Archive of SID

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۱۱۳-۱۰۲

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 1, Mar.-Apr. 2015, p. 102-113

مطالعه محتوای برخی عناصر غذایی در ریشه و دانه ارقام گندم تلقیح شده با *آزوسپیریلوم* و قارچ مایکوریزا

مجید جیریایی[1*]- اسفندیار فاتح[2]- امیر آینه بند[3]- ابراهیم سپهر[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۰۸

چکیده

رفع نیاز گیاهان زراعی به عناصر غذایی توسط منابع غیر شیمیایی رویکردی جدید در تولید گیاهان سالم است. پژوهشی در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی و در ۳ تکرار بود. عوامل آزمایش شامل باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح)، قارچ مایکوریزا در سه سطح (عدم کاربرد، استفاده از گونه‌های گلوموس موسه و گلوموس اینترارادیسز) و ارقام گندم در سه سطح (چمران، دنا و بهرنگ) بود. بررسی محتوای عناصر در ریشه و دانه نشان از تأثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد قارچ مایکوریزا و آزوسپیریلوم در ارتقای غلظت عناصر در ارقام گندم را داشت، البته کاربرد توأم این ریزموجودات، منجر به افزایش اثرات کاربرد آن‌ها بر صفات برآوردی شد. نهایتاً، بیش‌ترین غلظت نیتروژن (۲/۲۱ درصد)، فسفر (۰/۵۰درصد) و آهن (۳۳/۸۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) در دانه و بیش‌ترین غلظت پتاسیم (۰/۹۳ و ۰/۵۴ درصد) و منگنز (۴۳/۱۱ و ۲۳/۶۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) در به ترتیب در دانه و ریشه، هم‌چنین بیش‌ترین غلظت روی در ریشه (۱۹/۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) از تیمار تلقیح توام بذور رقم دنا با آزوسپیریلوم و قارچ گلوموس موسه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آزوسپیریلوم، تغذیه، گندم، غلظت عناصر غذایی، قارچ مایکوریزا

مقدمه

گندم علاوه بر نیاز به عناصر غذایی پرمصرف، یکی از نباتات حساس به کمبود روی و منگنز و با حساسیت کم‌تر به آهن و مس می‌باشد (۱). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی جهت رفع نیاز تغذیه‌ای گیاهان به عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم طی سال‌های اخیر بحران آلودگی محیط زیست و آب‌های زیر زمینی را به وجود آورده که زنجیره وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است (۲). هم‌چنین در اکثر نقاط دنیا کمبود عناصر کم مصرف علاوه بر آسیب‌های جدی به رشد و عملکرد گیاهان زراعی موجبات فقر این عناصر در الگوی غذایی انسانی را نیز به وجود آورده است. در ایران نیز کمبود عناصر غذائی کم مصرف به دلایلی هم‌چون قلیایی بودن و فقر مواد آلی در خاک به شکل بارزی مشاهده می شود. محققین تحقیقات متعددی درباره غنی سازی گندم در مزرعه انجام داده‌اند ولی متأسفانه مشکل عمده ای که در غنی‌سازی دانه با عناصر غذائی وجود دارد، برهمکنش منفی بین این عناصر بخصوص روی با آهن و منگنز و فسفر در گیاه می‌باشد (۴). ولی مشخص شده استفاده از کودهای زیستی علاوه بر آن‌که در رفع نیاز کمپلکس عناصر غذایی در گیاهان نقش چشمگیری دارند، هیچ‌گونه آلودگی محیطی ایجاد نمی‌کنند (۲۷). این امر منجر به افزایش تمایل روز افزون به استفاده از کودهای آلی و زیستی در تولید محصول شده است. مطالعات متعدد نشان داده قارچ مایکوریزا و آزوسپیریلوم از جمله مفیدترین ریزموجوداتی هستند که از روش‌های مختلف هم‌چون بهبود توان جذب عناصر غذایی در گیاه میزبان، باعث بهبود رشد و عملکرد به شیوه‌ای کاملاً زیستی می‌شوند (۱۱). ابراهیم و علی (۱۵) طی آزمایشی نشان دادند که تلقیح گندم با ازتوباکتر یا آزوسپیریلوم ضمن مصرف کود روی موجب بیش‌ترین میزان نیتروژن، منیزیم، منگنز، کربوهیدرات و کل پروتئین های محلول در ساقه می شود. بعضی محققان بر این اعتقاد هستند که اثرات تحریک کنندگی رشد گیاه توسط آزوسپیریلوم عمدتاً به علت تغییرات

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، اراک، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: majidupdate@Gmail.com
۲ و ۳- دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

www.SID.ir

Archive of SID

فیزیولوژیک و مورفولوژیک ریشه های گیاهان آغشته و در نتیجه بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط آن هاست (۴)، اما برخی دیگر به وجود یکسری مکانیسم‌ها هم‌چون سنتز آنزیمی، تولید سیدروفور و پلی آمین‌ها، جهت افزایش حلالیت مواد مغذی توسط باکتری‌های محرک رشد اعتقاد دارند (۲۹). ساجدی و رجالی (۲۳) در بررسی تاثیر تلقیح قارچ میکوریز بر جذب عناصر کم مصرف در ذرت اظهار داشتند تلقیح قارچ میکوریزا غلظت مس، منگنز، روی و آهن را افزایش داد. مردوخی و همکاران (۲۰) در پژوهشی اعلام داشتند قارچ میکوریزا با دریافت منابع کربنی انرژی‌زا از گیاه، بسیاری از عناصر غذایی معدنی مثل فسفر، روی، مولیبدن، مس و آهن را به حالت کاملاً قابل جذب در آورده و در اختیار ریشه قرار می‌دهد. اردکانی و همکاران (۶) در آزمایشی اثرات تلقیح بذور گندم با کود دامی، آزوسپیریلوم، استرپتومایسز و قارچ مایکوریزا بر محتوای عناصر میکرو در گندم را مورد ارزیابی قرار دادند و اظهار داشتند به شکل معنی‌داری محتوای عناصر آهن، منگنز، روی و مس تحت تاثیر آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا افزایش می یابد اما ایشان بیش‌ترین محتوای عناصر مذکور را در تیمار اثر متقابل آزوسپیریلوم، قارچ مایکوریزا و کود دامی مشاهده کردند.

با توجه مسائلی هم‌چون هزینه بالای تامین عناصر غذایی از منابع شیمیایی، کمبود فراهمی عناصر غذایی در خاک‌های قلیایی (همچون محل اجرای پژوهش حاضر) و نیز موفقیت پایین و خطرات زیست محیطی ناشی از تامین این عناصر از منابع شیمیایی و معدنی، توجه به یافتن و جایگزینی روشی موثر، کم هزینه و زیستی جهت رفع نیاز گیاه زراعی و هم‌چنین غنی سازی رژیم غذایی دام و انسان ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از اجرای این پژوهش، بررسی محتوای عناصر غذایی در ریشه و دانه ارقام گندم تغذیه شده با آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی شهید چمران اهواز به صورت آزمایش فاکتوریل سه عامله در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل کاربرد قارچ مایکوریزا در سه سطح عدم استفاده، استفاده از گونه گلوموس اینترارادیسز و استفاده از گونه گلوموس موسه، فاکتور دوم شامل کاربرد باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح بذور گندم با باکتری) و فاکتور سوم شامل ارقام گندم (گندم نان چمران و ارقام گندم دوروم دنا و بهرنگ) بود. جهت آلوده نمودن بذور با باکتری ابتدا بذرهای ارقام گندم توسط محلول هیپوکلریت ۰/۵ درصد استریل شد. سپس بذرها را به‌مدت دو ساعت در آب مقطر استریل خیسانده و متعاقب آن بذور به محلول حاوی باکتری آزوسپیریلوم با جمعیت ۱۰۶ سلول در هر میلی لیتر مایه تلقیح، منتقل گردیدند (۴). بعد از ۴ ساعت بذرهای گندم آلوده به باکتری جهت کشت آماده بودند (۱۷). هم‌چنین جهت تکثیر و رساندن جمعیت فعال باکتری به حد موثر (21) 106 cfu/ml سویه خالص باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم تهیه شده از آزمایشگاه بیولوژی خاک دانشگاه ارومیه در محیط کشت نوترینت براث تکثیر شده و به روش Plate countتعداد سلول زنده باکتریایی شمارش شد. اما برای تلقیح گونه‌های قارچ مایکوریزا در کرت های آزمایش نیز از کود مایکوریزای با تراکم اسپور ۱۲۰ عدد در هر گرم ماده حامل (کود دامی کاملاً پوسیده) بود و طول هیف قارچی ۶ متر در هر میلی‌گرم نمونه خاک آغشته شده بود و بر طبق توصیه شرکت تولید کننده به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد، به نحوی که پس از محاسبه مقدار کود مورد نیاز هر کرت، کود منظور قبل کاشت با خاک سطحی (۵ سانتی‌متر سطح خاک) مخلوط شده و بلافاصله اقدام به کشت بذور (در تاریخ ۱۲ آذر ماه) شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح زمین و ایجاد فارو در مراحل قبل از کاشت اجرا شد. کشت بذور در آذر ماه به صورت دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۵ خط کشت به طول ۵ متر و فاصله ۲۰ سانتیمتر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۳-۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هم‌چنین لازم به ذکر است، مزرعه آزمایش در سال زراعی قبل تحت کشت گندم و ذرت بوده است و بافت خاک محل آزمایش نیز لومی شنی بود (جدول ۱). صفات اندازه‌گیری شده شامل اندازه گیری غلظت عناصر پر مصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و برخی از عناصر کم مصرف (روی، آهن و منگنز) در دو بخش ریشه و دانه گندم بود. بدین منظور پس از برداشت نمونه‌های گیاهی، سریعاً به آزمایشگاه انتقال داده شدند و شست و شوی ریشه و بذور به دقت و تا حد امکان انجام گرفت. در ادامه نمونه‌های گیاهی در دمای ۶۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت، خشک شده و سپس توزین و آسیاب شدند و در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی به صورت خاکستر در آمدند. خاکستر گیاهی حاصل با استفاده از اسید کلریدریک دو مولار عصاره گیری و از کاغذ صافی عبور داده شد (۱۳). در نهایت جهت تعیین مقدار فسفر نمونه‌ها به وسیله اسپکترومتر مدل (WAP)، پتاسیم به وسیله فلیم فوتومتر مدل جنوی و اندازه گیری غلظت عناصر روی، آهن و منگنز قابل جذب با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید (۱۹) و مقدار جذب این عناصر در هر یک از اندام‌های مورد مطالعه از حاصلضرب غلظت عنصر در وزن ماده خشک اندام گیاهی به‌دست آمد. هم‌چنین جهت اندازه‌گیری نیتروژن دانه از روش میکروکجلدال (۲۲) استفاده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of the experimental soil

سال	عمق نمونه (سانتی متر)	هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	اسیدیته خاک	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی-گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (درصد)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	بافت خاک
Year	sample deep (cm)	EC (mmhos/cm)	pH	O.M (%)	N(%)	P(%)	K(%)	Zn(ppm)	Fe(ppm)	Mn(ppm)	soil texture
2012	0-30	3.8	7.8	0.52	0.032	13	159	1.17	2.11	1.7	loamy sandy

نهایتاً برای آنالیز واریانس داده‌ها از نرم افزار آماری (SAS 24)، و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد، و رسم نمودارها نیز با نرم افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

بر طبق نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس تلقیح بذری آزوسپیریلوم لیپوفروم در سطح احتمال ۱ درصد محتوای عناصر ریز مغذی اندازه‌گیری شده (آهن، روی، منگنز) در دانه و ریشه و هم‌چنین محتوای نیتروژن و پتاسیم دانه و نیتروژن ریشه را در سطح احتمال ۱ درصد و محتوای فسفر دانه را در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر قرار داد اما کاربرد بذر مال آزوسپیریلوم لیپوفروم تاثیر معنی‌داری بر محتوای فسفر و پتاسیم در ریشه نداشت. اما در ارتباط با کاربرد خاک مصرف قارچ مایکوریزا همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می شود محتوای عناصر ریز مغذی آهن، روی، منگنز و هم‌چنین فسفر و پتاسیم دانه تحت تاثیر کاربرد قارچ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد البته کاربرد قارچ در سطح احتمال ۱ درصد محتوای نیتروژن، فسفر، روی و منگنز در ریشه را نیز تحت تاثیر قرار داد و هم‌چنین کاربرد قارچ مایکوریزا تاثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۵ درصد) بر محتوای نیتروژن دانه و پتاسیم و آهن ریشه نیز نشان داد. هم‌چنین بین ارقام نیز به لحاظ محتوای فسفر و پتاسیم دانه و نیز محتوای نیتروژن و منگنز ریشه اختلاف معنی دار سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت و هم‌چنین بین ارقام کشت شده از نظر محتوای نیتروژن، آهن، روی و منگنز دانه و هم‌چنین فسفر، آهن و روی ریشه در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۲). اما بررسی نتایج جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل نشان داد اثرات دوگانه رقم و قارچ مایکوریزا و هم‌چنین رقم و آزوسپیریلوم بر محتوای اکثر عناصر اندازه‌گیری شده در ریشه و دانه تاثیر معنی‌داری را نداشتند. احتمالاً روند تغییرات یکسان در بین ارقام در اثر تغییر سطوح تیماری نشان از پیروی از یک قاعده‌ی خاص دارد چرا که در مورد عمده صفات، اثرات متقابل رقم معنی‌دار نبود. اما بررسی اثرات سه‌گانه بر محتوای عناصر در دانه نشان داد که محتوای فسفر، پتاسیم و منگنز در سطح احتمال ۱ درصد و نیتروژن، روی و آهن در سطح احتمال ۵درصد تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفته‌اند. هم‌چنین بررسی محتوای عناصر در ریشه نیز نشان داد که محتوای نیتروژن، فسفر و منگنز در سطح احتمال ۱ درصد و محتوای پتاسیم، روی و آهن در سطح احتمال ۵ درصد تحت تاثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفته‌اند.

نیتروژن: بررسی تاثیر تلقیح بذری آزوسپیریلوم لیپوفروم بر محتوای نیتروژن در دانه و ریشه گندم نشان داد تلقیح باکتریایی موجب افزایش به ترتیب ۱۴ و ۱۳ درصدی در غلظت نیتروژن شده است. رجالی و همکاران (۲۱) بیان داشتند تلقیح بذور گندم با سویه‌های مختلف ازتوباکتر منجر به افزایش معنی‌دار غلظت نیتروژن دانه می‌شود همچنین آن‌ها اظهار داشتند تلقیح بذور گندم میزان جذب نیتروژن از خاک را نیز افزایش می‌دهد. بعلاوه کاربرد خاکی قارچ مایکوریزا نیز منجر به افزایش محتوای نیتروژن در دانه و ریشه گندم شد به نحوی که بیش‌ترین مقدار عنصر مذکور در دانه و ریشه گندم به ترتیب ۱/۹۸ و ۱/۰۱ درصد بود که در تیمار مصرف گونه گلوموس موسه دیده شد البته لازم به ذکر است مصرف گونه گلوموس اینترارادیسز نیز به شکل معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد در افزایش محتوای نیتروژن دانه و ریشه نقش داشت ولی به طور کلی گونه گلوموس موسه در این پژوهش موفق‌تر عمل کرد. به نظر می‌رسد افزایش محتوای نیتروژن در گیاه به دلیل افزایش سطح جذب در گندم‌های تحت تاثیر قارچ مایکوریزا باشد چرا که توسعه ریشه (نتایج ارائه نشده حاصل از همین پژوهش) و هم‌چنین توسعه هیف های قارچ مایکوریزا در خاک موجب دسترسی گیاهان آلوده به عناصر غذایی در منطقه دورتر ریشه گیاه می‌شود، پر واضح است که دسترسی گیاه به حجم بیش‌تری از خاک زراعی، زمینه‌ساز جذب بیش‌تر عناصر غذایی باشد. همچنان که اسچرینر (۲۵) نیز افزایش جذب نیتروژن را در گیاه مایکوریزایی تحت تاثیر توسعه رشد ریشه گیاه دانست. در مورد رقم نیز بیشترین محتوای نیتروژن در دانه و ریشه به ترتیب (۱/۹۴ و

www.SID.ir

Archive of SID

۱/۰۲) درصد بود که در رقم دنا مشاهده شد (جداول ۳ و ۴).

اما بررسی اثرات متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی بر محتوای نیتروژن نشان داد که بیشترین محتوای نیتروژن دانه (۲/۲۱ درصد) از تیمار تلقیح بذور رقم دنا با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد قارچ مایکوریزای گونه گلوموس موسه به‌دست آمد و بیش‌ترین محتوای نیتروژن ریشه (۱/۰۹ درصد) به طور مشترک در تیمارهای تلقیح بذور رقم دنا و بهرنگ با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد قارچ مایکوریزای گونه گلوموس موسه و هم‌چنین تیمار تلقیح بذور رقم دنا با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد گونه گلوموس اینترادیسز مایکوریزا بدست آمد. مطالعات متعدد نشان داده که باکتری‌های تنظیم کننده رشد هیچ اثر آنتاگونیستی با قارچ مایکوریزا در آلوده کردن ریشه گیاه میزبان ندارند (۲، ۳، ۹، ۱۰ و ۲۴) هم‌چنان که در این پژوهش نیز دیده می شود کاربرد توأم دو ریز موجود ۷درصد در محتوای نیتروژن ریشه و ۱۱ درصد در محتوای نیتروژن دانه از کاربرد منفرد آن‌ها مفیدتر واقع شد. اما کمترین محتوای نیتروژن در دانه (۱/۶۷ درصد) از تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در گندم چمران و کم‌ترین غلظت نیتروژن ریشه (۰/۷۹ درصد) از تیمار عدم کاربرد کود بیولوژیک در رقم بهرنگ بدست آمد (شکل ۱). اردکانی و همکاران (۵) در مطالعه ای روی گندم نشان دادند که مایکوریزا سبب افزایش قابلیت تثبیت نیتروژن آزوسپیریلوم گردیده است، ایشان بیان داشتند که در واقع، برقراری یک همزیستی سه جانبه بین قارچ مایکوریزا، آزوسپیریلوم و گندم، باعث رشد زیادتر در گندم از حالت کنترل می‌شود و در نتیجه افزایش سرعت فتوسنتز گیاهان مایکوریزایی انرژی جهت تثبیت نیتروژن افزایش می‌یابد. هامل (۱۷) اظهار داشت گیاهان مایکوریزایی شده، جذب نیتروژن آمونیومی را ترجیح می دهند و با توجه به این‌که نیتروژن آمونیومی در مقایسه با نیتروژن نیتراتی در خاک از تحرک کم‌تری برخوردار است، و این‌که تعداد گونه‌های کمتری می‌توانند بطور کارآمد نیترات را احیا نمایند، افزایش جذب نیتروژن آمونیومی توسط گیاهان مایکوریزایی می‌تواند در غلبه گیاه مایکوریزایی بر گیاه غیر مایکوریزایی نقش چشمگیری داشته باشد.

فسفر: بررسی روند تغییرات محتوای فسفر در دانه و ریشه گندم تحت تاثیر تلقیح با آزوسپیریلوم لیپوفروم نشان داد تلقیح باکتریایی موجب افزایش به ترتیب ۸ و ۵ درصدی در محتوای فسفر شده است. اردکانی و مظاهری (۵) بیان داشتند تلقیح توام بذور گندم با آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا منجر به افزایش معنی‌دار غلظت فسفر در دانه می‌شود هم‌چنین افتخاری و همکاران (۱۶) اظهار داشتند آزوسپیریلوم از طریق سنتز و آزادسازی اسیدهای آلی هم‌چون فرمیک اسید و چندین اسید آلی دیگر در خاک منجر به انحلال فسفر نامحلول شده و از این طریق جذب فسفر در گیاه آلوده به آزوسپیریلوم افزایش می یابد. اما کاربرد خاکی قارچ مایکوریزا نیز همانطور که انتظار می رفت منجر به افزایش محتوای فسفر در دانه و ریشه گندم شد به نحوی که بیش‌ترین مقدار عنصر مذکور در دانه و ریشه گندم به ترتیب ۰/۴۴ و ۰/۲۵ درصد بود که در تیمار مصرف گونه گلوموس موسه دیده شد.

جدول ۲- سطوح معنی‌داری حاصل از تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر محتوای برخی عناصر در گندم

Table 2- Significant levels of analysis of variance to test the effects of the content of some elements in wheat

element content in root						element content in seed						S.O.V	منابع تغییر
Mn	Zn	Fe	K	P	N	Mn	Zn	Fe	K	P	N		
ns	*	*ns	ns	*	*	*	ns	**	*	**	ns	replication	تکرار
**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	*	**	Azospirillum(A)	آزوسپریلیوم
**	**	*	*	**	**	**	**	**	**	**	*	Mycorrhiza (M)	قارچ
**	ns	*	ns	*	**	*	ns	*	*ns	*ns	*	Cultivar (C)	رقم
ns	*	ns	ns	**	*	**	ns	*	**	**	ns	M×A	قارچ× باکتری
ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	A× C	باکتری×رقم
ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	B×C	قارچ× رقم
**	*	*	*	**	**	**	*	*	**	**	*	A ×B×C	قارچ× باکتری× رقم
0.21	0.24	0.28	0.069	0.034	0.029	0.18	0.36	0.42	0.042	0.019	0.014	Error	خطا
12.73	9.82	10.93	8.96	11.16	8.43	9.56	7.11	8.43	8.96	8.26	6.32	CV (%)	ضریب تغییرات(٪)

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

**, * and: significant at the 1%, 5% probability levels.

www.SID.ir

Archive of SID

کاردوسو و کایپر (۱۲) افزایش محتوای فسفر در گیاه مایکوریزایی را به سه دلیل افزایش تماس فیزیکی ریشه با خاک، ایجاد تغییرات شیمیایی در ریزوسفر و تفاوت فیزیولوژیکی که بین قارچ مایکوریزا و ریشه گیاه وجود دارد دانستند. در این پژوهش کاربرد قارچ مایکوریزا محتوای فسفر را در ریشه ۲۰ درصد و در دانه ۱۲ درصد افزایش داد در صورتی‌که در مورد عمده عناصر مورد ارزیابی دیده شد که افزایش جذب عناصر با افزایش انتقال عناصر به دانه همراه بوده به نظر می رسد هجوم زیاد فسفر جذب شده توسط هیف‌های قارچی، و انتقال به ریشه منجر به افزایش بیشتر محتوای فسفر در ریشه در مقایسه با دانه شده باشد که سلیمان و همکاران (۲۷) نیز به این مسئله اشاره داشتند. در مورد رقم نیز بیش‌ترین محتوای فسفر در دانه ۰/۴۴ درصد در رقم دنا و بیشترین فسفر ریشه ۰/۲۲ درصد مشترکاً در ارقام دوروم دنا و بهرنگ بود (جداول ۳ و ۴). اما بررسی اثرات متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی نشان داد که بیش‌ترین محتوای فسفر دانه (۰/۵۰ درصد) از تیمار تلقیح بذور رقم دنا با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد قارچ مایکوریزای گونه گلوموس موسه بدست آمد و بیشترین محتوای فسفر ریشه (۰/۲۷ درصد) به طور مشترک در تیمارهای تلقیح بذور رقم دنا و بهرنگ با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد قارچ مایکوریزای گونه گلوموس موسه به‌دست آمد. همچنین کاربرد توأم دو ریز موجود ۱۲درصد در محتوای فسفر دانه و ۸ درصد در محتوای فسفر ریشه از کاربرد منفرد آن‌ها مفیدتر واقع شد. اما کمترین محتوای فسفر در دانه و ریشه به ترتیب (۰/۳۳ درصد و ۰/۱۶) از تیمار عدم کاربرد قارچ و باکتری در گندم چمران بدست آمد.

پتاسیم: بررسی نتایج مقایسه میانگین تاثیر تلقیح آزوسپیریلوم لیپوفروم بر محتوای پتاسیم گندم نشان داد که کاربرد آزوسپیریلوم منجر به افزایش محتوای پتاسیم دانه (۱۴درصد) شده است به نحوی که بیش‌ترین محتوای پتاسیم دانه معادل ۰/۸۵ درصد، از تیمار تلقیح باکتریایی به‌دست آمد البته کاربرد آزوسپیریلوم محتوای پتاسیم ریشه را نیز افزایش داد ولی این افزایش معنی‌دار نبود. کروس و همکاران (۱۴) طی پژوهشی اظهار داشتند در شرایط آبیاری نرمال کاربرد آزوسپیریلوم تاثیر معنی‌داری بر محتوای پتاسیم گندم ندارد در حالی‌که در شرایط بروز کم آبی بوته های تلقیح شده به شکل معنی‌داری محتوای پتاسیم بالاتری را نشان دادند. با این وجود در پژوهش اردکانی و مظاهری (۵) کاربرد آزوسپیریلوم منجر به افزایش محتوای پتاسیم دانه شد. در ارتباط با کاربرد قارچ مایکوریزا نیز نتایج مقایسه میانگین نشان از افزایش به ترتیب ۱۱ و ۷ درصدی در محتوای پتاسیم دانه و ریشه گندم داشت به نحوی که بیش‌ترین مقدار عنصر مذکور در دانه ۰/۸۴ درصد بود که در تیمار مصرف گونه گلوموس موسه مشاهده شد و بیش‌ترین غلظت پتاسیم ریشه (۰/۴۴ درصد) به طور مشترک در تیمارهای مصرف گونه گلوموس موسه و اینترارادیسز دیده شد. امیرآبادی و همکاران (۳) گزارش نمودند که کاربرد مایکوریزا گونه گلوموس اینترارادیسز تأثیر معنی داری بر میزان پتاسیم در اندام هوایی ذرت داشته است. بین ارقام نیز رقم دنا بیش‌ترین محتوای پتاسیم دانه (۰/۸۴ درصد) را از آن خود کرد (جدول ۳). اما بررسی اثرات متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی حکایت از حصول بالاترین محتوای پتاسیم دانه و ریشه به ترتیب (۰/۹۳ و ۰/۵۴ درصد) در تیمار تلقیح بذور رقم دنا با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس موسه بدست آمد. اما کمترین محتوای پتاسیم در دانه و ریشه نیز به ترتیب (۰/۶۲ درصد و ۰/۳۳) در تیمار عدم کاربرد قارچ و باکتری در گندم چمران به‌دست آمد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی آزوسپریلیوم، قارچ مایکوریزا و رقم بر محتوای برخی عناصر در دانه گندم

Table 3- Comparison of the effects of Azospirillum, Mycorrhiza fungi and cultivars on content of some elements in the grain

element content in grain						Treatment
(ppm) Mn	(ppm) Zn	(ppm) Fe	(%) K	(%) P	(%) N	
						Azospirillum
33.39b	25.81b	33.6b	0.74b	0.37b	1.77b	No inoculation
35.76a	29.44a	43.56a	0.85a	0.4a	2.02a	Inoculation
						Mycorrhiza
35.38b	24.16c	35.38c	0.75c	0.39c	1.87c	No use
35.11b	27.83b	38.48b	0.8b	0.41b	1.93b	*G.intraradices*
38.24a	30.91a	41.88a	0.84a	0.44a	1.98a	*G. mosseae*
						Cultivar
32.00b	27.75a	37.05b	0.75c	0.39c	1.87c	Chamran
34.12a	27.99a	39.49a	0.81b	0.42b	1.93a	Behrang
35.61a	27.44a	37.85a	0.84a	0.44a	1.94a	Dena

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار بین میانگین‌هاست (بر اساس آزمون دانکن).

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan's multiple range test 5%).

www.SID.ir

Archive of SID

به نظر می‌رسد دلیل افزایش محتوای پتاسیم را می‌توان در تأثیر مثبت آزوسپیریلوم و مایکوریزا در تثبیت و در اختیار قرار دادن عناصر حیاتی همچون نیتروژن و فسفر جست‌وجو کرد چرا که افزایش توان رشدی و توسعه ریشه گیاه، دسترسی به حجم بیش‌تر خاک و افزایش سطح جذب گیاه را در پی دارد که از دلایل محکم در افزایش جذب عناصر در گیاه هستند.

آهن: تلقیح بذری گندم با آزوسپیریلوم لیپوفروم، محتوای آهن در ریشه و دانه گندم را افزایش داد، بیش‌ترین غلظت آهن به ترتیب در دانه و ریشه (۴۳/۵۶ و ۲۳/۴۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از تیمار مصرف آزوسپیریلوم به‌دست آمد که بر طبق نتایج تلقیح باکتریایی به ترتیب ۲۳ و ۱۴ درصد محتوای آهن در دانه و ریشه را افزایش داده است. در ارتباط با کاربرد قارچ مایکوریزا نیز نتایج مقایسه میانگین نشان از افزایش به ترتیب ۱۵ و ۹ درصدی در محتوای آهن دانه و ریشه گندم داشت به نحوی که بیش‌ترین مقدار عنصر مذکور در دانه ۴۱/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که در تیمار مصرف گونه گلوموس موسه مشاهده شد و بیش‌ترین غلظت آهن ریشه نیز ۲۳/۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و در تیمار کاربرد خاکی گونه گلوموس موسه دیده شد. امیرآبادی و همکاران (۲) نیز افزایش محتوای آهن در دانه ذرت را تحت تاثیر تلقیح قارچ مایکوریزا گزارش کردند. بین ارقام نیز رقم بهرنگ بیشترین محتوای آهن در ریشه و دانه (۲۲/۵۶ و ۳۹/۴۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را نشان داد (جدول ۳). اما بررسی اثرات متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی، بالاترین محتوای آهن دانه و ریشه را به ترتیب (۴۶/۷۴ و ۲۵/۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار تلقیح بذور رقم بهرنگ با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد مایکوریزای گونه گلوموس موسه بدست آمد. اما کم‌ترین محتوای آهن در دانه ۲۸/۴۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار عدم کاربرد قارچ و باکتری در گندم چمران به‌دست آمد و کم‌ترین غظت عنصر آهن در ریشه ۱۸/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار کاربرد قارچ مایکوریزا گونه گلوموس اینترادیسز بدون تلقیح باکتریایی در گندم چمران بدست آمد. بر طبق نتایج این پژوهش کاربرد توام ریزموجودات تا ۱۱ و ۹ درصد به ترتیب غلظت این عنصر حیاتی را در دانه و ریشه بیش‌تر از کاربرد جداگانه آن‌ها افزایش داد به طور کلی رابطه هم افزایی بین آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا موفقیت جذب آهن را در گندم به حدی افزایش داده که ما قادر به استفاده از این کودهای بیولوژیک به جای منابع شیمیایی و معدنی این عنصر هم باشیم، همچنان که صفاپور و همکاران (۲۲) در ارتباط با تاثیر کاربرد توام ریزوبیوم و قارچ مایکوریزا بر جذب آهن در لوبیا و نیز اردکانی و همکاران (۶) به تاثیر شگرف کاربرد توام آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا در افزایش جذب آهن اشاره داشتند. به نظر می‌رسد کاربرد این ریزموجودات با افزایش سطح جذب ریشه و هم‌چنین تحریک ریشه برای دستیابی به حجم خاک بیش‌تر به گیاه در جذب بیش‌تر مواد غذایی کمک می‌کنند که نتیجه جذب مواد مغذی بیش‌تر به معنای افزایش غلظت مواد مغذی در بخش‌های مختلف گیاه خواهد بود.

روی: با توجه به نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین تاثیر آزوسپیریلوم بر محتوای عنصر روی در گندم دریافتیم که تلقیح آزوسپیریلوم لیپوفروم با بذور منجر به افزایش ۱۲ درصدی در محتوای روی در دانه و ریشه شد، به نحوی که بیش‌ترین محتوای عنصر روی در دانه و ریشه به ترتیب معادل ۲۹/۴۴ و ۱۷/۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم، از تیمار تلقیح باکتریایی به‌دست آمد. کاربرد گونه های قارچ مایکوریزا نیز بر طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۳ و ۴) محتوای عنصر روی در دانه و ریشه (۲۲درصد) را افزایش دادند، بیش‌ترین مقدار عنصر مذکور در دانه ۳۰/۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم، و در ریشه ۱۷/۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار مصرف گونه گلوموس موسه دیده شد. اورتاس (۲۳) در بررسی تاثیر ۴ گونه مایکوریزا، بیش‌ترین محتوای عنصر روی در دانه و بوته را تحت تاثیر کاربرد گونه گلوموس موسه گزارش کرد. بررسی اثرات متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایشی، بالاترین محتوای روی دانه و ریشه (۳۳/۸۸ و ۱۹/۷۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را در تیمار تلقیح بذور رقم دنا با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد قارچ مایکوریزای گونه گلوموس موسه نشان داد. اما کم‌ترین محتوای روی در دانه (۲۲/۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در تیمار عدم کاربرد قارچ و باکتری در گندم دنا و کم‌ترین غلظت روی در ریشه (۱۳/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار عدم کاربرد ریزموجودات در گندم بهرنگ به‌دست آمد. ویولانت و همکاران (۲۸) بر این اعتقاد هستند که کاربرد توام ریزموجودات آزوسپیریلوم و قارچ مایکوریزا از طریق توسعه ریشه و دسترسی به حجم بیش‌تر خاک باعث جذب بیشتر عناصر میکرو هم‌چون روی و آهن می‌شود. صفاپور و همکاران (۲۲) اعتقاد دارند قارچ مایکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد، و باکتری تنظیم کننده رشد از طریق تحریک توسعه رشد ریشه آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می‌کند به گفته ایشان عنصر روی سطح هورمون اکسین را نیز در گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد و به طور غیر مستقیم در ایجاد فشار اسمزی نیز نقش دارد و با فراهمی این عنصر جذب آب توسط گیاه به خوبی انجام می‌شود.

منگنز: تلقیح بذری آزوسپیریلوم لیپوفروم با گندم محتوای عنصر منگنز در دانه و ریشه را نیز ۷ درصد افزایش داد و به ترتیب به مقادیر ۳۵/۷۶ و ۲۰/۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم رساند. کاربرد قارچ مایکوریزا نیز محتوای منگنز دانه و ریشه گندم را بالا برد به نحوی که بیشترین مقدار عنصر مذکور در دانه و ریشه ۳۸/۲۴ و ۲۱/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود که در تیمار مصرف گونه گلوموس موسه مشاهده شد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات اصلی *آزوسپریلیوم*، قارچ مایکوریزا و رقم بر محتوای برخی عناصر در ریشه گندم

Table 4- Comparison of the effects of Azospirillum, Mycorrhiza fungi and cultivars on content of some elements in the grain

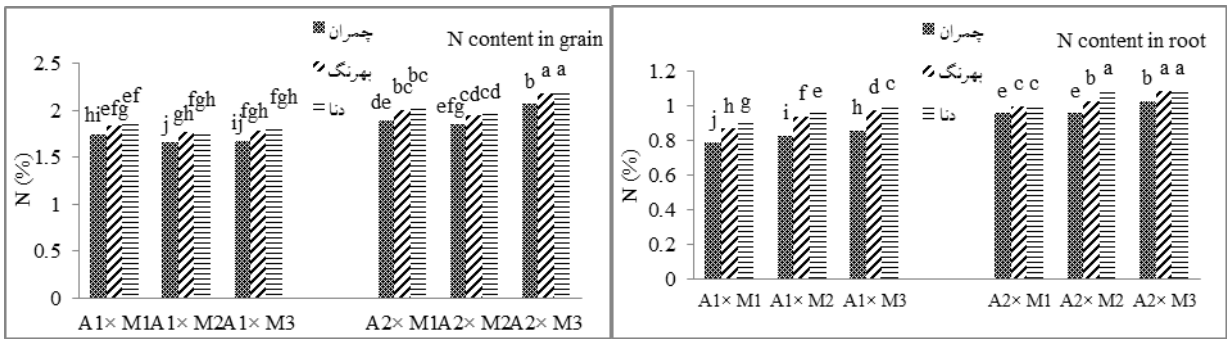
element content in root						Treatment
(ppm) Mn	(ppm) Zn	(ppm) Fe	(٪) K	(٪) P	(٪) N	
						Azospirillum
19.19b	15.01b	20.48b	0.48a	0.21a	0.9b	No inoculation
20.35a	17.12a	23.45a	0.5a	0.22a	1.03a	Inoculation
						Mycorrhiza
17.5c	14.04c	21.16bb	0.41b	0.20c	0.93c	No use
20.09b	16.18b	21.52b	0.44a	0.23b	0.96b	*G.intraradices*
21.71a	17.97a	23.23a	0.44a	0.25a	1.01a	*G. mosseae*
						Cultivar
18.43c	16.55a	20.94b	0.43a	0.21b	0.9c	Chamran
19.53b	16.10a	22.56a	0.44a	0.22a	0.98b	Behrang
21.35a	16.54a	22.41a	0.44a	0.22a	1.02a	Dena

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار بین میانگین‌هاست (بر اساس آزمون دانکن).

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan's multiple range test 5%).

ساجدی و رجالی (۲۳) نیز افزایش محتوای منگنز در دانه ذرت را تحت تاثیر تلقیح قارچ مایکوریزا گزارش کردند. بین ارقام نیز رقم دنا بیش‌ترین محتوای منگنز دانه و ریشه را از آن خود کرد (جدول ۳ و ۴). اما بر طبق نتایج جدول اثرات متقابل سه‌گانه تیمارهای آزمایش، بالاترین غلظت منگنز در دانه و ریشه به ترتیب (۴۳/۱۱ و ۲۳/۶۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار تلقیح بذور رقم دنا با آزوسپیریلوم لیپوفروم و کاربرد قارچ مایکوریزای گونه گلوموس موسه بدست آمد. اما کمترین محتوای منگنز در دانه و ریشه نیز به ترتیب (۲۹/۸۷ و ۱۷/۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار تلقیح گندم بهرنگ با آزوسپیریلوم و عدم کاربرد قارچ مایکوریزا به‌دست آمد.

امیرآبادی و همکاران (۲) اظهار داشتند کاربرد قارچ مایکوریزا و همچنین کاربرد توام قارچ و باکتری منجر به کاهش منگنز دانه می‌شود در حالی‌که کاربرد جداگانه باکتری تنظیم کننده رشد محتوای این عنصر را در دانه ذرت افزایش می‌دهد اما اردکانی و همکاران (۶) نتایج متفاوتی را اعلام کردند به نحوی که در کاربرد جداگانه و توام قارچ مایکوریزا و آزوسپیریلوم محتوای منگنز در دانه را افزایش داد نتایج متناقض بدست آمده توسط این محققین می‌تواند موید این این مطلب باشد که افزایش یا کاهش غلظت عناصر کم مصرف در گیاهان تلقیح شده، به نوع گیاه و شرایط آزمایش ارتباط پیدا می کند در هر صورت نتایج این پژوهش در توافق با نتایج اردکانی و همکاران (۶) بود.



شکل ۱- اثر متقابل آزوسپریلیوم و مایکوریزا بر برخی خصوصیات عملکردی ارقام گندم

A1: عدم تلقیح با آزوسپریلیوم ، A2: تلقیح شده با آزوسپریلیوم، M1: عدم استفاده از مایکوریزا، M2: استفاده از گونه *گلوموس اینترادیسز*، M3: استفاده از گونه *گلوموس موسه*

Figure 1- Interaction between Azospirillum and Mycorrhiza on some yield properties of wheat Cultivars

Ⅰ: Spike Density, Ⅱ: HI, Ⅲ: Grean Yield, Ⅳ: Biological Yield

CH: CV.Chamran B: CV. Behrang D: CV. Dena, A1: Non-Inoculated A2: Inoculated M1: Non-use M2: *G. intraradices* M3: *G. mossaae*.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل آزوسپریلیوم، قارچ مایکوریزا و ارقام بر محتوای برخی عناصر در ریشه و دانه گندم

www.SID.ir

Archive of SID

Table 5- Interaction effects of Azospirillum, Mycorrhiza fungi and cultivars on content of some elements in the grain and root

Element content in root					Element content in grain					Treatment
Mn	Zn	Fe	K	P	Mn	Zn	Fe	K	P	
(ppm)			(%)		(ppm)			(%)		
										Azospirillum ×Mycorrhiza ×cultivars
14.03m	13.66j	20.44gh	0.33g	0.16g	23.32n	22.77k	28.46j	0.62l	0.33j	C1× M1×A1
17.45kl	13.09k	21.94d	0.34g	0.22d	30.48im	22.52.k	29.42j	0.72ij	0.35i	C2× M1×A1
18.25jk	13.63j	21.88d	0.36fg	0.23cd	31.89k	22.44k	29.41j	0.73i	0.36h	C3× M1×A1
18.14jk	15.67	18.62j	0.37efg	0.2e	31.69k	23.25.hi	32.53i	0.69k	0.35i	C1× M2×A1
20.22g	15.19gh	21.06fg	0.38efg	0.2e	35.33gh	26.13gh	34.54hi	0.77h	0.4g	C2× M2×A1
20.84gh	15.49g	20.8efg	0.42de	0.2e	36.42f	26.66g	33.56h	0.8g	0.41f	C3× M2×A1
19.38hi	17.28cde	19.46i	0.4def	0.17g	33.85i	29.00de	37.66g	0.71j	0.36h	C1× M3×A1
21.99bcd	16.86de	20.22hi	0.42de	0.2e	38.42cd	29.00de	39.61g	0.81fg	0.41f	C2× M3×A1
22.39bc	17.2cde	20.05hi	0.44cd	0.2e	39.11bc	29.58cde	37.21f	0.83de	0.42e	C3× M3×A1
17.7k	15.42g	21.57def	0.48bc	0.19f	30.93l	25.81hi	40.66e	0.8g	0.41f	C1× M1×A2
17.1l	14.92hi	23.25c	0.48bc	0.2e	29.87m	25.67hi	42.68de	0.83de	0.43d	C2× M1×A2
20.5fg	15.53g	23.0bc	0.5ab	0.22d	35.81fg	25.72hi	41.66cd	0.84d	0.46c	C3× M1×A2
20.06gh	17.13cde	21.68de	0.48bc	0.2e	35.05h	29.78cd	43.51bc	0.81fg	0.42e	C1× M2×A2
18.8ij	17.32cd	23.37bc	0.5ab	0.22d	32.84j	29.78cd	44.42cd	0.82ef	0.43d	C2× M2×A2
22.5b	17.67c	23.11bc	0.52ab	0.25b	39.31.b	29.89cd	42.34b	0.91b	0.48b	C3× M2×A2
21.28def	18.56b	23.89b	0.5ab	0.23cd	37.17e	32.51b	44.28b	0.86c	0.46.c	C1×M3 ×A2
21.61cde	19.22a	25.75a	0.53ab	0.27a	37.67de	33.06a	46.74a	0.91b	0.48b	C2×M3 ×A2
23.63a	19.7a	25.5a	0.54a	0.27a	43.11a	33.88a	45.76a	0.93a	0.5a	C3×M3 ×A2

در هر ستون حروف مشابه نشان دهنده نبود اختلاف معنی دار بین میانگین‌هاست (بر اساس آزمون دانکن)

A1: عدم تلقیح با آزوسپریلیوم ، A2: تلقیح شده با آزوسپریلیوم، M1: عدم استفاده از مایکوریزا، M2: استفاده از گونه *گلوموس اینترادیسز*، M3: استفاده از گونه *گلوموس موسه*، C1: چمران، C2: بهرنگ، C3: دنا.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan's multiple range test 5%).
A1: Non-Inoculated A2: Inoculated M1: Non-use M2: *G. intraradices* M3: *G. mosseae* C1: Chamran C2: Behrang C3: Dena

نتیجه‌گیری کلی

در مجموع نتایج نشان داد، کاربرد قارچ مایکوریزا (بین ۶ تا ۲۳ درصد) و تلقیح آزوسپیریلوم لیپوفروم (بین ۴ تا ۲۵ درصد) محتوای عناصر غذایی را در ریشه و دانه ارقام گندم نسبت به تیمار کنترل بهبود داده‌اند. بین دو گونه قارچ مایکوریزای به کار برده شده اگر چه کاربرد گونه اینترادیسز نتایج قابل قبولی را نشان داد، ولی کاربرد گونه گلوموس موسه در این پژوهش موفق‌تر بود. هم‌چنین مصرف توأم این ریزموجودات نه تنها منجر به بروز اثرات ستیزندگی (آنتاگونیستی) و نتیجتاً کاهش در محتوای عناصر نشد، بلکه از کاربرد جداگانه شان در حد چشم‌گیری موثرتر واقع شد (بین ۷ تا ۱۲درصد)، به طور کلی در ارتباط با اکثر عناصر اندازه‌گیری شده تیمار تلقیح بذری آزوسپیریلوم لیپوفروم و مصرف گلوموس موسه در رقم دنا که یک رقم گندم دوروم بود، بیشترین غلظت عنصر در ریشه و دانه را نشان داد، که احتمالاً حصول دانه‌های با وزن کم‌تر در این رقم نسبت به دو رقم دیگر (نتایج ارائه نشده) منجر به افزایش نسبت حضور عناصر به سایر بخش ها علت آن باشد. در مجموع به نظر می‌رسد استفاده از کودهای بیولوژیک می‌تواند علاوه بر آنکه راه حل مناسبی جهت رفع نیاز غذایی گندم باشد، در غنی سازی این محصول حیاتی در الگوی غذایی مردم کشور با عناصر مورد نیاز هم نقش بسزایی داشته باشد.

منابع

1- Akbari M., Zare M.J., Mehrabi A., and Nasrollah Negad A.A. 2013. Investigation of the effect of phosphorus fertilizer and spraying Fe chellat in micronutrients absorption rate, rate of proline and Soluble carbohydrates in bread wheat and some of its ancestral species in dryland condition. Electronic Journal of Crop Production, 6 (1): 1-

www.SID.ir

Archive of SID

17.
2- Amirabadi M., Ardakani M.R., Rejaji F., and Borji M. 2009. Effects of Azotobacter chroococcum and mycorrhizal fungus at different levels of phosphorus on qualitative and morphological characteristics of forage maize (K S C 704). Iranian Journal of Soil Research (Formerly soil and water science), 23(1): 107- 115. (in Persian with English Summary)
3- Amirabadi M., Seifi M, Rejaji F., and Ardakani, M.R. 2012. Study the Concentration of Microelements in Forage maize (Zea mays L.) (SC 704) as Effected By Inoculation With mycorrhizal And Azotobacter Chroococcum Under Different levels of Nitrogen. Journal of Agroecology, 4(1): 33- 40.
4- Amooaghaie R., Mostajeran A., and Emtiazi G. 2003. The effect of azospirillum strains bacteria concentration on the growth of wheat roots. Journal of Agricultural Science, 33 (2): 222-213. (in Persian).
5- Ardakani, M.R. and Mazaheri, D. 2011. Absorption efficiency of N, P, K through triple inoculation of wheat (*Triticum aestivum* L.) by *Azospirillum brasilense*, *Streptomyces sp.*, *Glomus intraradices* and manure application. Physiology and Molecular Biology of Plants, 17(2): 181-192.
6- Ardakani M.R., Mazaheri D., Shirani Rad A.H., and Mafakheri S. 2011. Uptake of Micronutrients by Wheat (*Triticum aestivum* L.) in a Sustainable Agroecosystem. Middle-East Journal of Scientific Research, 7 (4): 444-451
7- Behl R.K., Ruppel S., Kothe E., and Narula N. 2007. Wheat x Azotobacter x VA Mycorrhiza interactions towards plant nutrition and growth. Journal of Applied Botany and Food Quality, 81. 95 -109.
8- Cardoso I.M., and Kuyper T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment, 116:72-84.
9- Chapman H.D., and Pratt D.F. 1961. Methods of analysis of Soil, Plant, and Water. University of California, Division of Agricultural Sciwnce, PP. 60-68.
10- Creus C., Sueldo R., and Barassi C. 2004.Water relations and yield in Azospirillum inoculated wheat exposed to drought in the field. Canadian Journal of Botany, 82: 273–281.
11- Ebrahim M.K., and Ali M.M. 2004. Physiological response of wheat to foliar application of zinc and inoculation with some bacterial fertilizers. Journal of Plant Nutrition, 27 (10): 1859-1874.
12- Eftekhari S.A., Ardakani M.R., Rejali F., Paknejad F., and Hasanabadi T. 2012. Phosphorus absorption in barley (*Hordeum vulgare* L.) under different phosphorus application rates and co-inoculation of *Pseudomonas fluorescence* and *Azospirillum lipoferum.* Annals of Biological Research, 3 (6): 2694-2702.
13- Hamel C. 2004. Impact of arbuscular mycorrhizal Fungi on N and P sycling in the root zone. Canadain. Journal Soil Science, 84 (4): 383-395.
14- Hamzehpour N., Malakouti M.J., And Majidi A. 2010. Zinc, Iron and manganese interaction in various organs of wheat. Iranian Journal of Soil Research (Formerly soil and water science), 24(1):1-8.
15- Lindsy W.L., and Norvel W.A. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Am. J., 42:421-428.
16- Mardukhi B., Rejali F., Daei G., Ardakani M.R., Malakouti M.J. and Miransari M. 2011. Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotypes at high salinity levels under field and greenhouse conditions. C. R. Biol., 334(7):564-71.
17- Mostajeran A., Amooaghaie B., and Emtiazi G. 2005. The effect Azospirillum and pH irrigation water on yield and protein content of wheat cultivars. Journal of Biology, 18: (3). 248-260. (in Persian).
18- Naiman A.D. Latro´nico, A. Garcı´a de Salamone I.E. 2009. Inoculation of wheat with *Azospirillum brasilense* and *Pseudomonas fluorescens*: Impact on the production and culturable rhizosphere microflora. European Journal of Soil Biology, 45: 44 – 51.
19- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1972. Determination of total nitrogen in plant material. Agronomy Journal, 65: 109-111.
20- Ortas I., 2010. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(1): 116-122.
21- Rejali F., Alizadeh A., Salehrastin N., Malakouti M.J., Khavazi K., and Asgharzadeh A. 2006. In vitro preparation and reproduction of inoculant of Glomus intraradices. Iranian Journal of Soil Research (Formerly soil and water science), 20(2): 273-283.
22- Safapour M., Ardakani M.R., Khaghani S., Teymoori M., and Hezaveh H. 2012. The Influence of Mycorrhizal Fungi and Rhizobium Bacteria on Nutrient Uptake and Phytohormonal Fluctuations of Three Red Been (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes. Archives Des Sciences Journal, 5 (65): 465-473.
23- Sajedi N.A., and Rejali F. 2011. Effect of drought stress on mycorrhizal inoculation on the uptake of micronutrients in maize. Journal of Soil Research, 25: (2). 83-92. (in Persian).
24- SAS 9.01.3 Copyright (c) 2004. By SAS Institute Inc., cary, nc, USA. SAS (r) Proprietary Software Version 9.00 (TS M0).
25- Schreiner P.R. 2007. Effects of native and non-native arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of piontnoir (*Vitis vinifera* L) in two soils with contrasting levels of phosphorus. Applied Soil Ecology,36: 205-

www.SID.ir

Archive of SID

215.
26- Sighn and Purhit, S. 2008. Biofertilizer Technology. Published by AGROBIOS (INDIA). First Edition. 389. p.
27- Solaiman A.R.M., Rabbani M.G., and Moll M.N. 2005. Effects of inoculation of Rhizobium and arbuscular mycorrhiza, poultry litter, nitrogen, and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean Journal of Crop Science, 50: 256-261.
28- Violante A., Huang P.M., Bollag J.M., and Gianfreda L. 2002. Soil mineral-organic matter-microorganism interactions and ecosystem health: Ecological significance of the interactions among clay minerals, organic matter and soil biota. Elsevier, Netherlands. First Edition, 434. p.
29- Yang J., Kloepper J.W., and Ryu C.M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends in Plant Science, 14(1): 1-4.

www.SID.ir

Archive of SID

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 1, Mar.-Apr. 2015, p. 102-113

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۴، ص. ۱۱۳-۱۰۲

Changes in Nutrient Content of Root and Grain of Wheat Cultivars Inoculated by Azospirillum and Mycorrhiza

M. Jiriaie[1]* - E. Fateh[2]- A. Aynehband[3]-E. Sepehr[4]

Received: 02-08-2013
Accepted: 29-12-2014

Introduction: Providing the nutritional requirements of agricultural crops by non-chemical resources is a new approach in the organic farming that has attracted the attention of both the researchers and the consumers in recent years. Therefore, it is highly important to find new fertilizer resources that are both economically able to provide the nutritional needs of the crop plants and have no adverse effects on the consumers and the environment.

Materials and Methods: With this approach, an experiment was conducted in the research station of Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran in 2012-13. The experimental design was factorial based on randomized complete blocks design with three replications. The treatments including Mycorrhizal fungi in three levels (i.e. no use of strain; use of *Glomus intraradices* strain; and use of *Glomus mosseae* strain), bacteria *Azospirillum lipoferum* in two-levels (i.e. non-inoculated and inoculated) and wheat cultivars in three levels (i.e. Chamran; Dena; and Behrang). The measured parameters include the concentration of macronutrients (i.e. nitrogen, phosphorus and potassium) and some micronutrients (i.e. zinc, iron and manganese) in two part seed and the root of wheat.

Results and Discussion: Surveying the elements content in the root and the grain indicated a significant and positive effect of the use the *Azospirillum* and *Mycorrhiza* to improve the concentration of the elements in wheat cultivars. However, the simultaneous use of these microorganisms led to an increase of the effects of their application on their assessed traits.Finally the highest concentration of N (2.21 present), P (0.50 present) and Fe (33.88 $mg.kg^{-1}$) were observed in the grain; the highest concentration of K (0.93 present and 0.54 present) and Mn (43.11 and 23.63 $mg.kg^{-1}$) were observed in the grain and root, respectively. Moreover, the highest concentration of Zn in the root (19.70 $mg.kg^{-1}$) was obtained from inoculation of C.V Dena seeds with *Azospirillum* and the use of *G. mosseae.* Also, in the general case of *Mycorrhiza* fungi use (between 6 to 20 present) and seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* (between 8 to 25 present), the improved nutrient content in the seeds as well as greatest impact of *Mycorrhiza* use is in increasing the content of the grain Zn (20 present) and the lowest effect of *Mycorrhiza* using is in increasing the nitrogen content in seed (6 percent). Considering the elements content in the grain, the use of bacteria also showed that the greatest impact on increasing the use of bacteria *Azospirillum lipoferum* is in increasing the iron content in seeds (25 present) and the least impact of the use of *Azospirillum lipoferum* is in increasing the seed's manganese (8 present). Moreover, the use of *Mycorrhiza* fungi (between 7 and 23 present) and seed inoculation with *Azospirillum lipoferum* (4 to 16 present) improved the contents of nutrients in wheat roots compared with the control group. Here, too, the greatest impact for *Mycorrhiza* application was in increasing the content of the Zn in the root (23 present) and the lowest effect of *Mycorrhiza* application was in increasing the potassium content in the root (7 percent). Moreover, considering the elements content in the roots in the case of being treated with *Azospirillum lipoferum,* the results showed that upon increasing the use of bacteria, the greatest impact of *Azospirillum lipoferum* in increasing elements content in the roots was an increased iron content in the root (16 present) and the minimum effect of the bactericidal application was in increasing the potassium root (4 present). Comparing the two species of *Mycorrhizal* fungi that have been used in the experiment, although application *Glomus intraradices* showed satisfactory results, the use of the species *Glomus mosseae* to increase the content of the element in seeds and roots has had a greater role. Moreover, the combined effects of these microorganisms have not only had an antagonistic effect of reducing the amount of content, they have also been more effective than being applied separately (between 7 and 12 present).

Conclusion: Generally associated with most of the measured elements, the treatment of seed inoculation

1- Member Young Researchers Club, Branch Arak, Islamic Azad University, Arak, Iran
(*-Corresponding Author Email:majidupdate@Gmail.com)
2, 3- Associate Professor and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz
4- Associate Professor, Department of Soil Scince, Faculty of Agriculture, University of Urmia

www.SID.ir

Archive of SID

with *Azospirillum lipoferum* and usage of *Glomus mosseae* in Dena cultivar that was a durum wheat, showed the highest concentration of the mentioned elements in the roots and seeds. Probably this has been due to the smaller grains in Dena than the other cultivars, which led to an increase in the ratio of the elements in the grain. Therefore, it seems that the use of the biofertilizers can be the perfect solution to eliminate the nutritional requirements of wheat. Moreover, it has the very important effect of the enrichment of this crucial product in the people's dietary patterns in this country with the required elements.

Keywords: *Azospirillum*, Nutrition, Wheat, Root, Elements concentration, Mycorrhiza

www.SID.ir