14	15	41	38
Nov.	7.5	8	25.6	19.6	163.5	156.4	45	45	84	78
Dec.	2.7	3.5	12.7	13.1	103.3	100.5	45	54	89	86
Jan.	-1	-0.5	10.8	10.6	89.9	85.4	42	52	88	86
Feb.	2	0.9	11	12	151.3	95.2	43	53	89	88
Mar.	5	5	15.8	17.3	93.1	75.9	43	46	85	85
Apr.	6.4	6.5	19.8	21.5	32.4	31.8	27	33	74	78
May	12.8	12.7	27.1	28.8	27.2	24.8	21	24	59	65
Jun.	16.9	13	32.4	40.4	0	4	14	16	39	41

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام و ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲

Table 3. Soil physical and chemical properties of experimental site in Agricultura Reserch Field Staion of Ilam University and Agricultura Reserch Field Staion of Sarableh during 2013-2014 croping seasons

Location	Soil texture	Fe	Zn	Cu	Mn	Mg	Available P	Available K	Total N	Organic carbon	EC	pH
		(mg kg^{-1})								(%)	(dS m^{-1})	
Ilam	Sandy loam	9.16	1	1	5.04	316	7.2	310	0.12	1.28	0.97	7.2
Sarableh	Clay loam	5.71	1	1.1	7.78	214	6.2	270	0.13	1.4	0.45	7.31

www.SID.ir

Archive of SID

بیش‌ترین میزان غلظت عنصر پتاسیم در کاه و کلش از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۴۰ درصدی در میزان غلظت عنصر پتاسیم در کاه و کلش شد (جدول ۷).

بیش‌ترین میزان غلظت عنصر پتاسیم در خاک از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P و کم‌ترین آن از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۱۴/۲ درصدی در میزان غلظت عنصر پتاسیم در خاک شد (جدول ۷). در این پژوهش نشان داده شد که میزان غلظت عنصر پتاسیم در ریشه تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۴). در این پژوهش رقم کراس‌سبلان دارای بیش‌ترین میزان غلظت عنصر پتاسیم در ریشه بود. در تیمار منابع کودی نیز بیش‌ترین میزان غلظت عنصر پتاسیم در ریشه در تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P و کم‌ترین میزان غلظت عنصر پتاسیم در ریشه در تیمار Control مشاهده شد (جدول ۶). اثر برهم‌کنش مکان×رقم بر میزان غلظت عنصر پتاسیم در ریشه معنی‌دار شد (جدول ۴).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیش‌ترین میزان غلظت عنصر پتاسیم در ریشه از منطقه سرابله در رقم کراس‌سبلان حاصل شد (جدول ۱۰). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* به دلیل داشتن سطح ریشه قوی‌تر نسبت به تیمار شاهد توانست سطح بیش‌تری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد و با غلظت عناصر غذایی و انتقال آن به اندام‌های هوایی سبب افزایش غلظت آن در دانه می‌گردد. در گزارش‌های سایر پژوهشگران نشان داده شد که طول و تعداد ریشه‌ها در غلظت آب و عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Feiziasl *et al*., 2014). در این پژوهش رقم ساجی و تیمار باکتری و قارچ دارای بیش‌ترین طول ریشه بودند (Naseri*et al*., 2017b). به نظر می‌رسد باکتری‌های جنس *سودوموناس پوتیدا* با فعالیت بیش‌تر، رشد گیاه را به‌وسیله تغییر توازن هورمونی تسهیل و با تولید هورمون اکسین بر برخی از قسمت‌های گیاه از قبیل افزایش طول سلول، تقسیم سلولی، تمایز ریشه، بیوسنتز اتیلن و تغییر بیان ژن‌های خاص اثر می‌گذارد (Rahimi *et al*., 2013). زاکرینی (Zuccarini, 2007) گزارش کرد که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش غلظت پتاسیم شد. در تیمارهای تلقیح شده با کود زیستی افزایش وزن خشک گیاه می‌تواند به علت افزایش غلظت عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نتیجه گسترش ریشه باشد (Rouzbeh *et al*., 2009). در آزمایش دیگری غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم در بخش هوایی و دانه گندم در گیاهان عدم تلقیح شده با قارچ میکوریزا کاهش یافت (Abo-Ghalia & Khalafallah, 2008).

تلقیح گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) با میکروارگانیسم‌ها به ویژه میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن باعث افزایش غلظت پتاسیم و افزایش غلظت این عنصر در گیاه شد که شاید این مسأله به اثرات مفیدی که این میکروارگانیسم‌ها (*سودوموناس* و میکوریزا) در افزایش فتوسنتز، رشد گیاه، افزایش تراکم، طول ریشه‌های موئین و سطح غلظت ریشه گیاه دارند، مرتبط باشد و اظهار داشتند غلظت بیش‌تر پتاسیم در تیمارهای کاربرد کودهای زیستی می‌تواند ناشی از رشد و گسترش سریع و زیاد ریشه باشد و این امر موید این نکته است که عکس‌العمل خوب گیاه نسبت به پتاسیم فقط زمانی مشاهده می‌شود که مقدار کافی نیتروژن و فسفر در خاک وجود داشته باشد (Rahim Zadeh *et al*., 2013). در تیمارهای تلقیح شده با کود زیستی افزایش وزن خشک گیاه می‌تواند به علت افزایش غلظت عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در نتیجه گسترش ریشه باشد (Rouzbeh *et al*., 2009).

روی

میزان غلظت عنصر روی با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر روی در ریشه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۶۶/۱ درصدی در میزان غلظت عنصر روی در ریشه گردید (جدول ۸). در این پژوهش نشان داده شد که میزان غلظت عنصر روی در کاه و کلش و خاک تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار گردید (جدول ۴). در این پژوهش رقم کراس سبلان دارای بیش‌ترین میزان غلظت عنصر روی در کاه و کلش بود (جدول ۶). در تیمار منابع کودی نیز بیش‌ترین میزان غلظت عنصر روی در خاک در تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P در هکتار کود شیمیایی فسفر نسبت به تیمار Control بدست آمد. بیش‌ترین میزان غلظت عنصر روی در کاه و کلش در تیمار Control و کم‌ترین میزان غلظت عنصر روی در کاه و کلش در تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P در هکتار کود شیمیایی فسفر مشاهده شد (جدول ۶). اثر برهم‌کنش مکان×منابع کودی بر میزان غلظت عنصر روی در ریشه نیز معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیش‌ترین میزان غلظت عنصر روی در ریشه از منطقه ایلام و تیمار Control حاصل شد (جدول ۱۱). شرایط بهتر غلظت عناصر غذایی در منطقه سرابله را به بافت خاک، میزان رطوبت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل بافت رسی (جدول ۲) و سیستم ریشه گسترده در این منطقه می‌توان نسبت داد (Naseri *et al*., 2017b). نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که رقم ساجی به دلیل داشتن سطح ریشه قوی‌تر نسبت به رقم کراس-سبلان توانست سطح بیش‌تری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد. در این پژوهش تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P در هکتار کود شیمیایی فسفر دارای بیش‌ترین میزان غلظت عنصر روی در قسمت‌های مختلف اندام‌های هوایی بود. نتایج این پژوهش نشان دهنده افزایش غلظت عناصر غذایی توسط رقم ساجی در شرایط تلقیح با قارچ *گلوموس موسه* می‌باشد، که توان بالای *قارچ گلوموس موسه* در سیستم ریشه‌دهی در ارقام مورد بررسی گندم، به ویژه رقم ساجی زیاد را نشان می‌دهد. باکتری *سودوموناس* با ترشح اسیدهای آلی و فسفاتاز منجر به آزادسازی عناصر از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی از جمله روی افزایش پیدا می‌کند (Rudresh *et al*., 2005). قارچ میکوریزا با غلظت مواد مغذی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای گیاه و کاوش و جستجوی خاک به‌وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی و کاهش روی و آهن آن ناحیه به غلظت آن کمک می‌کند (Khosrojerdi *et al*., 2013). به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده در این پژوهش در شرایط دیم غلظت عناصر غذایی کاهش پیدا خواهد کرد، اما تلقیح با باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا توانستند اثرات نامطلوب در شرایط دیم را در گیاه تعدیل کنند.

منگنز

میزان غلظت عنصر منگنز با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر منگنز در ریشه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۵۰/۵ درصدی در میزان غلظت عنصر منگنز در ریشه گردید (جدول ۸). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر منگنز در کاه و کلش از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۵۶/۹ درصدی در میزان غلظت عنصر منگنز در کاه و کلش گردید (جدول ۸).

در این مطالعه گندم، رقم ساجی و کراس‌سبلان همراه باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* سیستم ریشه‌دهی قوی‌تری داشته و دارای طول ریشه و حجم ریشه بیش‌تری بودند (Naseri *et al*., 2007b).

در این پژوهش نشان داده شد که میزان غلظت عنصر منگنز در خاک تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول ۵). در این پژوهش رقم کراس‌سبلان دارای بیش‌ترین میزان غلظت عنصر منگنز در خاک بود. در تیمار منابع کودی نیز بیش‌ترین عنصر منگنز در خاک در تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P نسبت به تیمار Control بدست آمد (جدول ۶).

در این پژوهش مشاهده شد که اثر ساده مکان بر میزان غلظت عنصر منگنز در ریشه معنی‌دار شد (جدول ۵). به طوری‌که بیش‌ترین میزان غلظت عنصر منگنز در ریشه در منطقه ایلام حاصل شد (جدول ۹).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عناصر غذایی در ریشه، کاه و کلش و خاک در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

Table 4. Analysis of variance (MS) for nutrients ellment in root, straw and soil in cultivar and fertilizer sources of two dryland wheat cultivars

S.O.V	d.f	N			P			K			Zn		
		Root	Straw	Soil	Root	Straw	Soil	Root	Straw	Soil	Root	Straw	Soil
Location (L)	1	29.5^{*}	0.0030^{ns}	0.00023^{ns}	3.5^{**}	0.0086^{ns}	3.5^{*}	5.25^{**}	0.0086^{ns}	129.03^{**}	119.6^{*}	10.4^{ns}	0.0064^{ns}
Block in location	4	2.05	0.0095	0.0010	0.15	0.024	4.1	0.17	0.024	77.7	12.9	5.06	0.019
Cultivar (C)	1	5.8^{**}	0.0088^{**}	0.00043^{**}	3.1^{**}	0.28^{**}	25.6^{**}	0.104	0.28^{**}	869.4^{**}	27.7^{**}	20.4^{**}	0.0014^{ns}
Fertilizer sources (FS)	7	15.4^{**}	0.071^{**}	0.0013^{**}	3.06^{**}	0.064^{**}	79.5^{**}	2.5^{**}	0.064^{**}	1428.4^{**}	106.6^{**}	7.9^{**}	3.14^{**}
C×FS	7	0.63^{**}	0.0067^{**}	0.000069^{**}	0.13	0.0032^{**}	0.85	0.048	0.0032^{**}	65.1^{**}	4.2^{**}	0.06^{ns}	0.018^{ns}
L×C	1	1.2	0.000016	0.0000012	0.12	0.00012	0.97	0.13^{*}	0.00012	0.01	0.90	0.05	0.018
L×FS	7	0.17	0.000016	0.0000012	0.27^{**}	0.0000032	0.38	0.024	0.0000032	0.23	1.9^{**}	0.08	0.012
L×C×FS	7	0.13	0.000023	0.00000012	0.095	0.000026	0.31	0.028	0.000026	0.26	0.24	0.032	0.0096
Error	60	0.17	0.000044	0.0000012	0.084	0.00072	0.58	0.029	0.00072	6.1	0.27	0.135	0.0103
C.V (%)	-	11.5	0.86	1.06	25.7	5	9.9	16.8	8.6	3.1	4.8	11.2	8.2

Ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1%, respectively.

ns ، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عناصر غذایی در ریشه، کاه و کلش و خاک در تیمار رقم و منابع کودی دو رقم گندم دیم

Table 5. Analysis of variance (MS) for nutrients ellment in root, straw and soil in cultivar and fertilizer sources of two dryland wheat cultivars

S.O.V	d.f	Mn			Fe			Cu			Mg			Grain yield	Grain protein
		Root	Straw	Soil	Root	Straw	Soil	Root	Straw	Soil	Root	Straw	Soil		
Location (L)	1	2049.2^{*}	0.98^{**}	1.6^{ns}	186.3^{**}	0.85^{**}	13.06^{**}	4.4^{*}	0.60^{ns}	0.91^{ns}	0.86^{ns}	0.0021^{**}	0.00011^{ns}	5870407.4ns	0.65ns
Block in location	4	135.5	0.42	7.5	12.27	0.502	4.4	0.54	3.6^{**}	0.33	0.45	0.0035	47704.5	1150355.7.7	1.9
Cultivar (C)	1	2145.5^{**}	2.24^{**}	25.7^{**}	64.25^{**}	5.78^{**}	100.4^{**}	5.1^{**}	7.02^{**}	0.0021^{ns}	0.30	0.0052^{**}	1536^{**}	3826172.4^{**}	1.9^{**}
Fertilizer sources (FS)	7	2582.5^{**}	11.15^{**}	51.5^{**}	219.85^{**}	42.70^{**}	29.9^{**}	8.4^{**}	7.2^{ns}	1.03^{**}	0.78^{**}	0.0021^{**}	25609.1^{**}	5314073.6^{**}	7.02^{**}
C×FS	7	86.1^{**}	0.023^{**}	0.42	4.72^{**}	0.14^{**}	7.1^{**}	0.57^{**}	0.028	0.011^{*}	0.038	0.00039^{**}	327.2^{ns}	520658.05^{**}	0.21^{**}
L×C	1	1.4	0.00053	0.00018	6.95^{**}	0.000052^{ns}	0.33	0.0017	0.034	0.00079	0.009	0.00000017	0.000012	5451.1ns	0.00002
L×FS	7	5.2	0.013	0.00030	3.53^{**}	0.000089ns	0.22	0.045	0.011	0.00064	0.025	0.0000042	0.000013	125412.01ns	0.0016
L×C×FS	7	6.2	0.014	0.00024	0.60	0.00012	0.57	0.033	0.0095	0.00059	0.022	0.0000083	0.000014	14869.4ns	0.0021
Error	60	12.8	0.0056	0.21	0.809	0.017	0.30	0.16	0.018	0.0054	0.021	0.000014	164. 7	83740.7	0.021
C.V (%)	-	4.5	2.1	5.7	3.7	2.2	5.8	14.2	4.7	5.01	9.1	6.05	4.5	11.9	1.2

Ns: non-significant, * and **: significant at 5% and 1%, respectively.

ns ، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر ساده رقم و منابع کودی بر عناصر غذایی در ریشه، کاه و کلش و خاک دو رقم گندم دیم

Table 6. Mean comparisonos of intraction effect of location× fertilizer sources on nutrients elements in root, straw and soil in two dryland wheat cultivars

	P		K		Zn	Mn	Cu	Mg	
	Root	Soil	Root	Straw	Soil	Soil	Straw	Soil	Root
Cultivar	(%)	(mg kg^{-1})	(٪)			(mg kg^{-1})			(%)
Keras Sabalan	1.23 ±0.097^{a}	7.2 ±0.32^{b}	1.05 ±0.076^{a}	3.7 ±0.14^{a}	0.46 ±0.072^{a}	8.6 ±0.31^{a}	3.08 ±0.12^{a}	288.5 ±0. 91^{a}	1.1 ±0.051^{a}
Saji	0.94 ±0.075^{b}	8.2 ±0.41^{a}	0.98 ±0.077^{a}	2.7 ±0.14^{b}	0.46 ±0.07^{a}	7.6 ±0.28^{b}	2.5 ±0.12^{b}	280.5 ±0. 92^{b}	1 ±0.043^{b}
Fertilizer sources									
Control	2.1 ±0.21^{a}	3.8 ±0.13^{d}	2 ±0.1^{a}	4.9 ±0.25^{a}	0.06 ±0.0024^{b}	5.9 ±0.19^{e}	3.8 ±0.14^{a}	225.5 ±0.56^{c}	1.5 ±0.066^{a}
50 kg ha^{-1} P	1.39 ±0.11^{b}	6 ±0.14^{c}	1.2 ±0.12^{b}	3.7 ±0.23^{b}	0.12 ±0.056^{b}	6.6 ±0.29^{d}	3.4 ±0.14^{b}	248.6 ±1.4^{b}	1.2 ±0.11^{b}
PSB	1.28 ±0.13^{bc}	7.1 ±0.14^{b}	1.05 ±0.088^{c}	3.2 ±0.22^{c}	0.077 ±0.0025^{b}	7.2 ±0.24^{c}	3.1 ±0.13^{c}	268.1 ±1.5^{b}	1.08 ±0.053^{c}
GM	1.25 ±0.14^{bc}	6.12 ±0.13^{c}	1 ±1.09^{c}	3.2 ±0.26^{c}	0.073 ±0.0026^{b}	6.6 ±0.3^{d}	3.1 ±0.15^{c}	255.6 ±1.5^{b}	1.1 ±0.064^{c}
PSB+GM	1.09 ±0.1^{b}	7 ±0.16^{b}	1 ±0.079^{c}	3.1 ±0.23^{c}	0.13 ±0.058^{b}	6.7 ±0.3^{d}	3.1 ±0.14^{c}	263.6 ±1.5^{b}	1.08 ±0.06^{c}
PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	0.6 ±0.059^{d}	10.4 ±0.39^{a}	0.62 ±0.062^{d}	2.5 ±0.24^{d}	1.1 ±0.0059^{a}	10.7 ±0.24^{a}	1.9 ±0.15^{d}	341.6 ±1.4^{a}	0.79 ±0.052^{d}
PSB+25 kg ha^{-1} P	0.66 ±0.051^{d}	10.9 ±0.51^{a}	0.62 ±0.065^{d}	2.5 ±0.21^{d}	1.06 ±0.014^{a}	10.9 ±0.28^{a}	1.8 ±0.16^{d}	336.1 ±1.4^{a}	0.81 ±0.05^{d}
GM+25 kg ha^{-1} P	0.63 ±0.07^{d}	10.04 ±0.41^{a}	0.58 ±0.072^{d}	2.5 ±0.23^{d}	1.02 ±0.027^{a}	9.9 ±0.2b	1.8 ±0.15^{d}	336.5 ±1.4^{a}	0.79 ±0.057^{d}

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر عناصر غذایی در ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم) دو رقم گندم دیم

Table 7. Mean comparisons of interaction effect of location×fertilizer sources on nutrients elements in root, straw and soil in two dryland wheat cultivars

		N			P	K			
		Root	Straw	Soil	Straw	Straw	Soil	Grain yield	Grain protein
Cultivar	Fertilizer sources	(mg kg^{-1})			(%)			(kg ha^{-1})	(%)
Keras Sabalan	Control	6.7 ±0.45^{a}	0.92 ±0.008^{b}	0.08 ±0.003^{e}	1.15 ±0.006^{a}	1.15 ±0.006^{a}	255.2 ±0.73^{i}	985.1±196.78^{g}	9.1 ±1.05^{k}
	50 kg ha^{-1} P	3.9 ±0.34^{c}	0.79 ±0.008^{e}	0.09 ±0.003^{d}	1.14 ±0.005^{b}	1.14 ±0.005^{b}	268.9 ±0.95^{g}	1959.01±111.76^{f}	9.8 ±0.108^{i}
	PSB	3.6 ±0.3^{cde}	0.73 ±0.007^{j}	0.1 ±0.003^{c}	1.12 ±0.004^{d}	1.12 ±0.004^{d}	279.7 ±0.86^{de}	2300.4±150.4^{e}	10.5 ±0.108^{ef}
	GM	3.9 ±0.32^{c}	0.78 ±0.007^{f}	0.1 ±0.003^{c}	1.13 ±0.004^{c}	1.13 ±0.004^{c}	274.9 ±0.79^{f}	1949.3±122^{f}	10.1 ±0.108^{h}
	PSB+GM	3.6 ±0.3^{cde}	0.75 ±0.007^{h}	0.12 ±0.003^{c}	1.13 ±0.004^{c}	1.13 ±0.004^{c}	277.9 ±0.81^{e}	2066.9±187.65^{ef}	10.3 ±0.114^{g}
	PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	2.8 ±0.24^{fg}	0.7 ±0.007^{l}	0.12 ±0.003^{a}	1.12 ±0.005^{d}	1.12 ±0.005^{d}	284 ±0.79^{c}	2727.9±230.98^{c}	11.1 ±0.117^{c}
	PSB+25 kg ha^{-1} P	2.7 ±0.34^{gh}	0.65 ±0.009^{n}	0.12 ±0.003^{a}	1.12 ±0.005^{d}	1.12 ±0.005^{d}	289.9 ±0.8^{b}	3158.6±161.23^{b}	11.5 ±0.114^{ab}
	GM+25 kg ha^{-1} P	3.1 ±0.34^{efg}	0.62 ±0.008^{o}	0.12 ±0.003^{a}	1.13 ±0.005^{d}	1.13 ±0.005^{d}	281.9 ±0.81^{cd}	2666.5±239.28^{cd}	11.03 ±0.114^{c}
Saji	Control	5.4 ±0.4^{b}	0.94 ±0.01^{a}	0.08 ±0.003^{e}	1.15 ±0.005^{a}	1.15 ±0.005^{a}	260.3 ±0.68^{h}	1286.2±176.5^{g}	9.4 ±0.142^{i}
	50 kg ha^{-1} P	3.5 ±0.25^{cde}	0.81 ±0.009^{c}	0.08 ±0.003^{d}	1.14 ±0.006^{b}	1.14 ±0.006^{b}	274.2 ±0.73^{f}	2310.08±158.62^{e}	10.1 ±0.147^{h}
	PSB	3.5 ±0.19^{cde}	0.8 ±0.01^{d}	0.1 ±0.003^{c}	1.11 ±0.006^{e}	1.11 ±0.006^{e}	283.9 ±0.8^{c}	2359.7±197.05^{de}	10.4 ±0.147^{fg}
	GM	3.8 ±0.57^{cd}	0.75 ±0.01^{h}	0.1 ±0.003^{c}	1.11 ±0.006^{e}	1.11 ±0.006^{e}	282.2 ±0.72^{cd}	2741.7±219.41^{c}	10.8 ±0.152^{d}
	PSB+GM	3.3 ±0.2^{def}	0.76 ±0.01^{g}	0.1 ±0.002^{c}	1.11 ±0.006^{e}	1.11 ±0.006^{e}	279.9 ±0.79^{de}	2382.9±147.06^{de}	10.6 ±0.152^{e}
	PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	2.2 ±0.18^{h}	0.71 ±0.01^{k}	0.11 ±0.003^{b}	1.1 ±0.006^{f}	1.1 ±0.006^{f}	292.2 ±2.58^{b}	3517.8±143.45^{a}	11.4 ±0.117^{b}
	PSB+25 kg ha^{-1} P	2.7 ±0.2^{gh}	0.74 ±0.01^{i}	0.11 ±0.003^{b}	1.11 ±0.004^{e}	1.11 ±0.004^{e}	290.2 ±2.56^{b}	2838.7±180. 8^{bc}	11.5 ±0.254^{ab}
	GM+25 kg ha^{-1} P	2.2 ±0.17^{h}	0.67 ±0.01^{m}	0.11 ±0.003^{b}	0.09 ±0.004^{g}	0.09 ±0.004^{g}	297.5 ±1.34^{a}	3571.6±199.87^{a}	11.6 ±0.0.084^{a}

Means with common letters have no significant difference according to LSD test (P<0.05). The numbers after data show Standard Error of data in three replications.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر عناصر غذایی در ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم) دو رقم گندم دیم

Table 8. Mean comparisons of interaction effect of cultivar×fertilizer sources on nutrients elements in root, straw and soil in two dryland wheat cultivars

		Zn	Mn		Fe			Cu		Mg
		Root	Root	Straw	Root	Straw	Soil	Root	Soil	Straw
Cultivar	Fertilizer sources	(mg kg^{-1})								(%)
Keras Sabalan	Control	17.1 ±0.82^{a}	113.8 ±3.1^{a}	5.51 ±0.07^{a}	34.7 ±1.5^{a}	9.2 ±0.28^{a}	8.3 ±0.36^{fg}	4.5 ±0.46^{a}	1.1 ±0.06^{e}	1.15 ±0.006^{a}
	50 kg ha^{-1} P	12.8 ±0.24^{cd}	88.3 ±2.1^{c}	4.23 ±0.07^{c}	24.8 ±1^{cd}	8.22 ±0.21^{c}	9.3 ±0.28^{e}	3.3 ±0.21^{b}	1.2 ±0.04^{d}	1.14 ±0.005^{b}
	PSB	12.6 ±0.42^{cd}	84.1 ±2.36^{cd}	3.63 ±0.07^{f}	25.1 ±0.8^{cde}	6.22 ±0.15^{f}	10.1 ±0.32^{d}	2.9 ±0.19^{bcd}	1.2 ±0.05^{d}	1.12 ±0.004^{d}
	GM	13.01 ±0.4^{c}	88.1 ±2.4^{c}	3.83 ±0.07^{e}	25.9 ±0.7^{c}	6.72 ±0.24^{e}	9.6 ±0.37^{de}	3.2 ±0.19^{bc}	1.3 ±0.07^{c}	1.13 ±0.004^{c}
	PSB+GM	12.4 ±0.31^{de}	84.7 ±2.68^{cd}	3.64 ±0.07^{f}	24.6 ±0.6^{de}	6.23 ±0.22^{f}	9.8 ±0.23^{de}	2.9 ±0.15^{bcd}	1.2 ±0.05^{d}	1.13 ±0.004^{c}
	PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	7.7 ±0.36^{h}	69.4 ±2.16^{g}	2.6 ±0.09^{j}	19.9 ±0.8^{hi}	4.22 ±0.18^{j}	11.8 ±0.34^{b}	2.2 ±0.11^{ef}	1.8 ±0.07^{a}	1.12 ±0.005^{d}
	PSB+25 kg ha^{-1} P	7.5 ±0.32^{hi}	68.8 ±2.19^{g}	2.58 ±0.07^{j}	20.08 ±0.5^{ghi}	4.05 ±0.12^{k}	12.8 ±0.32^{a}	2.2 ±0.14^{ef}	1.8 ±0.06^{a}	1.12 ±0.005^{d}
	GM+25 kg ha^{-1} P	8.1 ±0.38^{h}	74.2 ±2.12^{f}	2.93 ±0.09^{i}	21.1 ±0.8^{g}	4.43 ±0.12^{i}	12.3 ±0.3^{ab}	2.4 ±0.15^{def}	1.8 ±0.07^{a}	1.13 ±0.005^{d}
Saji	Control	13.8 ±0.54^{b}	101.4 ±2.47^{b}	5.21 ±0.07^{b}	30.9 ±0.9^{b}	8.72 ±0.22^{b}	5.9 ±0.23^{i}	4.04 ±0.09^{a}	1.1 ±0.05^{e}	1.15 ±0.005^{a}
	50 kg ha^{-1} P	11.9 ±0.34^{fg}	83.06 ±2de	3.92 ±0.07^{d}	23.4 ±0.3^{f}	7.73 ±0.19^{d}	6.8 ±0.33^{h}	2.9 ±0.15^{bcd}	1.2 ±0.05^{d}	1.14 ±0.006^{b}
	PSB	12.02 ±0.36^{efg}	82.1 ±2.55^{de}	3.39 ±0.11^{gh}	23.9 ±0.2^{e}	6.06 ±0.14^{g}	6.9 ±0.34^{h}	2.7 ±0.05^{cde}	1.3 ±0.06^{c}	1.11 ±0.006^{e}
	GM	11.5 ±0.32^{g}	75.1 ±4^{f}	3.45 ±0.1^{g}	23.3 ±0.3^{f}	5.89 ±0.2^{h}	8.2 ±0.29^{fg}	2.6 ±0.18^{de}	1.3 ±0.06^{c}	1.11 ±0.006^{e}
	PSB+GM	11.6 ±0.3^{g}	78.1 ±2.75^{ef}	3.33 ±0.06^{h}	23.09 ±0.5^{f}	5.75 ±0.23^{h}	7.9 ±0.23^{g}	2.6 ±0.13^{de}	1.7 ±0.06^{a}	1.11 ±0.006^{e}
	PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	6.9 ±0.27^{ij}	56.6 ±2.2^{i}	2.37 ±0.09^{l}	18.7 ±0.7^{j}	3.72 ±0.21^{l}	9.8 ±0.38^{de}	1.9 ±0.15^{f}	1.8 ±0.06^{a}	1.1 ±0.006^{f}
	PSB+25 kg ha^{-1} P	5.8 ±0.28^{k}	63.1 ±2^{h}	2.39 ±0.1^{kl}	20.6 ±0.6^{gh}	3.79 ±0.21^{l}	8.6 ±0.26^{f}	2.3 ±0.13^{ef}	1.7 ±0.04^{a}	1.11 ±0.004^{e}
	GM+25 kg ha^{-1} P	6.5 ±0.38^{j}	56.3 ±2.08^{i}	2.46 ±0.04^{k}	19.01 ±0.5^{ij}	3.72 ±0.22^{l}	11.1 ±0.21^{g}	1.9 ±0.15^{f}	1.8 ±0.06^{a}	0. 9 ±0.004^{g}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD معنی‌داری ($P\leq0.05$) ندارند. اعداد مقابل داده‌ها، خطای استاندارد داده‌ها را در سه تکرار نشان می‌دهند.

Means with common letters have no significant difference according to LSD test ($P<0.05$). The numbers after data show Standard Error of data in three replications.

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر ساده مکان بر عناصر غذایی در ریشه دو رقم گندم دیم

Table 9. Simple Mean comparisons effect of location on root in two dryland wheat cultivars

	N	Cu	Mn
Location	Root (mg kg^{-1})		
Ilam	4.1 ±0.2^{a}	83.3 ±2.2^{a}	3.1 ±0.12^{a}
Sarableh	3.06 ±0.14^{b}	74.6 ±2.1^{b}	2.6 ±0.13^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD معنی‌داری ($P\leq0.05$) ندارند. اعداد مقابل داده‌ها، خطای استاندارد داده‌ها را در سه تکرار نشان می‌دهند.

Means with common letters have no significant difference according to LSD test ($P<0.05$). The numbers after data show Standard Error of data in three replications.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان× رقم بر ریشه دو رقم گندم دیم

Table 10. Mean comparisons of interaction effect of location×cultivar sources on root in two dryland wheat cultivars

Location	Cultivar	Root K (%)	Root Fe (mg kg^{-1})
Ilam	Keras Sabalan	0.85 ±0.098^{b}	26.20 ±1.05^{a}
	Saji	0.71 ±0.08^{c}	24.02 ±0.079^{b}
Sarableh	Keras Sabalan	1.25 ±0.1^{a}	22.8 ±0.89^{c}
	Saji	1.24 ±0.1^{a}	21.7 ±0.76^{d}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD معنی‌داری (P≤0.05) ندارند. اعداد مقابل داده‌ها، خطای استاندارد داده‌ها را در سه تکرار نشان می‌دهند.

Means with common letters have no significant difference according to LSD test (P<0.05). The numbers after data show Standard Error of data in three replications.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر برهمکنش مکان×منابع کودی بر عناصر غذایی در ریشه (میلی‌گرم بر کیلوگرم) دو رقم گندم دیم

Table 11. Mean comparisons of interaction effect of location×fertilizer sources on nutrients elements in root (mg kg^{-1}) in two dryland wheat cultivars

				P	(%)		
				Ilam			
Control	50 kg ha^{-1} P	PSB	GM	PSB+GM	PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	PSB+25 kg ha^{-1} P	GM+25 kg ha^{-1} P
1.5 ±0.19^{b}	1.2 ±0.2^{bcd}	1.03 ±0.19^{def}	1.1 ±0.22^{cde}	1.01 ±0.16^{defg}	0.51 ±0.038^{h}	0.53 ±0.01^{h}	0.54 ±0.063^{h}
				Sarableh			
2.6 ±0.2^{a}	1.5 ±0.057^{b}	1.4 ±0.16^{bc}	1.4 ±0.16^{bc}	1.1 ±0.15^{cde}	0.69 ±0.1^{gh}	0.8 ±0.064^{efgh}	0.73 ±0.12^{fgh}
				Zn	(mg kg^{-1})		
				Ilam			
Control	50 kg/ha P	PSB	GM	PSB+GM	PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	PSB+25 kg ha^{-1} P	GM+25 kg ha^{-1} P
16.9 ±0.89^{a}	13.6 ±0.69^{b}	13.7 ±0.47^{b}	13.7 ±0.57^{b}	13.3 ±0.65^{b}	7.8 ±0.41^{e}	8.6 ±0.47^{d}	8 ±0.41^{de}
				Sarableh			
13.9 ±0.75^{b}	11.1 ±0.43^{c}	10.9 ±0.15^{c}	10.8 ±0.34^{c}	10.6 ±0.29^{c}	6.79 ±0.44^{f}	7.4 ±0.25^{e}	6.69 ±0.43^{f}
				Fe	(mg kg^{-1})		
				Ilam			
Control	50 kg ha^{-1} P	PSB	GM	PSB+GM	PSB+GM+25 kg ha^{-1} P	PSB+25 kg ha^{-1} P	GM+25 kg ha^{-1} P
35.03 ±1.2^{a}	25.6 ±0.51^{c}	25.9 ±0.52^{d}	25.6 ±0.71^{c}	25.9 ±0.55^{e}	20.5 ±0.47^{l}	21.6 ±0.15^{j}	21.7 ±0.62^{k}
				Sarableh			
30.4 ±0.7^{b}	22.7 ±0.73^{h}	23.8 ±0.74^{g}	23.8 ±0.8^{f}	22.7 ±0.76^{h}	17.3 ±0.38^{o}	19.8 ±0.31^{m}	18.7 ±0.54^{n}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون LSD معنی‌داری (P≤0.05) ندارند. اعداد مقابل داده‌ها، خطای استاندارد داده‌ها را در سه تکرار نشان می‌دهند.

Means with common letters have no significant difference according to LSD test (P<0.05). The numbers after data show Standard Error of data in three replications.

www.SID.ir

Archive of SID

در منطقه سرابله به دلیل بافت خاک مناسب، میزان رطوبت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی به دلیل بافت رسی و سیستم ریشه گسترده شرایط بهتر غلظت عناصر غذایی را برای گیاه فراهم آورده است. عمق و طول ریشه آن از ویژگی‌های شناخته شده ریشه بوده که در جذب عناصر غذایی نقش مهمی دارند، که این ویژگی‌ها ریشه‌ای در منطقه سرابله و هم‌چنین تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* موجب افزایش غلظت عناصر غذایی در اندام‌های هوایی و کاهش آن در ریشه و کاه و کلش باقیمانده شد. رقم ساجی و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* به دلیل داشتن طول و حجم ریشه (Naseri *et al*., 2017b) قوی‌تر نسبت به تیمار شاهد توانست سطح بیش‌تری از ریزوسفر خاک را مورد استفاده قرار دهد و با جذب عناصر غذایی موجب انتقال آن به اندام‌های هوایی شود. باکتری *سودوموناس* با ترشح اسیدهای آلی و فسفاتاز منجر به آزادسازی عناصر از کمپلکس‌های موجود در خاک می‌گردند و دسترسی گیاه به عناصر غذایی منگنز و آهن افزایش پیدا می‌کند (Rudresh *et al*., 2005).

آهن

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، میزان غلظت عنصر آهن تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر آهن در ریشه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۴۶/۱ درصدی در میزان غلظت عنصر آهن در ریشه شد (جدول ۸). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر آهن در کاه و کلش از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۵۹/۶ درصدی در عنصر آهن در کاه و کلش شد (جدول ۸). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر آهن در خاک از رقم کراس‌سبلان و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P و کم‌ترین آن از رقم ساجی و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۵۳/۹ درصدی در میزان غلظت عنصر آهن در خاک شد (جدول ۸). طول و تعداد ریشه‌های در جذب آب و عناصر غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Feiziasl *et al*., 2014)، در این پژوهش رقم ساجی و قارچ *گلوموس موسه* دارای بیش‌ترین طول ریشه بودند (Naseri *et al*., 2007b). اثر برهم‌کنش مکان×منابع کودی بر عنصر آهن در ریشه نیز معنی‌دار شد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان عنصر آهن در ریشه نیز از منطقه ایلام و تیمار Control حاصل شد (جدول ۱۱). در منطقه سرابله و تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* + قارچ *گلوموس موسه* به دلیل بافت خاک مناسب، میزان رطوبت خاک به دلیل بافت رسی و سیستم ریشه گسترده شرایط بهتر غلظت عناصر غذایی را برای گیاه فراهم آورده است. اثر برهم‌کنش مکان×رقم بر میزان غلظت عنصر آهن در ریشه معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین میزان غلظت عنصر آهن در ریشه از منطقه سرابله و رقم کراس‌سبلان حاصل شد (جدول ۱۰). ازسویی دیگر غلظت عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن است مربوط به توانایی تولید سیدروفور گیاهان یا سیدروفورهای میکروبی باشد. سیدروفورها ترکیبات آلی با وزن مولکولی کم و با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای کمپلکس شدن با برخی کاتیون‌ها بخصوص آهن هستند تولید سیدروفر در باکتری‌های حل کننده فسفات مانند *سودوموناس* به اثبات رسیده است (Young *et al*., 2013). علی‌پور و سبحانی پور (Alipour & Sobhanipour, 2012) بیان کردند باکتری *سودوموناس* باعث افزایش غلظت آهن می‌شود.

مس

با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب، میزان غلظت عنصر مس تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار گردید (جدول ۵). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر مس در ریشه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} Pحاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۶۴/۸ درصدی در میزان غلظت عنصر مس در ریشه شد (جدول ۸). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر مس در خاک از رقم کراس‌سبلان و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P و کم‌ترین آن از رقم ساجی و در تیمار Control

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۳۸/۸ درصدی در میزان غلظت عنصر مس در خاک گردید (جدول ۸). میزان غلظت عنصر مس در کاه و کلش تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی-دار شد (جدول ۵). رقم کراس‌سبلان دارای بیش‌ترین میزان غلظت عنصر مس در کاه و کلش بود. بیش‌ترین میزان غلظت عنصر مس در کاه و کلش در تیمار Control و کم‌ترین میزان غلظت عنصر مس در کاه و کلش در تیمار PSB+GM+25 kg/ha P مشاهده گردید (جدول ۶). در این پژوهش اثر ساده مکان بر میزان غلظت عنصر مس در ریشه معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان غلظت عنصر مس در ریشه از منطقه ایلام حاصل گردید (جدول ۹). قارچ میکوریزا با جذب عناصر غذایی از طریق گسترش سیستم ریشه‌ای و کاوش خاک به-وسیله هیف‌های خارجی در ریشه‌های مویی و کاهش مس و منیزیم به جذب آن‌ها کمک می‌کند (Khosrojerdi *et al*., 2013). ساهنی و همکاران (Sahni *et al*., 2008) بیان کردند که باکتری‌ها حل کننده فسفات با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه، باعث افزایش میزان دسترسی و غلظت عنصر مس توسط نخود شد. قارچ میکوریزا از طریق ایجاد شبکه گسترده هیف خود در داخل خاک و در محیط ریزوسفر سبب غلظت عناصر فسفر، نیتروژن، روی، مس و انتقال این عناصر به گیاه میزبان خواهد شد (Asrar & Elhindi, 2011).

منیزیم

میزان غلظت عنصر منیزیم با توجه به نتایج تجزیه واریانس مرکب تحت تأثیر برهم‌کنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۵). بیش‌ترین میزان غلظت عنصر منیزیم در کاه و کلش از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control و کم‌ترین آن از رقم ساجی و تحت کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P حاصل شد، که نسبت به تیمار کاربرد PSB+GM+25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۴۰ درصدی در میزان غلظت عنصر منیزیم در کاه و کلش شد (جدول ۸). در این پژوهش نشان داده شد که میزان غلظت عنصر منیزیم در ریشه و خاک تحت تأثیر عوامل اصلی رقم و منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۵). در این پژوهش رقم کراس‌سبلان دارای بیش‌ترین میزان غلظت عنصر منیزیم در ریشه و خاک بود. در تیمار منابع کودی نیز بیش‌ترین غلظت منیزیم خاک در تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P نسبت به تیمار Control مشاهده شد. بیش‌ترین میزان غلظت عنصر منیزیم در ریشه در تیمار Control و کم‌ترین میزان غلظت عنصر منیزیم در ریشه در تیمار PSB+GM+25 kg ha^{-1} P مشاهده گردید (جدول ۶). یافته‌های این پژوهش با سایرگزارش‌های محققین مطابقت دارد، آن‌ها اظهار داشتند که باکتری *سودوموناس* میزان منیزیم دانه را افزایش می‌دهد. در توجیه علت آن می‌توان اظهار داشت که باکتری‌ها و قارچ‌ها با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه باعث حل شدن فسفات، کاتیون‌هایی پر مصرف مثل منیزیم می گردند و بنابراین از طریق انحلال این مواد معدنی، باعث افزایش مقدار این عناصر در دانه می‌گردند (Vinale *et al*., 2008). در منطقه سرابله به دلیل میزان رطوبت خاک به دلیل بافت رسی و ویژگی‌های مهم ریشه گندم از جمله طول و حجم ریشه سیستم ریشه گسترده شرایط بهتر غلظت عناصر غذایی را نسبت به منطقه ایلام برای گیاه فراهم آورده است (Naseri *et al*., 2017b). باکتری *سودوموناس* با افزایش انشعابات ریشه و تارهای کشنده می‌توانند باعث افزایش غلظت عناصر غذایی شوند، همچنین اسیدهای آلی تولید شده توسط این باکتری‌ها می‌توانند از طریق تشکیل کمپلکس‌های محلول با یون‌های فلزی باعث افزایش غلظت این عناصر غذایی گردند (Nikmehr & Akhgar, 2015). در سایر گزارش‌ها نیز عنوان شده است قارچ میکوریزا موجب افزایش عناصر نیتروژن و منیزیم توسط قارچ میکوریزا می‌گردد (Asrar & Elhindi, 2011).

عملکرد دانه

همان‌طوری که جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان می‌دهد عملکرد دانه تحت تأثیر برهمکنش رقم×منابع کودی معنی‌دار شد (جدول ۵). بیش‌ترین عملکرد دانه از رقم ساجی و تحت کاربرد باکتری PSB+GM+25 kg ha^{-1} P و GM+25 kg ha^{-1} P و کم‌ترین عملکرد دانه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۷۲ درصدی در عملکرد دانه شد (جدول ۷). میسیلیوم‌های قارچ با پراکنش در اطراف ریشه‌های گیاه میزبان سطح جذب آب بیش‌تری را فراهم آورده و موجب می‌گردد تا گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان

www.SID.ir

Archive of SID

شاهد آب بیش‌تری را در اختیار داشته باشند (Ghabouli *et al*., 2011). قارچ میکوریزا در فراهمی و متابولیسم عناصر مورد نیاز گیاه تأثیر مهمی داشته و سبب می‌گردد تا میزان این عناصر در گیاهان تلقیح شده افزایش یابد، که این موضوع موجب افزایش میزان فتوسنتز گیاه و در نهایت بر عملکرد دانه تأثیر خواهد گذاشت.

میزان پروتئین دانه

بر اساس نتایج واریانس مرکب داده‌های حاصل از دو مکان، اثر برهم‌کنش رقم×منابع کودی بر میزان پروتئین دانه معنی‌دار گردید (جدول ۵). بیش‌ترین پروتئین دانه از رقم ساجی و تحت کاربرد قارچ *گلوموس موسه*+۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر و کم‌ترین پروتئین دانه از رقم کراس‌سبلان و در تیمار Control حاصل شد، که نسبت به تیمار Control موجب افزایش ۲۱/۵ درصدی در پروتئین دانه گردید. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد PSB +25 kg ha^{-1} P موجب افزایش ۲۰/۸ درصدی پروتئین دانه در رقم کراس‌سبلان نسبت به عدم کاربرد هیچ منبع کود زیستی و شیمیایی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد P ha^{-1} kg GM+25 موجب افزایش ۱۸/۹ درصدی پروتئین دانه در رقم ساجی نسبت به عدم کاربرد هیچ منبع کود زیستی و شیمیایی شد (جدول ۷). در این پژوهش بالا بودن میزان پروتئین دانه در رقم ساجی را می‌توان به جذب بالاتر عناصر غذایی از جمله عنصر نیتروژن در این رقم نسبت داد که در حضور قارچ *گلوموس موسه* توانست میزان جذب بالاتری از عنصر نیتروژن را داشته باشد. ایلباس و ساهین (ILbas & Sahin, 2005) نیز در مطالعه‌ایی بر گیاه سویا، شاهد بهبود محسوس میزان پروتئین دانه در تیمار حاوی تلقیح میکوریزایی بودند آن‌ها در تفسیر نتیجه حاصله، اظهار داشتند که افزایش میزان پروتئین دانه و تحریک رشد اندام‌های هوایی گیاه با افزایش تغذیه فسفری همراه است. از این رو تأثیر قارچ میکوریزا بر میزان پروتئین، احتمالاً به طور غیر مستقیم از طریق بهبود وضعیت فسفر گیاه که ناشی از میکوریزا می‌باشد، اعمال می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* اثر مثبت و معنی‌داری بر گیاه گندم در شرایط دیم داشتند. کاربرد باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* میزان غلظت نیتروژن، پتاسیم، آهن و مس موجود در خاک را ۳۳/۳، ۱۴/۲، ۵۳/۹ و ۳۸/۸ درصد نسبت به تیمار Control افزایش داد. بیش‌ترین میزان غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، روی، منگنز، اهن، مس و منیزیم موجود در ریشه و کاه و کلش گندم به رقم کراس‌سبلان در تیمار Control تعلق داشت، که نشان‌دهنده جذب این عناصر توسط اندام‌های هوایی در تیمار باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* و در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه و کیفیت دانه از جمله پروتئین دانه شد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده شد که در شرایط دیم، باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* غلظت عناصر غذایی خاک در محیط ریزوسفر ریشه را افزایش می‌دهد. هم‌چنین به دلیل جذب عناصر غذایی در اندام‌های هوایی در تیمار باکتری حل کننده فسفات و قارچ میکوریزا کم‌ترین میزان غلظت عناصر غذایی در داخل ریشه و کاه و کلش پس از برداشت مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده گندم دیم تحت کاربرد باکتری *سودوموناس پوتیدا* و قارچ *گلوموس موسه* به دلیل اثر مثبت بر جذب عناصر غذایی به منظور بهبود افزایش کمی و کیفی گندم قابل توصیه خواهد بود.

References

Abo-Ghalia H.H., and Khalafallah A.A. 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. *Journal of Applied Science Research*, 4 (5): 570-580.

Alipour Z.T., and Sobhanipour A. 2012. The Effect of *Thiobacillus* and *Pseudomonas fluorescens* Inoculation on maize growth and Fe uptake. *Annals of Biological Research*, 3 (3): 1661-1666.

Amiri M.B., Rezvani Moghadam P., Ghorbani R., Falahi Gh., Deyhimfard R., and Falah Pour F. 2013. Effects of coulanation with bio-fertilier on growth characterstics of three wheat culticars

www.SID.ir

Archive of SID

at emergency groeth under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11 (1): 64-72. (In Persian)

Amiri Farsani F., Chorom M., and Enayatizamir N. 2013. Effect of biofertilizerand chemical fertilizer on wheat yield under two soil types in expermental greenhouse. *Soil and Water*, 27 (2): 441-451. (In Persian)

Ardakani M.R., Rezvani M., Zaefarian F., Rejali F. 2013. ^{32}P usage for assessment of the effective mycorrhizal fungus strain for symbiosis with barley (*Hordeum vulgare* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Soil Management and Sustainable Production,* 3 (1): 231-241. (In Persian)

Asrar, A.W.A., and Elhindi K.M. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. *Saudi Journal of Biological Science*, 18: 93–98.

Baghban-Tabiat S., and Rasouli-Sadaghiani M. 2012. Investigation of Zn utilization and acquisition efficiency in different wheat genotypes at greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse CultureSoilless Culture Research Center*, 23 (2): 17-32. (In Persian)

Emami A. 1996. Plant Analysis Methods. SWRI Press, 231p. (In Persian)

Esitken A., Yildiz H.E., Ercisli S., Donmez M.F., Turan M., and Gunes A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically growth strawberry. *Scientia Horticulturae*, 124: 62-66.

Eydizadeh K., Mahdavi Damghani A., Sabahi H., and Soufizadeh S. 2010. Effect of integrated application of biofertilizer and chemical fertilizer on growth of maize (*Zea mays* L.) in Shushtar. *Journal of Agroecology*, 2 (2): 292-301. (In Persian)

Feiziasl V., Fotovat A., Astaraeiand A., and Lakzyan A. 2014. Effects of nitrogen fertilizer rates and application time on root characteristics of dryland wheat genotypes. *Iranain Journal of Dryland Agriculture,* 3 (1): 41-94. (In Persian)

Ghabouli M., Shahriary F., Sepehrin M., Marashi H., and Hosseini Salekdeh G. 2011. An evaluation of the impact of the endophyte fungus Piriformospora indica on some traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) in drought stress. *Journal of Agroecology*, 3 (3): 328-336. (In Persian)

Ghazi A.K., and John Zak B.M. 2003. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. *Mycorrhiza*, 14: 263-269.

Hasan Zadeh A., Mazaheri D., Cheichi M.R., and Khavazi K. 2011. Efficiency of phosphate solubilizing bacteria and phosphorus chemicall fertilizer on yield and yield components. *Pajoohesh and Sazandeghi*, 77: 111-118. (In Persian)

ILbas A.I., and Sahin S. 2005. *Glomus fasiculatum* inoculation improves soybean production. *Acta Agriculture Scandinavica section B-Soil and Plant Science*, 55 (4): 287-292.

Khoshgoftarmanesh A.H. 2007. Evaluation of Plant Nutrition Status and Optimum Fertilazer Mangment. Isfahan University of Tecnology Press, 158p. (In Persian)

Khosravi H., and Mahmoudi H. 2013. Evaluation of effects of *Azotobacter* inoculation and manure on growth of rainfed wheat. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 3 (2): 205-219. (In Persian)

Khosrojerdi M., Shahsavani Sh., Gholipor M., and Asghari H.R. 2013. Effect of *Rhizobium* inoculation and mycorrhizal fungi on some nutrient uptake by chickpea at different levels of iron sulfate fertilizer. *Eloctronic Journal of Crop Production,* 6 (3): 71-87. (In Persian)

Ministry of Agriculture- Jahad. 2016. Agricultural statistic.

Naseri R., Barary M., Zarea M.J., Khavazi K., and Tahmasebi Z. 2017a. Effect of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal fungi on growth and yield of wheat under dryland conditions. *Journal of Soil Biology*, 5 (1): 49-67. (In Persian)

Naseri R., Barary M., Zarea M.J., Khavazi K., and Tahmasebi Z. 2017b. Effect of phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi on some activities of antioxidative enzymes, physiological characteristics of wheat under dry land conditions. *Iranain Journal of Dryland Agriculture,* 6 (1): 1-34. (In Persian)

Nikmehr S., and Akhgar A. 2015. Effect of Combined Application of Phosphate Solubilizing Bacteria and Phosphrous Fertilizer on Growth and Yield of Sesame. *Journal of Water and Soil*, 29: 991-1003. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Panhwar Q.A., Radziah O., Naher U.A., Zaharah A.R., Sariah M., and Mohd razi I. 2012. Root colonization and association of phosphate-solubilizing bacteria at various levels of triple supper phosphate in aerobic rice seedlings. *African Journal of Microbiology Research*, 6: 2277-2286.

Paras-Motlagh B., Mahmoodi S., Sayyar-Zahan M.H., and Naghibzadeh M. 2011. Effect of mycorrhiza fungi and phosorus fertilizer on concentration of leaf nutrients and photosynthetic pigments of common bean (*Haseolus vulgaris* L.) under salinity stress condition. *Journal of Agroecology*, 3 (2): 233-244. (In Persian)

Rahimi A., Jamialahmadi M., Khavazi K., Sayyari-Zahan M., and Yazdani R. 2013. Effects of different *Pseudomonas flluorescens* bacterium strains on yield, yield components and some traits of safflower. *Journal of Plant Ecophysiology*, 5 (14): 1-16. (In Persian)

Rahim Zadeh S., Sohrabi Y., Heidar G., Eivazi A., and Hosseni S.M.T. 2013. Effect of biofertilizer on macro and micro nutrients uptake and essential oil continent in *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11 (1): 179-190. (In Persian)

Rouzbeh R., Daneshian J., and Farahani H.A. 2009. Super nitro plus influence on yield and yield components of two wheat cultivars under NPK fertilizer application. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 1: 293-297.

Rudresh D.L., Shivaprakash M.K., and Prasad R.D. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma spp*. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecology*, 28: 139-146.

Sahni S., Sarma B.K., Singh D.P., Singh H.B., and Singh K.P. 2008. **V**ermicompost enhances performance of plant growth promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection*, 27: 369-376.

Sharda Waman M.K., and Bernard Felinov R. 2009. Studies on effects of arbuscular mycorrhizal (Am) fungi on mineral nutrition of *Carica papaya* L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37: 183-186.

Vinale, F., Sivasithamparam K., Ghisalberti E.L., Wooand S.L., and Lorito M. 2008. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 1-10.

Young L.S., Hameed A., Peng S.Y., Shan Y.H., and Wu S.P. 2013. Endophytic establishment of the soil isolate *Burkholderia* sp. CC-Al74 enhances growth and P-utilization rate in maize (*Zea mays* L.). *Applied Soil Ecology*, 66: 40-47.

Zuccarini P. 2007. Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. *Plant, Soil and Environment*, 53: 283-289.

www.SID.ir

Archive of SID

Accumulation of Nutrient Elements on Root, Straw and Soil in Dryland Wheat as Affected by Phosphate Solubilizing Bacteria and Mycorrhizal Fungi

Rahim Naseri[1*], Mehrshad Baray[2], Mohammad Javad Zarea[3], Kazem Khavazi[4], Zahra Tahmasebi[2]

(Received: December 2017 Accepted: June 2018)

Abstract

In order to study the effect of *Pseudomonas putida* and *Glomus mosseae* on accumulation of nutrient elements residual on root, straw and soil in wheat under dryland conditions, an experiment was carried out in a factorial arrangement using randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station of Ilam University and Sarableh Agricultural and Research, Recources Center during 2013-2014 cropping season. Experiment factors consisted of two dry land wheat cultivars (Keras Sablan and Saji) and fertilizer sources treatment including of 1- without application of phosphorus chemical fertilizer, 2- 50 kg ha^{-1} P, 3- *Pseudomonas putida* (PSB), 4- *Glomus mosseae* (GM), 5-PSB+GM, 6-PSB+GM+25 kg ha^{-1} P, 7- PSB+ 25 kg ha^{-1} P and 8- GM+25 kg ha^{-1} P. Results indicated that interaction effect between cultivar× fertilizer sources had significant effect on accumulation of nutrients elements residual in root, straw and soil in dryland wheat at 1% probablity level. Application of PSB and GM caused increased in N, K, Fe and Cu in soil and the lowest N, P, K, Zn, Fe, Cu and Mg were obtaind in root and straw. The highest N, K, Fe and Cu in soil belonged to Saji cultivar× GM+25 kg ha^{-1} P. Root and straw had the highest N, P, K, Zn, Fe, Cu and Mg in root and straw in Keras Sabalan×check treatment (without feriilizer sources).

Keywords: Fertilizer sources, Microorganism, Nutrient elements, Phosphorus

Naseri R., Baray M., Zarea M. J., Khavazi K., Tahmasebi Z. 2019. Accumulation of nutrient elements on root, straw and soil in dryland wheat as affected by phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi. *Applied Soil Research*, 7(4):179-195.

1. PhD in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
4. Professor, Water and Soil Research Institute, Karaj, Iran
*Corresponding Author Email: rahim.naseri@gmail.com

www.SID.ir