بهبود تجمع عناصر غذایی پر و کم نیاز در ذرت با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی

عبدالله جوانمرد[1*]، سید حمید مصطفوی[2]، اسعد خضری[3]، سلیمان محمدی[4]

تاریخ دریافت: 93/06/24 تاریخ پذیرش: 94/02/08

1 - استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
2- دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه
3- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد
4- عضو هیأت علمی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی میاندوآب
*مسئول مکاتبه: A.javanmard@marageh.ac.ir :E-mail

چکیده

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود شیمیایی و زیستی بر عملکرد و جذب عناصر ماکرو و میکرو در دانه ذرت، آزمایشی در سال زراعی 1392 در دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. فاکتور اول (A) شامل کود شیمیایی در سه سطح a_1: بدون کود، a_2: کود نیتروژنه و a_3:50 درصد کود نیتروژنه + 50 درصد کود فسفره و فاکتور دوم (B) شامل کود زیستی در چهار سطح b_1: عدم تلقیح، b_2: نیتروکسین، b_3: بارور2 و b_4: بارور2 + نیتروکسین بود. نتایج نشان داد کاربرد کودهای شیمیایی سبب بهبود عملکرد کمی و کیفی دانه گردید، به ویژه زمانی که عنصر فسفر به همراه نیتروژن مورد استفاده قرار گرفت. مصرف50 درصد (N+P) نسبت به عدم مصرف کودهای شیمیایی، 23/63 درصد عملکرد دانه، 10 درصد پروتئین، 9 درصد فسفر، 10 درصد پتاسیم، 5 درصد آهن و 7 درصد روی دانه را افزایش داد. کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و بارور2 به صورت توأم مؤثرتر از کاربرد انفرادی آن‌ها بود. بر اساس ترکیبات تیماری، کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی در بهبود صفات کیفی مؤثرتر از کاربرد جداگانه آن‌ها می‌باشد. به طوری که ترکیب تیماری نیتروکسین + فسفات بارور2 + 50 درصد (N+P) موجب افزایش 80 درصدی عملکرد، 22 درصد پروتئین، 50 درصد فسفر و پتاسیم و 9 درصد آهن دانه نسبت به شاهد گردید. همچنین افزایش دسترسی به فسفر توسط کودهای شیمیایی و زیستی، اثر رقابتی بر جذب عنصر روی داشته و سبب کاهش آن در دانه گردید.

واژه های کلیدی: جذب عناصر غذایی، عملکرد، میزان پروتئین، نیتروکسین

Archive of SID
www.SID.ir

Improvement of Macro and Micro Nutrients Accumulation in Maize (*Zea mays* L.) Grain by Application of Chemical and Biological Fertilizers

Abdollah Javanmard[1*], Hamid Mustafavi[2], Asad Khezri[3], Soleman Mohammadi[4]

Received: September 15, 2014 Accepted: April 28, 2015

1 Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
2 Ph.D Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Iran.
3 Former MSc Student of Agroecology, Islamic Azad University, Mahabad Branch. Iran.
4 Academic Member of Miandoab Agriculture and Natural Resources Research Station.
*Corresponding Author: A.javanmard@marageh.ac.ir

Abstract

In order to investigate the effect of different levels of bio and chemical fertilizers on yield and macro and micro nutrient elements absorption in maize (*Zea mays* L.) grain, a field experiment was carried out at the faculty of Agriculture, University of Maragheh in 2013 growing season. Experiment was arranged as factorial based on randomized complete block design (RCBD) with four replications. The first factor (A) included 3 levels of chemical fertilizer including a_1: control, without any fertilizer, a_2: %100 nitrogen fertilizer and a_3: %50 nitrogen + 50% phosphorus and the second factor (B) comprised of biofertilizer application with 4 levels as b_1: control, without any biofertilizer, b_2: inoculation by Nitroxin, b_3: inoculation by Phosphate Barvare-2 and b_4: inoculation by Nitroxin and Barvare-2. Results showed that chemical fertilizer application improved quantitative and qualitative yield of maize grain, especially, as phosphorus and nitrogen were applied together. Application of 50% (N+P) in comparison to non-application of chemical fertilizer, increased grain yield (23.63%), grain protein content (10%), phosphorus (9%), potassium (10%), iron (5%) and zinc (7%) concentrations. Also co-application of Nitroxin and Barvare-2 were more effective than application individually. According to interaction between two factors, maize quantitative and qualitative yield improved by together application of fertilizers better than they applied individually. Nitroxin +Barvare-2+ 50% (N+P) increased grain yield by 80%, protein 22%, phosphorus and potassium 50% and iron 9% compared with control. Also phosphor availability by chemical and biofertilizers had competition effect for Zn absorption, and caused reduction in grain.

Keywords: Nutrient Uptake, Nitroxin, Protein Content, Yield

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

سلامت محصولات تولید شده در سیستم‌های مختلف از نظر وجود بقایای سموم و مواد شیمیایی و تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان و محیط زیست، توجه ویژه‌ای را به روش‌های تولید و نهاده‌ها به کار رفته در امر تولید معطوف داشته است. در سال‌های اخیر در پی بحران آلودگی‌های زیست محیطی تلاش‌های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی، حذف آلاینده‌ها و حفظ پایداری اکوسیستم‌های طبیعی آغاز شده است (ورما و همکاران 2014). یکی از ارکان اساسی در کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی است (آرودا و همکاران 2013؛ وو و همکاران 2005). کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در اکثر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (آرودا و همکاران 2013). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن، جذب عناصر ماکرو و میکرو و غیره تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها در اطراف ریشه مستقر شده و با افزایش حاصلخیزی خاک، افزایش جذب عناصر توسط گیاه را بهبود می‌بخشند (سینگ و همکاران 2011). اکنون مسلم است که این باکتری‌ها بیش از یک نقش دارند، یعنی علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌های خاکزی، بهبود ساختمان خاک، تحریک رشد گیاه از طریق تولید هورمون‌های گیاهی (اکسین، سیتوکینین و جیبرلین)، افزایش کمی و کیفی محصول و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از طریق کاهش تولید اتیلن می‌شوند (ورما و همکاران 2014). از طرفی عناصر غذایی در اثر شستشوی نیترات، تثبیت فسفر، فرسایش خاک و برداشت توسط محصولات کاهش می‌یابند. برای حفظ عملکرد بالای گیاهان زراعی لازم است وضعیت عناصر غذایی خاک از راه تناوب صحیح، افزودن مواد آلی یا کاربرد کودهای معدنی در حد مطلوب حفظ شود (آشینو و همکاران 2005). نیتروژن به عنوان مهمترین عنصر در حاصلخیزی خاک، محور اصلی کودهای شیمیایی را تشکیل می‌دهد. نیتروژن در ساختمان پروتئین، اسید نوکلییک، کلروفیل، آنزیم‌ها، فسفاتید و اکثر ویتامین‌ها و سایر مولکول‌های آلی وجود دارد که در فرآیند تبادل مواد گیاهان نقش موثر و مهمی دارند. فسفر بعد از نیتروژن، مهمترین عنصر محدود کننده رشد گیاه به دلیل غیر قابل دسترس بودن به شمار می‌آید و به طور طبیعی به میزان 400 تا 1200 میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک یافت می‌شود (بیهرا و همکاران 2014). این عنصر در تمام فرآیندهای شیمیایی، سازوکارهای انتقال انرژی و انتقال پیام‌ها دخالت دارد و جزء اصلی پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک است. در اکثر کشورهای در حال توسعه از جمله ایران، این دو عنصر از طریق کودهای شیمیایی تامین می‌شوند. گزارش شده است که تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی، علاوه بر وارد کردن آلاینده‌ها به خاک و تخریب اکوسیستم سبب آلودگی چرخه‌ی آب در طبیعت نیز می‌گردد که در نهایت می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری بر سلامتی انسان داشته باشد. بنابراین برای رهایی از این مشکلات و حذف آلاینده‌ها، پیشرفت به سمت کشاورزی پایدار و استفاده از روش‌های نوین تغذیه گیاهی از جمله استفاده از کودهای زیستی بیش از پیش مورد توجه قرار می‌گیرد (پایرومیو و همکاران 2014). محققان اعلام نمودند که کاربرد باکترهای محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن و فسفر می‌شوند (ماینا‌کس و همکاران 2012؛ آرودا و همکاران 2013). کود زیستی بارور2 حاصل تحقیق پژوهشگران جهاد دانشگاهی تهران می باشد که در

Archive of SID

www.SID.ir

فرمولاسیون آن باکتری‌های ترشح کنندهٔ اسید و آنزیم-های فسفاتاز وجود دارد. نتایج استفاده از کود زیستی فسفات بارور 2 در مناطق مختلف کشور حاکی از این است که در اکثر موارد کاربرد کود زیستی بارور2 موجب افزایش بالای 10 درصدی عملکرد گیاهان زراعی مختلف شده است (پوریوسف و یدوی 1393). مانسک و همکاران (2000) دریافتند که استفاده از مایه تلقیح *ازتوباکتر* با افزایش طول و تراکم ریشه‌ها سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن، فسفر و میزان عملکرد دانه گندم شد. شاه و همکاران (2001) گزارش کردند که کاربرد کود فسفره به همراه باکتری های *سودوموناس* نه تنها باعث افزایش مقدار فسفر در خاک، بلکه باعث تسریع مراحل رشد (پنجه زنی، گلدهی و بلوغ) در سویا می‌شود. پژوهشگران دلیل افزایش عملکرد در سیستم-های تلفیقی را ناشی از مطابقت بیشتر بین نیتروژن قابل دسترس خاک با نیازهای گیاه می‌دانند، به این معنی که در اوایل رشد که نیاز غذایی کم است میزان نیتروژن معدنی آن‌ها کمتر از کود شیمیایی است، ولی در مراحل رشد زایشی به علت تداوم فرایند معدنی شدن، جذب تا مدت بیشتری ادامه پیدا می‌کند (مولکی و همکاران 2004). همچنین کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش ظرفیت نگهداری آب و ساختمان گرانوله‌ای خاک، افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی و آزادسازی عناصر غذایی موجود در کلوئیدهای خاک از دلایل افزایش عملکرد در سیستم‌های تغذیه‌ی تلفیقی و ارگانیک می‌باشد (گریندلر و همکاران 2008). از طرفی دیگر با مصرف کود آلی و کود شیمیایی و کود زیستی به صورت تلفیقی شرایط مناسب و ایده‌آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود. بطوریکه، نه تنها هیچگونه اثر سازش ناپذیری بین آن‌ها وجود ندارد بلکه مکمل همدیگر می‌باشند. کودهای زیستی با افزایش فعالیت باکتری‌های افزاینده رشد گیاه تاثیر کودهای آلی و شیمیایی را در تولیدات کشاورزی افزایش می‌دهند (شاتا و همکاران 2007). ذرت به دلیل اهمیت بالایی که در تغذیهٔ انسان و دام داشته و سازگاری گسترده‌ای نیز با مناطق آب و هوایی معتدل و گرمسیری دارد، یکی از گیاهان زراعی راهبردی محسوب می شود (یزدانی و همکاران 2009). افزایش سطح زیر کشت ذرت طی چند دههٔ گذشته، فشرده سازی سیستم های کشت این گیاه به همراه نیاز بالای ذرت به عناصر غذایی موجب شده است که علاوه بر مصرف مفرط نهاده های شیمیایی، هزینه های تولید افزایش یافته و خطرات زیست محیطی ایجاد شود (بیاری و همکاران 2008). بنابراین با توجه به اهمیت ذرت در تغذیه دام و به تبع آن تغذیه جمعیت رو به رشد انسان، آزمایشی با هدف بررسی بهتر و دقیق‌تر چگونگی تأثیر کودهای زیستی نیتروکسین و بارور2 به تنهایی و به همراه تیمارهای کودهای شیمیایی بر عملکرد و میزان عناصر دانه ذرت اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی 1392 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع از سطح دریا 1477 متر، طول و عرض جغرافیایی آن به ترتیب 46 درجه و 16 دقیقه طول شرقی و 37 درجه و 24 دقیقه عرض شمالی اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. فاکتور اول (A) کود شیمیایی شامل a_1(بدون مصرف کود شیمیایی)، a_2 (مصرف نیتروژن با توجه به نتایج آزمایش خاک و جداول توصیه کودی)، a_3 (مصرف 50 درصد N+50 درصد P) و فاکتور دوم (B) کود زیستی شامل b_1 (بدون مصرف کود زیستی)، b_2 (کود زیستی نیتروکسین)، b_3 (کود زیستی فسفاته بارور2) و b_4 (شامل نیتروکسین + فسفاته بارور2) می-باشد. قابل ذکر است که نیتروکسین حاوی مجموعه‌ای از موثرترین باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن از جنس *Azospirillum* و *Azotobacter* می‌باشد که این باکتری‌ها رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان را موجب می‌شود. کود بیولوژیکی فسفات بارور2 از انواع کودهای باکتریایی فسفره با جمعیت 10^8CFU/g باکتری‌های *Pantoea agglomerans*

Archive of SID

www.SID.ir

Pseudomonas putida strain P13 و strain P5 تشکیل شده است (محمدی و همکاران 1390). تهیه زمین شامل شخم، دیسک و لولر به طور یکسان برای تمام تیمارها صورت گرفت. هر کرت آزمایش شامل 5 ردیف کاشت به طول 4 متر بود. فواصل بین ردیف‌های کشت 75 سانتی متر و فواصل بین بوته‌ها روی ردیف 15 سانتی متر انتخاب شدند. در این آزمایش از رقم سینگل کراس 704 استفاده شد که در دسته ارقام دیررس با طول فصل رشد 120 روزه قرار دارد. البته قبل از کاشت، خاک مزرعه جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد تجزیه قرار گرفت (جدول 1). مصرف کود اوره بر اساس نتایج تجزیه آزمون خاک، 25 درصد آن در مرحله کاشت (37/5 کیلوگرم در هکتار)، 50 درصد آن 30 روز بعد از کاشت به میزان 75 کیلوگرم در هکتار و 25 درصد باقیمانده (37/5 کیلوگرم در هکتار) نیز در زمان ظهور گل تاجی به زمین اضافه شد. همچنین به میزان 100 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت مصرف شد. کودهای زیستی به صورت بذرمال استفاده شدند. ابتدا بذرهای مصرفی با توجه به مساحت مورد نیاز روی یک پلاستیک تمیز ریخته شدند، سپس کود نیتروکسین (یک لیتر در هکتار) و فسفاته بارور2 به مقدار 0/1 کیلوگرم در هکتار به تدریج و با استفاده از آبپاش روی بذرها پاشیده شدند تا زمانی که بذرها کاملاً آغشته شدند (ملکی نارگ موسی و همکاران 1392). تلفیق این دو با بذر ذرت تلقیح و بلافاصله نسبت به کشت به صورت هیرم کاری اقدام گردید. زمانی که رطوبت دانه‌ها به 25 درصد رسید (اواخر شهریور)، برداشت جهت تعیین عملکرد دانه از دو ردیف وسطی در سطحی معادل 3 مترمربع انجام گرفت. صفاتی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل عملکرد دانه، میزان ازت دانه، میزان فسفر، پتاسیم، آهن، مس و روی بودند. ابتدا میزان نیتروژن دانه به روش کجلدال تعیین و سپس درصد پروتئین دانه با ضرب در عدد 6/25 محاسبه گردید (جنسن و همکاران 1996). جهت اندازه‌گیری میزان فسفر و پتاسیم دانه از دستگاه فلیم فتومتر استفاده شد (فیث فول 2002). همچنین برای مشخص شدن میزان آهن، روی و مس از دستگاه جذب اتمی مدل AA-6300 استفاده شد (جان و لون 1980). در نهایت پس از اطمینان از نرمال بودن داده های آزمایش، تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C انجام گرفت و برای مقایسه میانگین ها در صورت معنی دار بودن از آزمون دانکن استفاده شد.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه (cm)	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته (pH)	درصد کربن آلی	درصد ازت کل	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک
0-30	1/36	8/09	1/3	0/13	14/62	444	18	53	29	لوم رسی سیلتی
30 - 60	2/26	8/05	1/06	0/1	6/69	314	18	52	30	لوم رسی سیلتی

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال 1 درصد از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت، اما ترکیب تیماری کود زیستی و شیمیایی روی این صفت معنی‌دار نبود (جدول2). نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای سطوح مختلف کود شیمیایی (جدول 3) نشان داد که تنها بین تیمارهائی که کود شیمیایی دریافت کرده‌اند با تیمار

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در این بین، تیمار 50 درصد مصرف توأم نیتروژن و فسفر با میانگین 16/91 تن در هکتار بالاترین عملکرد و تیمار شاهد با میانگین 13/68 تن در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده‌اند. نیتروژن از طریق افزایش سرعت رشد گیاه بر تعداد دانه تولیدی در بلال مؤثر بوده و همچنین موجب فراهمی مواد پرورده برای بلال از طریق دوام فتوسنتز آن هم به دلیل تدوام سطح برگ می‌شود و به دلیل کاهش رقابت دانه‌ها برای عناصر غذایی، تعداد دانه در بلال و وزن هزاردانه افزایش و به تبع افزایش اجزای عملکرد، عملکرد دانه هم افزایش می‌یابد (زبارت و همکاران 2001). همچنین با مصرف فسفر، رشد گیاه تحت تأثیر قرار گرفته، شاخص سطح برگ افزایش یافته و به تبع آن کلروفیل و فتوسنتز بیشتر شده و در نهایت موجب افزایش عملکرد می‌گردد. بیارت و روی (2005) گزارش کردد که واکنش عملکرد دانه سورگوم با افزایش مقادیر نیتروژن و فسفر افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. حمزه‌ئی و سرمدی نایبی (1389) و کافی قاسمی و همکاران (2005) افزایش عملکرد گیاهان زراعی را با کاربرد مناسب کودهای شیمیایی مشاهده کردند. در بین تیمارهای کود زیستی، کاربرد نیتروکسین، بارور2 و تیمار کاربرد توأم نیتروکسین و بارور2 به ترتیب سبب افزایش 14، 23 و 28 درصدی در عملکرد دانه گردیدند (جدول 4). همچنین با توجه به نتایج ملاحظه می‌گردد کاربرد کودهای زیستی به همراه نصف مقدار کودهای شیمیایی سودمندتر از عدم کاربرد کودهای شیمیایی و یا کاربرد نیتروکسین است (جدول 5). افزایش رشد گیاه به هورمون‌های تولید شده (ایندول استیک اسید و سیتوکینین) و به تبع آن افزایش تقسیم سلولی و توسعه ریشه، افزایش میزان کلروفیل و به دنبال آن افزایش فتوسنتز، ترشح آنزیم‌های مختلف از قبیل فسفاتاز و اسیدهای آلی، افزایش میزان سیدروفورها و آنتی‌بیوتیک‌ها، کاهش میزان سنتز اتیلن و افزایش القای مقاومت سیستمیک گیاه به پاتوژن‌ها توسط باکتریهای محرک رشد نسبت داده می‌شود (ویکرام و همکاران 2007؛ آسیری و همکاران 2008 و سینگ و همکاران 2011). می‌توان بیان کرد افزایش رشد ریشه و گسترش تارهای کشنده توسط هورمون‌های محرک رشد موجب افزایش جذب مواد غذایی و در نتیجه افزایش عملکرد ذرت می‌شود (میرزا و همکاران 2000). همچنین با توجه به اینکه عناصر نیتروژن و فسفر جزء عناصر پرمصرف برای گیاه هستند (به ترتیب توسط کودهای نیتروکسین و بارور2 تأمین می‌گردند)، لذا طبق قانون حداقل لیبیگ و بلاکمن فراهمی همزمان هر دو عنصر اثر بخش‌تر از کاربرد تک تک آن‌ها می‌باشد. محمدی و همکاران (1390) افزایش عملکرد دانه بر اثر کاربرد کودهای زیستی را به فراهمی مواد غذایی نسبت می‌دهند. عبدالله و امر (2001)، تانوار و همکاران (2002)، گالال (2003) و آسیری و همکاران (2008) نتیجه گرفتند در گیاهانی همچون سورگوم، گندم، سویا و جو کاربرد تلفیقی کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفر بر تعادل بیشتر عناصر غذایی مؤثرتر از کاربرد انفرادی هستند. حمیدی و همکاران (2009) در آزمایشی اثر باکتریهای افزاینده رشد بر هیبریدهای دیررس ذرت را بررسی نموده و گزارش کردند که کاربرد این باکتری طول دوره گرده‌افشانی، کاکل‌دهی، تطابق گل‌دهی، پرشدن دانه و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. ظفر و همکاران (2012) نتیجه گرفتند بر اثر تلقیح عدس با باکتریهای افزاینده رشد میزان افزایش طول ساقه و ریشه، وزن تر ساقه و ریشه، وزن خشک ساقه و ریشه به ترتیب 49، 17، 33، 22، 24 و 40 درصد بود. آنها دلیل این افزایش را تجمع بیشتر نیتروژن در گیاهان تلقیح شده به دلیل توانایی تثبیت نیتروژن و رشد بهتر ریشه می‌دانند. بنابراین به‌نظر می‌رسد دلیل افزایش عملکرد دانه ذرت در شرایط کاربرد کودهای زیستی، طولانی‌تر شدن طول دوره پرشدن دانه و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک در نتیجه افزایش حجم کل ریشه‌های ذرت باشد. عیدی‌زاده و همکاران (1390) مشاهده کردند که

Archive of SID

www.SID.ir

بیشترین عملکرد دانه ذرت در تیمار 50 درصد کود شیمیایی+ کود زیستی (11/8 تن در هکتار) و کمترین عملکرد در تیمار کود زیستی (6 تن در هکتار) به دست آمد. نتایج مشابهی توسط پوریوسف و یدوی (1393) روی آفتابگردان، ملکی نارگ موسی و همکاران (1392) روی ذرت شیرین و ظفر و همکاران (2012) روی عدس گزارش شده است.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی دانه ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد دانه	درصد پروتئین	درصد نیتروژن	درصد فسفر	درصد پتاسیم	غلظت آهن	غلظت مس	غلظت روی
تکرار	3	36/12^{ns}	0/41 ^{ns}	0/01^{ns}	0/002^{ns}	0/021^{ns}	0/861^{ns}	0/002^{ns}	0/007*
کود شیمیایی	2	49/72**	9**	0/23**	0/009**	0/005**	1/229^{ns}	0/282**	7/57*
کود بیولوژیک	3	33/79**	4/15**	0/10**	0/006**	0/007**	7/99^{ns}	0/124**	0/54^{ns}
کود شیمیایی× کود بیولوژیک	6	3/89^{ns}	2/99*	0/07*	0/004**	0/006**	6/61**	0/152**	1/7*
خطای آزمایشی	33	4/59	1/051	0/02	0/0001	0/0001	0/98	0/005	0/03
ضریب تغییرات (درصد)		11/6	8/65	8/6	1/83	6/24	3/52	1/5	1/3

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5، 1 درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

جدول 3- مقایسه میانگین عملکرد و صفات کیفی دانه از لحاظ مصرف و عدم مصرف کود شیمیایی

تیمار	عملکرد دانه (تن در هکتار)	درصد پروتئین	درصد ازت	درصد فسفر	درصد پتاسیم	غلظت عناصر (ppm)	
						مس دانه	روی دانه
شاهد	13/68^{b}	11/4^{b}	1/8^{b}	0/207^{b}	0/314 ^{b}	4/56^{a}	13/6^{c}
N	16/52^{a}	11/4^{b}	1/8^{b}	0/198^{b}	0/300 ^{b}	4/31^{b}	14/9^{a}
50 درصد (N+P)	16/91^{a}	12/7^{a}	2^{a}	0/242^{a}	0/336 ^{a}	4/36^{b}	14/3^{b}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد و صفات کیفی دانه از لحاظ مصرف و عدم مصرف کود زیستی

تیمار	عملکرد دانه (تن در هکتار)	درصد پروتئین	درصد ازت	درصد فسفر	درصد پتاسیم	غلظت عناصر (ppm)	
						مس	روی
شاهد	13/49^{c}	11/3^{b}	1/8^{b}	0/191^{b}	0/2838^{c}	4/48^{a}	14/3^{b}
نیتروکسین	15/38^{b}	11/3^{b}	1/8^{b}	0/202^{b}	0/3166^{b}	4/51^{a}	14/5^{a}
بارور2	16/66^{ab}	12/3^{a}	1/9^{a}	0/236^{a}	0/3384^{a}	4/3^{c}	14/3^{b}
نیتروکسین+ بارور2	17/29^{a}	12/4^{a}	1/9^{a}	0/233^{a}	0/3298^{ab}	4/35^{b}	14/0^{c}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول 2) نشان داد که اثر سطوح مختلف کود شیمیایی و کود زیستی و ترکیب تیماری این دو فاکتور بر روی درصد پروتئین دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات برای تیمار کود شیمیایی (جدول 3) نشان داد که تیمار کودی 50 درصد (N+P) با متوسط 12/73 بالاترین درصد پروتئین را نسبت به تیمار شاهد نشان داد. مقایسه میانگین تیمارها در عامل کود زیستی نیز نشان داد که تیمار نیتروکسین + فسفاته بارور2 با متوسط 12/40 درصد، اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (جدول 4). مقایسه میانگین ترکیبات تیماری دو کود برتری ترکیب دو کود شیمیایی و زیستی را نشان داد به طوری که تیمار کودی فسفاته بارور2 + 50 درصد (N+P) با متوسط 14/63 درصد، بالاترین درصد پروتئین دانه را در بین تیمارهای ترکیبی و همچنین تیمارهای کاربرد جداگانه به خود اختصاص داد و پروتئین را 22 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول 5). با توجه به اینکه نیتروکسین و فسفاته بارور2 باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و فسفر هستند و این عناصر ماده اولیه تشکیل پروتئین می‌باشند، احتمالاً یکی از دلایل افزایش پروتئین با کاربرد این باکتری‌ها به همین دلیل است. جلیلیان و همکاران (2013) و توحیدی مقدم و همکاران (1387) بالاترین مقدار پروتئین را از تیمار تلفیقی کود بیولوژیک به همراه نصف کود شیمیایی گزارش کردند. آنان اظهار داشتند که فعالیت باکتریهای تثبیت کننده نیتروژن با تأمین بخشی از نیتروژن مورد نیاز در طول فصل رشد و کاهش میزان تلفات آن، باعث افزایش میزان بازیافت کود نیتروژنه گردید. در همین زمینه برآورد راندمان کلی مصرف کود در حدود 50 درصد یا کمتر از 50 درصد برای نیتروژن، حدود 10 درصد برای فسفر نیز گزارش شده است (ملکی نارگ موسی و همکاران 1392). توحیدی مقدم و همکاران (1387) نیز اثر کود شیمیایی نیتروژنه و کود زیستی و همچنین اثر متقابل این دو را روی پروتئین دانه ذرت از لحاظ آماری معنی‌دار گزارش کردند. افزایش مقدار پروتئین دانه بر اثر کاربرد فسفر توسط قاضی (1999) و زیدان (2007) در ماش و عدس گزارش شده است. همچنین اگامبردایوا (2007) افزایش درصد پروتئین دانه گندم بر اثر تلقیح ازتوباکتر در سطوح صفر تا 100 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه را گزارش نمودند.

درصد نیتروژن دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها برای صفت درصد نیتروژن نشان داد که، سطوح مختلف کود شیمیایی و کود زیستی در سطح احتمال 1 درصد و ترکیب تیماری این دو در جذب عنصر نیتروژن در دانه، در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار است (جدول 2). نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین نشان داد که در تیمارهای سطوح مختلف کود شیمیایی، تیمار 50 درصد (N+P) با متوسط 2/04 بالاترین درصد جذب نیتروژن در دانه را به خود اختصاص داد (جدول 3). در بین تیمارهای کود زیستی، تیمار کود نیتروکسین + فسفاته بارور2 با متوسط 1/98 درصد، بالاترین مقدار حضور نیتروژن دانه را به خود اختصاص داد (جدول 4). دلیل این امر به افزایش جذب نیتروژن به واسطه تثبیت نیتروژن بالاتر (به دلیل افزایش فعالیت نیتروژناز در ریزوسفر) (آسیری و همکاران 2008)، فعالیت نیترات ردوکتاز باکتری محرک رشد و یا جذب یون آمونیوم و آمینواسید تولید شده توسط این باکتریها (اوثمان و همکاران 2010) نسبت داده می‌شود. باکتری‌های محرک رشد به دو طریق مستقیم (جذب و انتقال نیتروژن محلول) و غیر مستقیم (با ترشح ترکیبات آلی و تبدیل نیتروژن نامحلول خاک به فاز محلول و سپس انتقال آن) سبب افزایش نیتروژن گیاه میزبان می‌شود. همچنین استنچوا و دینو (2003) علت افزایش جذب ازت و فسفر در ذرت و سورگوم تحت تاثیر کودهای زیستی را به

Archive of SID

www.SID.ir

واسطه افزایش سیستم ریشه‌ای در این گیاهان گزارش کردند. ظفر و همکاران (2012) گزارش کردند بر اثر تلقیح عدس با باکتریهای محرک رشد میزان نیتروژن ریشه، ساقه و بذر به ترتیب 35، 29 و 25 درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. آندراد و همکاران (2013) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. مقایسه میانگین برای تیمارهای اثر متقابل دو کود شیمیایی و زیستی (جدول 5) نشان داد که، تیمار کود نیتروکسین + بارور2 + 50 درصد (N+P) با میانگین 2/18 درصد ضمن کسب بالاترین درصد ازت دانه، 17 درصد ازت دانه را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد. آسیری و همکاران (2008) و آندراد و همکاران (2013) نتیجه گرفتند که حداکثر جذب نیتروژن و فسفر در تیمارهای تلفیقی به واسطه بهبود تثبیت نیتروژن و فعالیت فسفاتاز حاصل می شود. جهت صرفه‌جویی و افزایش کارایی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد که تثبیت کننده نیتروژن بوده و می‌توانند در طول رشد گیاه، نیتروژن را تثبیت و در اختیار گیاه قرار دهند، مناسب به نظر می‌رسد (زیدی و محمد 2006؛ باریا و همکاران 2002). علی زاده و اردلان (1386) طی آزمایشی به این نتیجه رسیدند که کاربرد کود زیستی بر روند جذب نیتروژن و فسفر در گیاه ذرت حتی در شرایط تنش رطوبتی تأثیر مثبتی گذاشته و جذب این عناصر را در گیاه افزایش داده ولی بر جذب پتاسیم اثر معنی داری نداشت. به نظر می‌رسد ترشح اسیدهای آلی توسط این میکروارگانیسم‌ها و آزاد سازی عناصر غذایی از ترکیبات مختلف در خاک، مهمترین دلیل افزایش نیتروژن دانه باشد. نتایج مذکور با یافته های ساهنی و همکاران (2008) مطابقت دارد، آنان اظهار داشتند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد میزان نیتروژن، گوگرد، آهن و منگنز دانه را افزایش می‌دهند.

جدول 5- مقایسه میانگین عملکرد و صفات کیفی دانه در ترکیب تیماری کودهای زیستی و شیمیایی

کود شیمیایی	کود زیستی	عملکرد دانه (تن در هکتار)	درصد پروتئین	درصد ازت	درصد فسفر	درصد پتاسیم	غلظت عناصر (ppm)		
							آهن	مس	روی
شاهد	عدم تلقیح	10/15	$11/75^{c}$	$1/88^{e}$	$0/194^{c}$	$0/245^{e}$	$26/90^{cd}$	$4/34^{de}$	$13/35^{f}$
	نیتروکسین	13/56	$11/94^{bc}$	$1/91^{de}$	$0/195^{c}$	$0/323^{c}$	$28/87^{b}$	$4/88^{a}$	$14/22^{d}$
	بارور2	15/08	$12/19^{bc}$	$1/95^{cd}$	$0/226^{b}$	$0/351^{b}$	$28/99^{b}$	$4/44^{cd}$	$13/11^{f}$
	نیتروکسین+بارور2	15/94	$12/31^{bc}$	$1/97^{c}$	$0/214^{b}$	$0/340^{b}$	$26/96^{cd}$	$4/58^{b}$	$13/79^{e}$
کود ازت	عدم تلقیح	15/28	$11/19^{c}$	$1/79^{f}$	$0/183^{c}$	$0/285^{d}$	$28/31^{bc}$	$4/58^{b}$	$14/72^{c}$
	نیتروکسین	15/31	$12/38^{bc}$	$1/98^{c}$	$0/217^{b}$	$0/341^{b}$	$28/32^{bc}$	$4/31^{ef}$	$15/03^{ab}$
	بارور2	17/86	$11/77^{c}$	$1/88^{e}$	$0/198^{c}$	$0/295^{d}$	$28/43^{bc}$	$4/21^{fg}$	$15/1^{ab}$
	نیتروکسین+بارور2	17/64	$11/63^{c}$	$1/86^{e}$	$0/194^{c}$	$0/281^{d}$	$26/77^{cd}$	$4/04^{g}$	$15/14^{a}$
50 درصد (P+N)	عدم تلقیح	15/02	$11/81^{c}$	$1/89^{e}$	$0/197^{c}$	$0/321^{c}$	$28/33^{b}$	$4/53^{bc}$	$14/94^{abc}$
	نیتروکسین	17/29	$11/81^{c}$	$1/89^{e}$	$0/196^{c}$	$0/286^{d}$	$28/26^{bc}$	$4/33^{de}$	$14/32^{d}$
	بارور2	17/04	$13/14^{ab}$	$2/10^{b}$	$0/286^{a}$	$0/368^{a}$	$28/30^{b}$	$4/23^{efg}$	$14/84^{bc}$
	نیتروکسین+بارور2	18/28	$14/38^{a}$	$2/30^{a}$	$0/291^{a}$	$0/369^{a}$	$30/12^{a}$	$4/34^{de}$	$13/10^{f}$

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال 5 درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

درصد فسفر دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کود شیمیایی، کود زیستی و اثر متقابل این دو بر روی فسفر دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 2). با توجه به جداول 3 و 4، در بین

Archive of SID

www.SID.ir

تیمارهای کود شیمیایی، تیمار کودی 50 درصد (N+P) با متوسط 0/242 درصد و در تیمارهای کود زیستی، تیمار فسفاته بارور2 با متوسط 0/236 درصد، بالاترین فسفر دانه را به خود اختصاص دادند. کودهای زیستی فسفاته که حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های حل کننده‌ی فسفات هستند معمولاً با اسیدی کردن خاک و یا ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی فسفات از ترکیبات نامحلول معدنی و آلی فسفر می‌شوند که قابل جذب به وسیله گیاهان است (شارما و همکاران، 2002). با توجه به اینکه جذب عناصر مستقل از هم نبوده و یک جریان پیچیده می‌باشد، به نظر می‌رسد جذب بهتر فسفر توسط کودهای زیستی یا از طریق اثر مستقیم آنها بر جذب این عنصر بوده یا اینکه با تأثیر در جذب سایر عناصر، بطور غیر مستقیم جذب فسفر را نیز بهبود بخشیده است. همچنین پاندیی و همکاران (1998) رئوستی و همکاران (2006) ویولنت و پرگال (2007) افزایش قابل ملاحظه نیتروژن و فسفر بخش‌های مختلف بوته ذرت را بر اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد گزارش کردند. نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین برای تیمارهای تلفیقی دو کود شیمیایی و زیستی (جدول 5) نشان داد که مقدار جذب این عنصر و ذخیره آن در دانه برتری محسوسی نسبت به کاربرد جداگانه تیمارها داشت به طوری که تیمار تلفیقی نیتروکسین + فسفات بارور2 + 50 درصد (N+P) با میانگین 0/291 درصد، بالاترین غلظت فسفر دانه را در بین تمام تیمارها به خود اختصاص داد و در مقایسه با تیمار شاهد 33 درصد غلظت فسفر دانه را افزایش داد. توحیدی مقدم و همکاران (1386) روی سویا و محمد و همکاران (2003) روی جو بیشترین مقدار فسفر دانه را در اثر تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک و کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر گزارش کردند. ماهانتا و رایی (2008) گزارش دادند که کودهای زیستی، به ویژه باکتری‌های حل کننده فسفات، pH خاک را از طریق تولید انواع اسیدهای آلی از قبیل اسیدهای سیتریک، گلوتامیک، لاکتیک، اگزالیک، α-کتوبوتاریک، گلیواگزالیک، مالیک، فوماریک، تارتاریک کاهش می دهند. کاهش pH خاک بر اثر کاربرد کودهای زیستی بیانگر این واقعیت است که اسیدی شدن خاک توسط اسیدهای آلی و افزایش مادهٔ آلی خاک ممکن است علت اصلی دسترسی بیشتر عناصری از قبیل فسفر و پتاسیم تثبیت شده باشد. در نتیجه می توان افزایش دسترسی فسفر و پتاسیم را به کاهش pH خاک نسبت داد.

درصد پتاسیم دانه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف کود شیمیایی و کود بیولوژیک و اثر متقابل این دو بر روی مقدار پتاسیم دانه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که، در بین سطوح کود شیمیایی، مصرف 50 درصد (N+P) با متوسط 0/336 درصد و در بین تیمارهای کود بیولوژیک، بارور2 با متوسط 0/338 درصد و در تیمار ترکیبی، مصرف فسفاته بارور2 + 50 درصد (N+P) با میانگین 0/369 درصد، بالاترین مقدار پتاسیم دانه را به خود اختصاص دادند (جداول 3، 4 و 5). تیمار فسفاته بارور2 + 50 درصد (N+P) مقدار پتاسیم دانه را 11 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. افزایش اسیدیته خاک و عدم تثبیت پتاسیم در حضور کودهای زیستی می‌تواند از دلایل افزایش دسترسی این عنصر در خاک و به تبع آن جذب بیشتر آن توسط گیاه باشد (عیدی‌زاده و همکاران 1390). تعدادی زیادی از میکروارگانیسم‌ها از قبیل *Bacillus mucilaginosus*، *Bacillus edaphicus*، *Bacillus circulans*، *Paenibacillus spp*، *Acidothiobacillus ferrooxidans* و *Pseudomonas,Burkholderia* در آزادسازی پتاسیم به شکل قابل استفاده از ترکیبات معدنی و به دنبال آن افزایش جذب توسط گیاه نقش دارند (مینا و همکاران، 2014). میزان افزایش حلالیت پتاسیم بر اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد 84/8-127/9 درصد نسبت به

Archive of SID

www.SID.ir

شاهد بود (مینا و همکاران 2014). آزادسازی پتاسیم از کانیهای ایلیت و فلدسپار توسط میکروارگانیسم‌ها به دلیل تولید اسیدهای آلی نظیر اسید اگزالیک، اسید تارتاریک، اسید گلوکونیک، اسید 2-کتوگلوکونیک، اسید سیتریک، اسید مالیک و اسید سوکسنیک می‌باشد (شینگ و لی 2006). مینا و همکاران (2014) بیان کردند که اسید تارتاریک تولید شده به عنوان مهمترین عامل آزادسازی پتاسیم تثبیت شده محسوب می‌شود. بطور کلی حلالیت پتاسیم را می‌توان با کاهش pH، افزایش کلاته کردن پتاسیم و اسیدی کردن محیط اطراف میکروارگانیسم‌ها افزایش داد (مینا و همکاران 2014). ایستکن و همکاران (2006) افزایش معنی‌دار پتاسیم را بر اثر مصرف تلفیقی در برگ توت فرنگی گزارش کرده‌اند. هان و لی (2005) گزارش کردند که کاربرد باکتری های محرک رشد در تلفیق با کودهای شیمیایی باعث افزایش 15 درصدی پتاسیم شدند. راثی پور و علی اصغرزاده (1386) در تحقیقی روی اثرات متقابل باکتری‌های حل کننده‌ی فسفات و برادی ریزوبیوم ژاپونیکم در سویا گزارش کردند که باکترهای حل کننده فسفات باعث افزایش وزن خشک و تر گره‌های ریشه و درصد NPK در اندام‌های هوایی گیاه شدند. بیاری و همکاران (1386) و نارولا و همکاران (2000)، اثرات مثبت باکتری‌های محرک رشد را در افزایش پتاسیم گیاه گزارش کردند.

غلظت آهن دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که میزان آهن دانه فقط تحت تأثیر ترکیب تیماری کود شیمیایی و کود زیستی قرار گرفته است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای تیمارهای ترکیبی کود زیستی و شیمیایی (جدول 5) نشان داد که، ترکیب نیتروکسین + فسفات بارور2 + 50 درصد (N+P) با متوسط 29/14ppm بالاترین غلظت آهن دانه را نسبت به سایر تیمارها به خود اختصاص داد و میزان این عنصر در دانه را 12 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. محققین معتقدند کاربرد تلفیقی موجب افزایش فعالیت اسید فسفاتاز و الکالین فسفاتاز در اطراف ریشه ها شده و افزایش محتوای فسفر در خاک و جذب بیشتر ازت، روی، مس و آهن را موجب می‌شود. این نوع تلقیح دوگانه می‌تواند مکمل کابرد کودهای فسفره و ازته در گیاهان شود (بیهرا و همکاران 2014). جونز و داراه (1996) نیز در آزمایش خود نشان دادند که اسید های آلی (اسیدگلوکونیک، اسیدفوماریک و اسیدسیتریک) آزاد شده از ریز جاندارانی نظیر باسیلوس و سودوموناس علاوه بر فسفر، منجر به آزاد سازی منگنز، روی، آهن و منیزیم از کمپلکس‌های موجود در خاک می گردند. اورهان و همکاران (2006) افزایش قابلیت دسترسی به عناصری همچون آهن، مس، منگنز، کلسیم، روی، منیزیم و پتاسیم را به کاهش pH (pH از 6/7 به 6، 5/6 و 5/7 بر اثر باکتریهای مختلف محرک رشد کاهش یافت) و افزایش معدنی شدن ترکیبات آلی نسبت می‌دهند.

غلظت مس دانه

جدول تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که میزان مس دانه ذرت تحت تأثیر معنی‌دار سطوح کود شیمیایی و کود زیستی و ترکیب تیماری واقع شده است. با توجه به جدول 5 مشخص می‌گردد کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نه تنها اثر سینرژیستی در افزایش مقدار مس دانه نداشته، بلکه اثر آنتاگونیستی داشته است. بدین صورت که در تیمار عدم مصرف کود شیمیایی، استفاده از کودهای زیستی، بیشتر از عدم تلقیح سبب انباشت مس در دانه گردیده است، این در حالی است که در سایر تیمارهای کود شیمیایی، تلقیح با باکتری ها سبب کاهش مقدار مس گردیده است. این چنین به نظر می‌رسد که با کاربرد کود شیمیایی، دسترسی مس برای جذب توسط باکتری‌ها کم شده است. همچون روندی در مورد کودهای شیمیایی نیز قابل ملاحظه است. بیاری و همکاران (2008) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش مقدار

Archive of SID

www.SID.ir

مس در دانه ذرت گردید. اردکانی و همکاران (2001) افزایش جذب آهن، منیزیم، روی، مس، نیتروژن، فسفر و پتاسیم را به ترتیب 16، 20، 18، 21، 17، 14 و 20 درصد در نتیجه تلقیح بذور گندم با کودهای زیستی را گزارش دادند. افزایش جذب مواد غذایی بر اثر تلقیح با باکتریهای محرک رشد را می توان به تغییرات مورفولوژیکی در ریشه گیاهان به ویژه افزایش تعداد، طول، ضخامت ریشه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالای ریشه گیاهان تلقیح شده نسبت داد (کونگ و همکاران 2010 و ماهانتا و همکاران 2014).

غلظت روی دانه

جدول تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که میزان روی دانه ذرت تحت تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف کود شیمیایی و ترکیب تیماری کود شیمیایی و زیستی در سطح احتمال 1 درصد قرار گرفته است. نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین اثر کود شیمیایی نشان داد که تیمار کود ازت با متوسط 14/8 ppm بالاترین مقدار حضور این عنصر در دانه را نشان داد. اما با نگاهی به جدول 5 ملاحظه می‌شود، چه در مورد کودهای شیمیایی و چه کودهای زیستی، زمانی که سعی داریم مقدار جذب فسفر را افزایش دهیم (از طریق کودهای فسفره یا کود زیستی بارور2)، جذب عنصر روی کمتر می‌گردد. اما در مورد نیتروژن این قضیه بر عکس است. لذا کاربرد نیتروکسین سبب افزایش، ولی کاربرد فسفاته بارور2 سبب کاهش مقدار روی دانه گردیده است. بیاری و همکاران (2008) طی تحقیقی اثر کودهای ازت و فسفره را روی جذب عنصر روی بررسی نمودند و مشاهده کردند که در خاک های آهکی با افزایش جذب ازت، جذب روی افزایش یافته ولی باعث کاهش جذب فسفر گردیده است، که نتایج این تحقیق را اثبات می‌کند. ایستکن و همکاران (2006) نتیجه گرفتند بر اثر کاربرد کودهای زیستی، میزان روی، آهن و منگنز برگ توت فرنگی به ترتیب 35/5، 50/5 و 27 درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد) افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

همانند بسیاری از پژوهش های انجام یافته، در این آزمایش نیز مصرف کود شیمیایی به صورت چشمگیری جذب عناصر میکرو و ماکرو و در نهایت عملکرد کیفی را افزایش داد. با توجه به اثرات مضری که مصرف این کودها در طولانی مدت در طبیعت بر جای می گذارند، کاهش مصرف آن‌ها زمانی مقرون به صرفه است که بصورت تلفیقی با کودهای زیستی همراه باشند. در این پژوهش، کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی نه تنها سبب کاهش نیاز برای مصرف کودهای شیمیایی گردید، بلکه سبب افزایش عملکرد، غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن گردید. در مورد عنصر مس، کاربرد تلفیقی کودها باعث کاهش تجمع این عنصر در دانه گردید و در مورد عنصر روی بدون توجه به نوع کود، افزایش جذب فسفر سبب کاهش جذب و تجمع این عنصر گردید. به طور کلی نتایج آزمایش نشان می‌دهد در گیاهی مانند ذرت که برای تولید عملکرد مطلوب، نیازهای غذایی بالایی دارد، کودهای زیستی به تنهایی نمی‌توانند جایگزین کودهای شیمیایی شوند، بلکه می‌توان از آنها به شکل مکمل در کنار کودهای شیمیایی استفاده کرد. این امر موجب بهبود پایداری سیستم‌های تولید شده و کودهای شیمیایی نیز همچنان جزیی لازم، البته با کاربرد بهینه شده، در کشاورزی پایدار مد نظر قرار خواهند گرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع مورد استفاده

بیاری آ، غلامی ا و اسدی رحمانی ه، 1386. تولید پایدار و بهبود جذب عناصر غذایی ذرت در عکس العمل به تلقیح بذر توسط باکتری های محرک رشد، صفحه 8. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، 25 و 26 مهرماه 1386، گرگان.

حمزه‌ئی ج و سرمدی نایبی ح، 1389. تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی زراعی و جذب نیتروژن در ذرت، نشریه فن‌آوری تولیدات گیاهی، 2: 53 -ا 63.

پوریوسف ز و یدوی ع، 1393. تاثیر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد کمی و کیفی آفتابگردان، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 1: 95 - 112.

توحیدی مقدم ح، قوشچی رف، حمیدی ا و کسرایی پ، 1387. تاثیر کاربرد کود های بیولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی سویای رقم ویلیامز، فصل نامه دانش کشاورزی ایران، 2: 205-216.

راثی پور ل و علی اصغرزاده ن، 1386. اثرات متقابل باکتری های حل کننده فسفات و *Bradyrhizobium japonicum* بر شاخص‌های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصرغذایی در سویا، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 40: 53 - 64.

عیدی زاده خ، مهدوی دامغانی ع، ابراهیم پور و صباحی ح، 1390. اثرات مقدار و روش کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه ای، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی 4(3): 21 - 35.

علیزاده ام و اردلان م، 1386. اثر میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبت خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت، مجله پژوهش در علوم کشاورزی، 3(1): 101 - 108.

محمدی خ، پاساری ب، رخزادی ا، قلاوند ا، آقاعلیخانی م و اسکندری م، 1390. واکنش عملکرد و کیفیت دانه کلزا به منابع مختلف کود دامی، کمپوست و بیولوژیک در منطقهٔ کردستان، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، 4(2): 81 - 101.

ملکی نارگ موسی م، بلوچی حر، فرجی ه و یدوی ع، 1392. اثر کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه و فسفره بر عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت شیرین. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، 2: 89 - 104.

Abdalla MH and Omer SA, 2001. Survival of Rhizobia/Bradirhizobia and a rock phosphate solubilizing fungus Aspergillus nigeron various carriers from some agro-industrial wastes and their effect on nodulation and growth of faba bean and soybean. Journal of Plant Nutrition, 24: 261–272.

Andrade MMM, Stamford NP, Santos CERS, Freitas ADS, Sousa CA and Junior MAL, 2013. Effects of biofertilizer with diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungi in soil attribute,

Archive of SID

www.SID.ir

cowpea nodulation yield and nutrient uptake in field conditions. Scientia Horticulturae, 162: 374–379.

Ardakani MRD, Mazaheri F, Majd G and Mohamadi N, 2001. Role of Azospirillum bacteria onmicro and macro nutrient uptake in wheat. Pp.107-115. 6th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Sari, Iran.

Arrudaa L, Beneduzi A, Martins A, Lisboa B, Lopes C, Bertolo F, Passaglia Maria LMP and Vargas KL, 2013. Screening of Rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in Rio Grande do Sul State (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. Applied Soil Ecology, 63: 15- 22.

Aseri GK, Jain N, Panwar J, Rao AV and Meghwal PR, 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae, 117: 130–135.

Ashiono GB, Gatuiku S, Mwangi P and Akuja TE, 2005. Effect of nitrogen and phosphorous application on growth and yield of dual-purpose sorghum (*sorghum bicolor* L. Moench), E1291, the dry highlands of Kenya. Asian Journal of Plant Sciences, 4: 379-382.

Barea JM, Toro M, Orozco MO, Campos E and Azcon R, 2002. The application of isotopic (^{32}P and ^{15}N) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphate-solubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and *Rhizobium* to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. Nutrient Cycling in Agroecosystem, 63: 35-42.

Behera BC, Singdevsachan SK, Mishra RR, Dutta SK and Thatoi HN, 2014. Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilizing microorganism in mangrove-A review. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 3: 97–110.

Beyaert RP and Roy RC, 2005. Influence of nitrogen fertilization on multi-cut forage sorghum – sudangrass yield and nitrogen use. Agronomy Journal, 97:1493-1501.

Biari A, Gholami A and Rahmani HA, 2008. Growth promotion and enhanced nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria in arid region of Iran. Journal of Biological Science, 8: 1015-1020.

Egamberdiyeva D, 2007. The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil Ecology, 36: 184 –189.

Esitken A, Pirlak L, Turan M, Sahin F, 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. Scientia Horticulturae, 110: 324–327.

Faithfull NT, 2002. Methods in agricultural chemical analysis: a practical handbook. CABI Publishing.

Jon C, Loon V, 1980. Analytical Atomic Absorption Spectroscopy. Academic Press Inc. Chapter 5:Analysis of Organic Compounds pages, 158-220.

Jensen ES, 1996. Grain yield, symbiotic N2 fixation and interspecific competition for inorganic N in pea–barley intercrops. Plant and Soil, 182: 25–38.

Archive of SID

www.SID.ir

Galal YGM, 2003. Assessment of nitrogen availability to wheat (*Triticum aestivum* L.) from inorganic and organic N sources as affected by *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium leguminosarum* inoculation. Egyptian Journal of Microbiology, 38, 57–73.

Ghazi N and Al-Karaki, 1999. Rhizobium and phosphorus influence on lentil seed protein and lipid. Journal of Plant Nutrition, 22 (2): 351 – 358.

Gryndler M, Sudova R and Rydlova J, 2008. Cultivation of high biomass crops on mine spoil banks: Can microbial inoculation compensate for high doses of organic matter? Bioresource Technology, 99: 6391–6399.

Hamidi A, Chokan R, Asghar Zadeh A, Dehghan shoaar M, Ghalavand A and Malakoti MJ, 2009. The effect of use bacterial growth promoting (PGPR) on the phenology of late maturity hybrid. Iranian Journal of Crop Science, 11:270-249.

Han HS and Lee KD, 2005. Phosphate and potassium solubilizing bacteria effect on mineral uptake, soil availability and growth of eggplant. Research Journal of Agriculture and Biological Science, 1:176–80.

Jalilian J, Mohammad Modarres-Sanavy SA, Saberali SF and Sadat-Asilan K, 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research, 127: 26–34.

Jones DL and Darrah PR, 1996. Re-sorption of organic compounds by roots of *Zea mays* L. and its consequences in the Rhizosphere. Plant Soil, 178: 153-160.

Kafi-Ghasemi E and Esfahani M, 2005. Effect of nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of dent corn (*Zea mays* L.) in Gilan. Journal of Agriculture Science and Natural Resources, 12:55-62.

Mahanta D, Rai RK, Mishra SD, Raja A, Purakayastha TJ and Varghese E, 2014. Influence of phosphorus and biofertilizers on soybean and wheat root growth and properties. Field Crops Research, 166:1-9.

Mahanta D and Rai RK, 2008. Effects of sources of phosphorus and biofertilizers on productivity and profitability of soybean (*Glycine max*) – wheat (*Triticum aestivum*) system. Indian Journal of Agronomy, 53: 279–284.

Manske GB, Luttger A, Behi RK, Vlek PG and Cimmit M, 2000.Enhancement of mycorhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growth by *Azotobacter chrooccum* in wheat. Plant Breeding, 13: 78-83.

Meena VS, Maurya BR and Verma JP, 2014. Does a rhizospheric microorganism enhance K^+ availability in agricultural soils? Microbiological Research, 169: 337–347.

Minaxi Nain L, Yadav RC and Saxena J, 2012. Characterization of multifaceted *Bacillus sp*. RM-2 for its use as plant growth promoting bioinoculant for crops grown in semi arid deserts. Applied Soil Ecology, 59: 124-135.

Archive of SID

www.SID.ir

Mirza MS, Rasul G, Mehnazs Ladha JK, Ali S and Malik KA, 2000. Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. Pp: 191–204. In: Ladha JK and Reddy PM (eds). The quest for nitrogen fixation in rice. International Rice Research Institute.

Mooleki SP, Schoenau JJ, Chales JL and Wen G, 2004. Effect of rat, frequency and incorporation of feed lot cattle manure on soil nitrogen availability, crop performance and nitrogen use efficiency in east-central Saskachwan. Canadian Journal of Soil Science, 84: 199-210.

Narula N, Kumar V, Behl RK, Deubel A, Gransee A and Merbach W, 2000. Effect of P-solubilizing *Azotobacter chroococcum* on N, P and K uptake in P-responsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions. Journal of Plant Nutrition, 163: 393-398.

Osman MEH, El-Sheekh MM, El-Naggar AH, Saly F and Gheda SF, 2010. Effect of two species of cyanobacteria as biofertilizers on some metabolic activities, growth, and yield of pea plant. Biology and Fertility of Soils, 46: 861–875.

Orhan E, Esitken A, Ercisli S, Turan M and Sahin F, 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. Scientia Horticulturae, 111: 38–43.

Pandy A, Sharma E and Palni LMS. 1998. Influence of bacterial inoculation on maize upland farming systems of the Sikkim Himalaya. Soil Biology and Biochemistry, 30:379-384.

Piromyou P, Buranabanyat B, Tantasawat P, Tittabutr P, Boonkerd N and Teaumroong N, 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. European Journal of Soil Biology, 47: 44-54.

Roesty D, Gaur R and Johri BN, 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry, 38:1111-1120.

Sahni S, Sarma BK, Singh DP, Singh HB and Singh KP, 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection, 27: 369-376.

Shah P, Kakar KM and Zaha K, 2001. Phosphorus use efficiency of soy bean as affected by phosphorus application and inoculation. Plant Nutrition Food Security and Sustainability of Agro Ecosystem, 670-671.

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agro- Bios Publisher, India. Pp: 300.

Shata SM, Safaa AM and Siam HS, 2007. Improving calcareous soil productivity by integrated effect of intercropping and fertilizer. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3: 733-739.

Stancheva I and Dinev N, 2003. Effect of inoculation of maize and species of tribe Triticeae with *Azospirillum brasilense*. Journal of Plant Physiology, 4:550-552.

Archive of SID

www.SID.ir

Sheng XF and He LY, 2006. Solubilization of potassium-bearing minerals by a wild type strain of Bacillus edaphicus and its mutants and increased potassium uptake by wheat. Canadian Journal of Microbiology, 52: 66-72.

Singh JS, Pandey VC and Singh DP, 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, Ecosystems and Environment, 140: 339–353.

Tanwar SPS, Sharma GL and Chahar MS, 2002. Effect of phosphorus and biefertilizerson the growth and productivity of black gram. Annuals of Agricultural Research, 23: 491–493.

Vikram A, Hamzehzarghani H, Al-Mughrabi KI, Krishnaraj PU and Jagadeesh KS, 2007. Interaction between *Pseudomonas fluorescens* FPD-15 and *Bradyrhizobium spp.* in peanut. Biotechnology, 6: 292–298.

Verma JP, Yadav J, Tiwari KN and Jaiswal DK, 2014. Evaluation of plant growth promoting activities of microbial strains and their effect on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in India. Soil Biology & Biochemistry, 70: 33-37.

Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC and Wong MH, 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125: 155–166.

Yazdani M, Bahmanyar MA, Pirdashti H and Esmaili MA, 2009. Effect of phosphate solubilization microorganisms and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of corn. International Journal of Biological and Life Science, 1:56-58.

Zafar M, Abbasi MK, Khan MA, Khaliq A, Sultan T and Aslam M, 2012. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria on growth, nodulation and nutrient accumulation of lentil under controlled conditions. Pedosphere, 22: 848–859.

Zaidi A and Mohammad S, 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing micro-organisms and *glomus fasciculatum* on green gram-bradyrhizobium symbiosis. Agriculture Science, 30: 223-230.

Zebarth BJ, Shard RW and Howblin J, 2001. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization application on yield and quality of hard red Winter wheat. Plant Science, 72:13-19.

Zeidan MS, 2007. Effect of organic and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of Lentil plants in sandy soil. Research Journal of Agricultural & Biological Science, 3: 748-752.

Archive of SID

www.SID.ir