Effects of zeolite and biofertilizers on nutrient dynamics in soil under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71) in Neka county

Hossein Ebrahimi Chamani[1], Hormoz Fallah Amoli[2*], Yousof Niknezhad[3], Davood Barari Tari[4]

[1] PhD. Student, Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran. Email: h.chamani@iau.ac.ir
[2*] Corresponding Author, Associate Professor, Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran. Email: hormoz.fallah@iau.ac.ir
[3] Associate Professor, Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran. Email: y.niknejad@iau.ac.ir
[4] Associate Professor, Department of Agronomy, Am.C., Islamic Azad University, Amol, Iran. Email: davood.barari@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received:
Accepted:

Keywords:
acteria,Fungus,Maize, Nutrient,Yield,Zeolite

Abstract

Background and Objectives:In order to study the effects of zeolite and biofertilizers on nutrient dynamics under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71) in Neka county, a field experiment was carried out followed a split-plot scheme in a randomized complete block design, comprising three blocks in Mazandaran province, Neka in 2017 and 2018.

Materials and methods: The corn cultivars at two levels of cv. 6010 and ns71 as main plots and applications of zeolite and biofertilizers at 6 levels including the zeolite application, bacteria application, fungus application, applications of zeolite+bacteria, applications of zeolite+fungus and applications of zeolite+bacteria+fungus were considered as sub-plots. At the end of the season, the soil's physical and chemical characteristics were meticulously analyzed.

Results: The highest nitrogen and zinc content in soil was obtained by combined application of zeolite and biofertilizers, while the maximum phosphorus and iron content in the soil was obtained by separate application of zeolite. The highest reduction of soil phosphorus in both crop years related to the treatment of zeolite+bacteria+fungus and the separate use of bacteria was obtained with an average of 9.04 and 9.13 mg/kg, respectively. Also, the maximum reduction of soil iron was achieved with the simultaneous application of zeolite+bacteria+fungus with about

1.Plant Growth promoting Rhizobacteria

25% reduction compared to zeolite treatment in the first year in ns71 variety. The maximum soil potassium content was obtained with an average of 383.8 mg/kg in the conditions of individual application of bacteria for cultivar 6010 during both cropping years, and the lowest soil potassium content with a decrease of about 47.3 and 45.8 percent respectively for The cultivars 6010 and ns71 were obtained under conditions of combined use of zeolite+bacteria+fungus. The minimum content of zinc in the soil was observed in the conditions of separate use of bacteria and fungi in both years of the study. The minimum soil magnesium content with decrease of about 20.2% was obtained for ns71 variety in the first year of the experiment. The obtained results showed that the simultaneous application of zeolite+bacteria+fungus caused the maximum reduction of pH in the soil.

Cite this article: Ebrahimi chamani, H., Fallah Amoli, H., Niknejad, Y., Barari Tari, D. 2024. Effects of zeolite and biofertilizers on nutrient dynamics in soil under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71) in Neka county. *Crop Production Journal,*

1.Plant Growth promoting Rhizobacteria

اثرات زئولیت و کودهای زیستی بر پویایی عناصر غذایی در خاک تحت کاشت دو رقم ذرت (6010 و ns71) در شهرستان نکا

حسین ابراهیمی چمانی[۱]، هرمز فلاح آملی[۲*]، یوسف نیک‌نژاد[۳]، داوود براری تاری[۴]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران. رایانامه: h.chamani@iau.ac.ir

[۲*] نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران. رایانامه: hormoz.fallah@iau.ac.ir

[۳] دانشیار، گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران. رایانامه: y.niknejad@iau.ac.ir

[۴] دانشیار، گروه زراعت، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران. رایانامه: davood.barari@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت:

تاریخ پذیرش:

واژه‌های کلیدی: باکتری، قارچ، زئولیت، ذرت ، عناصر غذایی

چکیده

هدف: به منظور بررسی اثرات کودهای زیستی *Bacillus subtilis* و *Bacillus cereus* و قارچ *مایکوریزا آربسکولار Glomus mosseae* در ترکیب با زئولیت بر پویایی عناصر غذایی خاک تحت کاشت دو رقم ذرت ۶۰۱۰ وذرت ns71، آزمایشی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ و ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در استان مازندران، شهرستان نکا به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل سه بلوک اجرا شد.

مواد و روش‌ها: ارقام ذرت در دو سطح ذرت ۶۰۱۰ وns71 به عنوان عامل اصلی و کاربرد زئولیت و کودهای زیستی در شش سطح مصرف زئولیت، مصرف باکتری، مصرف قارچ، مصرف زئولیت+باکتری، مصرف زئولیت+قارچ و مصرف زئولیت+باکتری+قارچ به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شده‌اند. در پایان فصل صفات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج: نتایج نشان داد بیشترین محتوای نیتروژن و روی در خاک در تیمار ترکیبی زئولیت و کودهای زیستی اتفاق افتاد. حداکثر کاهش در محتوای فسفر خاک در هر دو سال زراعی مربوط به تیمار زئولیت+باکتری+قارچ و مصرف جداگانه باکتری به‌ترتیب با میانگین‌های ۹/۰۴ و ۹/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم حاصل شد. همچنین بیشترین کاهش آهن خاک نیز با مصرف همزمان زئولیت+باکتری+قارچ با حدود ۲۵٪ کاهش نسبت به تیمار زئولیت در سال اول در رقم ns71 به‌دست آمد. بیشترین محتوای پتاسیم خاک با

1.Plant Growth promoting Rhizobacteria

میانگین ۳۸۳/۸ پی‌پی‌ام در شرایط کاربرد انفرادی باکتری برای رقم ۶۰۱۰ طی هر دو سال زراعی حاصل شد، و کمترین محتوای پتاسیم خاک به‌ترتیب با حدود ۴۷/۳ و ۴۵/۸٪ کاهش برای ارقام ۶۰۱۰ و ns71 در شرایط مصرف ترکیبی زئولیت+باکتری+قارچ به‌دست آمد. کمترین محتوای روی خاک در شرایط مصرف جداگانه باکتری و قارچ در هر دو سال مورد مطالعه مشاهده گردید. کمترین محتوای منیزیم خاک با حدود ۲۰/۲٪ کاهش برای رقم ns71 در سال اول آزمایش حاصل گردید. نتایج به‌دست آمده کاربرد همزمان زئولیت+باکتری+قارچ موجب حداکثر کاهش pH در خاک شد.

استناد: ابراهیمی چمانی، حسین؛ فلاح آملی، هرمز؛ نیک‌نژاد، یوسف؛ براری تاری، داوود. (۱۳۹۴). اثرات زئولیت و کودهای زیستی بر پویایی عناصر غذایی در خاک تحت کاشت دو رقم ذرت (6010 و NS71) در شهرستان نکا. *مجله تولید گیاهان زراعی*،

مقدمه

بررسی ۱۰۰ آزمون خاک از مناطق مختلف شهرستان نکا در استان مازندران نشان داد، pH خاک منطقه با میانگین ۸۷/۷ از عدد بالایی برخوردار است و مقدار فسفر و آهن خاک منطقه نیز در محدوده حد کفایت یا بالاتر از حد کفایت گیاهان زراعی است ولی با این وجود، معمولاً کشاورزان شهرستان نکا با علائم کمبود این عناصر در اندام هوایی مواجه هستند. در خاک‌های آهکی عمدتا پایین بودن قابلیت دسترسی به عناصر غذایی که یکی از مهمترین عوامل بروز کمبود آنها در گیاهان است، متأثر از مقدار آهک و pH بالای خاک است (۱ و ۲). با وجود اینکه مصرف کودهای شیمیایی جهت جبران کمبود عناصر غذایی و افزایش عملکرد گیاه به عنوان راهکاری سریع شناخته شده است ولی کاربرد این کودها در بسیاری از موارد سبب ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی، خسارات اکولوژیکی و در نهایت باعث افزایش هزینه‌های تولید می‌شود (۳). در سال‌های اخیر، بهره‌گیری از کودهای زیستی نظیر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPRs)[1] مانند گونه‌های باسیلوس (*Bacillus sp.*) و قارچ‌های *مایکوریزا آربوسکولار* (AMF)[2] که اجزای اصلی اکولوژی ریزوسفر گیاه هستند به‌عنوان جایگزین پایدار برای کودهای شیمیایی مورد توجه قرار گرفته است (۴، ۵، ۶ و ۷). باکتری‌های محرک رشد با

1.Plant Growth promoting Rhizobacteria

قابلیت تولید فیتوهورمون‌هایی نظیر سیتوکنین، اکسین و جیبرلین، تولید سیدروفورها، کمک به حل‌نمودن عناصر غذایی نظیر فسفر، تولید ACCدآمیناز (۸، ۹ و ۱۰)، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، آنزیم‌ها و یا ترکیب برخی قارچ‌کش‌ها باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند (۱۱). گروه قارچی نیز نقش مهمی در بهبود رشد و عملکرد گیاه از طریق ایجاد شبکه هیفی گسترده با قابلیت افزایش سطح تماس و سرعت جذب ریشه‌ها و همچنین افزایش کارآیی سیستم ریشه‌ای در جذب آب و عناصر غذایی دارد (۱۲). تلقیح گیاه ذرت با قارچ مایکوریزا آربوسکولار سبب بهبود رشد گیاه از طریق جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌شود، بنابراین به عنوان جزئی از استراتژی‌های مدیریت تلفیقی مواد غذایی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (۱۳). به گفته دورودیان و بشارتی (۲۰۱۶)، باکتری *Bacillus* در تأمین مواد مغذی مانند نیتروژن، آهن، روی و منگنز برای گیاه بسیار موثر است (۱۴).

زئولیت‌ها از منافذ و چهاروجهی‌های آلومینوسیلیکات با گوشه‌های مشترک تشکیل شده‌اند که در چارچوب‌های سه‌بعدی به هم متصل شده‌اند که منافذ به هم پیوسته‌اند و کانال‌های طولانی و عریضی با اندازه‌های مختلف بسته به نوع کانی تشکیل می‌دهند. این کانال‌ها با فراهم نمودن امکان حرکت آسان مولکول‌های ساکن و یون‌ها به داخل و خارج از ساختار موجب اصلاح ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی و همچنین برطرف نمودن اثرات تخریبی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی در مزارع کشاورزی یکی از راهکارهای مدرنی است که طی سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (۱۵). کلینوپتیلولیت یک نوع زئولیت است که توانایی رهاسازی تدریجی مواد را دارد (۱۶). زئولیت‌ها همچنین قادرند حمل‌کننده‌ی بسیاری از حشره‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها باشند (۱۷). مطالعات اخیر حاکی از آن است که کاربرد ترکیبی مخلوط کلینوپتیلولیت اشباع از NH_4 با سنگ فسفاته (آپاتیت) موجب آزادسازی تدریجی نیتروژن و فسفر و افزودن آن‌ها به خاک می‌گردد (۱۶). کاربرد ترکیبی زئولیت و کودهای شیمیایی منجر به آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و افزایش راندمان جذب عناصر غذایی توسط گیاهان شد (۱۸). کلینوپتیلولیت در کشاورزی کارآیی کودهای مصرفی را بهبود می‌بخشد، در نتیجه باعث رشد بهتر گیاه و افزایش عملکرد می‌شود (۱۵). خطی و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که کاربرد نانوزئولیت در ترکیب با

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، خواص فیزیکوشیمیایی خاک را بهبود بخشید و رشد محصول ذرت را افزایش داد (۱۹). استفاده از قارچ مایکوریزا به همراه زئولیت علاوه بر مصرف بهینه کودهای شیمیایی فسفره، سبب بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و زراعی گیاه ذرت می‌شود. بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه ذرت در تیمارهای حاوی زئولیت به دلیل افزایش فراهمی برخی از عناصر غذایی برای گیاه می‌باشد (۲۰). بنابراین در این پژوهش زئولیت به‌عنوان یک حامل کندرها جهت حفظ کودهای زیستی در اطراف ریشه گیاه در بلندمدت با هدف بررسی اثرات کاربرد کودهای زیستی همراه با زئولیت بر بهبود جذب عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و آهن و کاهش pH خاک در شهرستان نکا مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل سه بلوک طی دو سال زراعی در دهم خرداد ۱۳۹۷–۱۳۹۶ و ۱۳۹۸–۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع دراستان مازندران، شهرستان نکا، روستای چمان با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی در ارتفاع ۴۹ متری از سطح دریای آزاد انجام شد. ویژگی‌های خاک مزرعه آزمایشی قبل از انجام طرح، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک (جدول۱) با تهیه نمونه‌ی مرکب از ۱۰ نقطه به صورت تصادفی تهیه شد.

ارقام میان‌رس ذرت علوفه‌ای در دو سطح شامل رقم‌های 6010 و ns71 به عنوان عامل اصلی و کاربرد زئولیت و کودهای زیستی در شش سطح مصرف جداگانه زئولیت، مصرف جداگانه باکتری، مصرف جداگانه قارچ، مصرف ترکیبی زئولیت+باکتری، زئولیت+قارچ و مصرف زئولیت+باکتری+قارچ به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر و طول ۴ متر بودند، فاصله بوته‌ها روی ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر و همچنین فاصله بین تکرارها یک متر تعیین شد. بذور ذرت ارقام 6010 و ns71 از شرکت دشت ناز ساری تهیه شد. زئولیت سمنان از شهرک صنعتی بابلسر تهیه و پس از غنی‌سازی به مقدار ۸۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. کودهای زیستی مورد استفاده در آزمایش شامل باکتری که ترکیبی از دو باکتری *Bacillus subtilis* و *Bacillus cereus* و قارچ مایکوریزا آربوسکولار گونه *Glomus mosseae* بود. باکتری‌ها و قارچ مورد استفاده در این آزمایش از

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران به‌ترتیب، باکتری با جمعیت CFU $۳\times۱۰^{۷-}$ و قارچ با میانگین ۱۰ عدد اسپور در هر گرم خاک خشک تهیه و به میزان ۸۰ گرم در هکتار مصرف شدند. در این طرح کود شیمیایی بر اساس آزمون خاک استفاده شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی طی دوره رشد گیاه انجام شد. غنی‌سازی زئولیت با ۱ گرم روی با ٪ خلوص ۹۹٪، ۱ گرم گوگرد با ٪ خلوص ۹۹٪ و ۱ گرم کود زیستی در یک کیلوگرم زئولیت انجام شد که ویژگی‌های جذب مواد با معادلات ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ توصیف شده است (۲۱).

در پایان فصل رشد پس از برداشت گیاه، ۳ نمونه خاک به طور تصادفی از هر کرت آزمایشی انتخاب و برای اندازه‌گیری عناصر در خاک به آزمایشگاه کلینیک گیاهپزشکی مزرعه سلامت نکا ارسال شد و اندازه‌گیری به روش‌های زیر انجام شد (۲۲، ۲۳، ۲۴ و ۲۵):

برای اندازه‌گیری pH خاک، ۲۰۰ گرم خاک عبور داده شده از مش ۱۰ را در بشر ریخته و با آب مقطر آن را به حالت اشباع رسید و پس از ۲۴ ساعت به‌وسیله pH متر، pH گل اشباع قرائت شد.

اندازه‌گیری نیتروژن کل خاک نیز با استفاده از دستگاه میکروکجلدال ۴ قطعه‌ای دستی انجام شد. در این روش یک گرم خاک در بالن مخصوص هضم ریخته شد. سپس، کاتالیزور مخلوط به مقدار ۱/۱ گرم و اسید سولفوریک غلیظ به مقدار ۶ میلی‌لیتر به آن اضافه گردید. بالن به‌مدت ۹۰ الی ۱۲۰ دقیقه روی اجاق هضم حرارت قرار گرفت. آزمایش بر روی یک نمونه شاهد (بدون خاک) نیز انجام شد. مقدار نیتروژن در این عصاره با سیستم کجلدال اندازه‌گیری شد.

$$N\,(ppm)=\frac{\left(\text{حجم اسید مصرفی شاهد}-\text{حجم اسید مصرفی نمونه}\right)\times\text{نرمالیته اسید}\times14\times1000\times\text{حجم کل}}{\text{حجم نمونه برداشته شده در آزمایش}\times\text{وزن نمونه}}$$

اندازه‌گیری فسفر خاک به روش السن انجام شد، به این صورت که ۲/۵ گرم خاک به همراه ۰/۳ گرم کربن‌اکتیو در بشر ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد. سپس به آن مقدار ۵۰ میلی‌لیتر بی‌کربنات‌سدیم ۰/۵ نرمال اضافه شد و پس از ۳۰ دقیقه شیک توسط کاغذ صافی ۲ لایه (به دلیل عبور کردن کربن اکتیو از کاغذ صافی) صاف شد سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر از عصاره را در ارلن ۵۰ ریخته و ۵ میلی‌لیتر معرف به آن افزوده شد و پس از ۲۰ دقیقه شیک کردن توسط اسپکتروفتومتر هانون مدل i3 در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت شد و عدد به‌دست آمده در فرمول زیر قرار داده شد:

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

A: عدد بدست آمده

V: حجم نمونه (۵ میلی‌لیتر)

M: وزن نمونه خاک (۲/۵ گرم)

%D.M: ٪ ماده خشک که برابر است با

$$\%D.M = 100 - \theta m$$

$$\theta m = \text{رطوبت وزنی} \times 100$$

برای اندازه‌گیری پتاسیم خاک به روش نشر شعله‌ای ۲/۵ گرم خاک عبور داده شده از مش ۱۰ را در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و مقدار ۵۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم ۱ نرمال به آن افزوده شد و بعد از ۳۰ دقیقه شیک کردن از کاغذ صافی عبور داده شد، سپس عدد به‌وسیله فلیم‌فتومتر کورنینگ مدل 410c قرائت شد. ۵ میلی‌لیتر از عصاره را در ارلن ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته و ۲ میلی‌لیتر بافر آمونیاکی و ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن افزوده شد و پس از اضافه کردن ۴ قطره EBT توسط EDTA ۰/۲ نرمال تیتر شد تا رنگ محلول به آبی تغییر کند. میزان منیزیم خاک از تفریق این دو عدد به‌دست آمد.

$$X = \frac{A \times V}{M \times \%D.M} \times 100$$

همچنین برای به‌دست آوردن میزان منیزیم خاک، ۵ میلی‌لیتر از عصاره را در ارلن ۱۰۰ ریخته و ۲ میلی‌لیتر سود ۴ نرمال و ۰/۱ گرم موروکساید و ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و سپس توسط EDTA ۰/۲ نرمال تیتر گردید تا رنگ محلول به بنفش تغییر کند. میزان منیزیم خاک از تفریق این دو عدد به‌دست آمد.

$$X = \frac{A \times V}{M \times \%D.M} \times 100$$

$$a = \frac{(0.02)\text{نرمالیته}\left(\text{نمونه} - \text{شاهد}\right)}{(5\ \text{cc})\text{حجم نمونه}} \times 1000$$

عدد به‌دست آمده برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر بوده که برای تبدیل آن به mg/kg در عدد ثابت ۱۲/۱۶ ضرب گردید. سپس عدد به‌دست آمده در فرمول زیر قرار داده شد:

$$X = \frac{A \times V}{M \times \%D.M} \times 100$$

اندازه‌گیری عناصر آهن، روی و منگنز خاک به روش جذب اتمی شعله‌ای انجام شد. ۲۰ گرم خاک عبور داده شده از مش ۱۰ را در ارلن ۲۵۰ ریخته و سپس ۴۰ میلی‌لیتر DTPA به آن اضافه شد و بعد از ۲ ساعت شیک کردن آن را صاف نموده و توسط جذب اتمی مدل اجیلت ff240 قرائت شد و عدد به‌دست آمده در فرمول زیر قرار داده شد:

در نهایت، تجزیه واریانس مرکب داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای MSTAT-C و SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

نتایج و بحث

pH خاک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که در بین تیمارهای آزمایش، pH خاک تنها تحت تأثیر تیمار کودی در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد و سایر تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری بر صفت فوق نداشتند. جدول مقایسه میانگین اثر ساده کود بر pH خاک (جدول ۳) نشان داد کاربرد توأم زئولیت+باکتری+قارچ باعث بیشترین کاهش pH خاک شد، این درحالی است که تنها، تیمارقارچ با کمترین تغییرات pH خاک در گروه آماری دیگری قرار گرفت ولی با دیگر تیمارها در یک گروه آماری قرار داشت. همچنین مشاهده شد ترکیب کودهای زیستی با زئولیت تأثیر بیشتری در کاهش pH داشته است. احتمالا کاهش pH خاک را می‌توان به ترشح اسیدهای آلی در خاک نسبت داد (۴ و ۲۶). اسیدهای آلی از طریق کلات نمودن کاتیون‌ها و رقابت با فسفر جهت اشغال مکان‌های جذب در خاک، کاهش pH و همچنین معدنی شدن نیتروژن و فسفر و تبدیل آن‌ها به نیترات، نیتریت و ارتوفسفات موجب افزایش حلالیت فسفات‌های نامحلول می‌شوند (۲۷). در یک مطالعه با هدف ارزیابی پتانسیل بازیافت انواع مواد زاید آلی، گزارش شد که آزاد شدن اسیدهای آلی و گاز دی‌اکسیدکربن حاصل از تجزیه مواد غذایی موجود در بستر توسط میکروارگانیسم‌ها و کرم‌های خاکی موجب کاهش pH مواد بستر در تمامی تیمارها طی دوره ۱۰۰ روزه شد. این محققان افزودند که اسیدهای آلی ممکن است با تشکیل کمپلکس‌های محلول با یون‌های فلزی پیوند شده با فسفر نظیر آهن، آلومینیوم و کلسیم به آزادسازی فسفر کمک نمایند (۲۸).

محتوای نیتروژن خاک

با توجه به نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۲) محتوای نیتروژن خاک تحت تأثیر اثرات اصلی سال، رقم، کود و برهمکنش دوگانه سال در کود در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد و سایر تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری بر صفت فوق نداشتند. یکی از دلایل اصلی این تغییرات را می‌توان به تبدیل شدن کربن مواد آلی به گاز دی‌اکسیدکربن و کاهش مقدار pH ناشی از پروسه تجزیه توسط میکروارگانیسم‌ها در خاک طی دوره رشد گیاه نسبت داد. یکی از فاکتورهای مهم در حفظ نیتروژن، کاهش pH می‌باشد زیرا در pH قلیایی، فرآیند تبدیل نیتروژن به گاز آمونیاک و تصعید آن صورت می‌پذیرد (۲۹).

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم (جدول ۴) نشان داد که محتوای نیتروژن خاک در رقم ns71 حدود ٪۵/۱ بیشتر از رقم 6010 بوده است. همچنین مقایسه میانگین برهمکنش سال در کود (جدول ۵) نشان داد کمترین کاهش محتوای نیتروژن خاک (۰/۲۸۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در کاربرد همزمان زئولیت + باکتری + قارچ در سال اول آزمایش حاصل شد و در شرایط مصرف زئولیت+باکتری در سال دوم آزمایش، محتوای نیتروژن خاک حدود ٪۲۶/۵ کاهش یافت. نتیجه نشان داد که در هر دو سال آزمایش با کاربرد ترکیبی زئولیت+باکتری+قارچ، بیشترین محتوای نیتروژن خاک مشاهده شد.

محتوای فسفر خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس(جدول ۲) نشان داد که در بین تیمارهای آزمایش، محتوای فسفر خاک فقط تحت تأثیر اثرات ساده سال و تیمارهای کودی در سطح احتمال ٪۱ قرار گرفت و برهمکنش سال در کود نیز در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار بود. سایر تیمارهای آزمایش بر صفت فوق معنی‌دار نگردید.

نتایج جدول مقایسه میانگین اثرات سال در محتوای فسفر خاک (جدول ۶) نشان داد محتوای فسفر خاک برای سال اول آزمایش حدود ٪۴۵/۳ بیشتر از سال دوم آزمایش بود.

نتایج مقایسه میانگین اثرات سال در تیمارهای کودی (جدول ۷) نشان داد که بیشترین محتوای فسفر خاک با میانگین ۲۲/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شرایط کاربرد انفرادی زئولیت طی سال اول آزمایش حاصل شد اگرچه با تیمارهای مصرف زئولیت+قارچ در سال اول اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. همچنین بیشترین کاهش مقدار فسفر در خاک نیز در شرایط مصرف سه‌گانه زئولیت+باکتری+قارچ و تیمار باکتری به‌ترتیب با میانگین‌های ۹/۰۴ و ۹/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد که در یک گروه آماری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای حاوی باکتری اثرات بهتری در کاهش محتوای فسفر خاک در مقایسه با تیمارهای حاوی قارچ داشت.

با توجه به نتایج به‌دست آمده (جدول ۳) می‌توان کاهش pH خاک را عامل افزایش جذب فسفر از خاک دانست. پژوهشگران اظهار داشتند که ترشح اسیدهای آلی عامل حلالیت میکروبی فسفات‌های نامحلول در محیط کشت مایع حاوی میکروارگانیسم‌ها است (۲۶). فسفر در pHهای اسیدی تمایل به پیوند با یون‌های آهن و آلومینیوم و همچنین در pHهای خنثی و قلیایی تمایل به پیوند با کلسیم و منیزیم دارد. لذا، فسفات‌های

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

کلسیم به‌عنوان کانی غالب فسفر در خاک‌هایی با pH خنثی و قلیایی محسوب می‌شوند. حداقل میزان حل‌پذیری فسفات‌های کلسیم در pH حدود ۸ می‌باشد و میزان حل‌پذیری آن با کاهش یا افزایش pH از ۸ افزایش پیدا می‌کند، اگرچه در pH بالاتر از ۸، تشکیل کربنات کلسیم با سطح ویژه زیاد موجب جذب سطحی فسفر شده و در نتیجه برای گیاه غیرقابل جذب می‌باشد (۳۰ و ۳۱).

همچنین پژوهشگران دیگر بیان نمودند تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات از طریق ایجاد تغییرات مورفولوژیکی در تارهای کشنده، تعداد، ضخامت و طول ریشه موجب جذب حداکثری فسفر می‌گردند (۳۲). استفاده از قارچ مایکوریزا به همراه زئولیت علاوه بر مصرف بهینه کودهای شیمیایی فسفره، سبب بهبود صفات فیزیولوژیکی و زراعی گیاه ذرت می‌شود. بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه ذرت در تیمارهای حاوی زئولیت به دلیل افزایش فراهمی برخی از عناصر غذایی برای گیاه می‌باشد (۲۰).

محتوای پتاسیم خاک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تمامی اثرات ساده، برهمکنش دوگانه و سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر محتوای پتاسیم خاک معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سال در رقم در کود (جدول ۸) نشان داد که بیشترین محتوای پتاسیم خاک با میانگین ۳۸۳/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم در شرایط کاربرد انفرادی باکتری برای رقم 6010 طی هر دو سال زراعی حاصل شد، در حالی‌که کمترین محتوای پتاسیم خاک به‌ترتیب با حدود ۴۷/۳ و ۴۵/۸٪ کاهش برای ارقام 6010 و ns71 در شرایط مصرف ترکیبی زئولیت+باکتری+قارچ مشاهده شد. این نتایج می‌توانند در اثر آزادسازی عناصر غذایی خاک به واسطه فعالیت باکتری و قارچ موجود در زئولیت بوده باشد که با نتایج دیگر پژوهشگران مبنی بر اینکه ریزجانداران مختلف نظیر جلبک‌ها، قارچ‌ها، مخمرها، باکتری‌ها و گلسنگ‌ها دارای قابلیت تجزیه سیلیکات‌ها و آزادسازی عناصر غذایی نظیر فسفر، پتاسیم، روی، آهن و سیلیس هستند (۳۳ و ۳۴). همسو می‌باشد. اگامبردیوا (۲۰۰۷) گزارش داد که باکتری گونه‌های *Bacillus*، *Pseudomonas* و *Mycobacterium* اثر تحریکی بالاتری بر جذب پتاسیم در گیاه ذرت در خاک‌های فقیر از نظر عناصر غذایی داشت (۹). مینا و همکاران (۲۰۱۴) و گائو و همکاران (۲۰۱۶) افزایش میزان حلالیت پتاسیم در اثر

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد را نسبت به شاهد گزارش دادند (۳۵ و ۳۶). به گونه کلی می‌توان گفت تلقیح با باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق تولید اسیدهای آلی و سیدروفور و همچنین افزایش سایر مواد محرک رشد موجب افزایش پتاسیم قابل استفاده در خاک و در نتیجه افزایش جذب آن توسط گیاه می‌گردد (۳۷). مطالعات قبلی نیز حاکی از تأثیر مثبت باکتری‌های حل‌کننده پتاسیم در گیاهان مختلف زراعی نظیر پنبه و کلزا (۳۸)، خیار و فلفل (۳۹)، سورگوم (۴۰)، گندم و ذرت (۴۱) و سودان‌گراس (۴۲ و ۴۳) گزارش شده است. سوگوماران و جانارتانام (۲۰۰۷) و لیو و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیشترین میزان آزادسازی پتاسیم در خاک را در تیمار باکتری‌های سودوموناس و باسیلوس عنوان کردند که سبب بهبود رشد گیاه و افزایش غلظت پتاسیم در بافت گیاه گندم شد (۴۴ و ۴۵).

برتری باکتری‌ها در مقایسه با تیمارهای کودی می‌تواند به دلیل افزایش فراهمی پتاسیم (۳۹) و مکانیسم‌های مستقیم و غیرمستقیم باکتری‌ها به‌ویژه تولید فیتوهورمون‌های گیاهی (۴۶) و همچنین تولید هورمون‌های محرک رشد (۴۷) و متعاقب آن گسترش تارهای کشنده باشد. باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق ایجاد تغییرات در مرفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب ریشه، به بهبود جذب عناصر غذایی در گیاهان کمک می‌نمایند. این اختلافات به دلیل نوع و شرایط توسعه ریشه‌ای در گیاهان متفاوت است. احتمالاً هورمون‌های رشد از طریق افزایش تراکم ریشه و ریشه‌های مویین موجب افزایش جذب عناصر غذایی نظیر فسفر و پتاسیم می‌گردند. کما اینکه انتخاب باکتری‌ها در مطالعه حاضر به دلیل برتری نسبی آن‌ها در پژوهش‌های دیگر بود و این خود نشان‌دهنده آن است که لزوماً نمی‌توان جهت انتخاب یا رد باکتری به نتیجه یک پژوهش اتکا نمود.

محتوای روی خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که در بین تیمارهای آزمایش، محتوای روی خاک تحت تأثیر اثرات ساده سال، کود و برهمکنش دوگانه سال در کود و رقم در کود در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد و صفت فوق تحت تأثیر سایر تیمارهای آزمایش قرار نگرفت.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سال در کود (جدول ۱۰) نشان داد که بیشترین محتوای روی خاک به‌ترتیب با میانگین‌های ۵/۲۹۵، ۵/۲۵۵ و ۵/۲۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم با کاربرد زئولیت+باکتری، زئولیت+قارچ و مصرف

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

زئولیت+باکتری+قارچ در سال اول آزمایش حاصل شد. نتایج نشان داد که کمترین محتوای روی خاک در شرایط مصرف جداگانه باکتری و قارچ در هر دو سال مورد مطالعه مشاهده گردید که در راستای نتایج سایر محققان بود. باکتری‌های موجود در خاک با اثرگذاری مثبت بر بستر رشد در ناحیه ریزوسفر و از طریق افزایش تولید هورمون‌های محرک رشد و همچنین افزایش سطح ریشه به بهبود جذب عناصر غذایی در گیاه کمک می‌کنند (۴۸ و ۴۹). بومسما و وین (۲۰۰۸) بیان کردند که وجود شبکهٔ هیفی گسترده در قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار موجب افزایش سطح و سرعت جذب ریشه و در نتیجه افزایش کارآیی گیاهان در جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه عناصر کم‌تحرک نظیر روی، مس و فسفر می‌گردد (۵۰). در این آزمایش با مصرف زئولیت، محتوای روی خاک به گونه معنی‌داری افزایش یافت که احتمالا می‌تواند به دلیل توانایی زئولیت‌ها در بـه دام اندختن عـناصر سنگین در خـاک و جلوگیری از تجمـــع آنها در خاک و گیاه باشد. ماهرخ و همکاران (۲۰۱۷) بیان داشتند در مصرف زئولیت‌ها در خاک امکان دارد برخی از عناصر غذایی کـم‌مصـرف نظیر روی، مس، منگنز و استرنسیوم به دلیل محبوس شدن در کانال‌ها و حفرات زئولیـت، در دسـترس گیاه قرار نگیرند (۵۱). همچنین یافته‌های پژوهشی در رابطه با کارآیی اصلاحگرهای بوکسیت، زئولت طبیعی و آهک در تثبیت سرب، کادمیوم و روی در خاک‌های آلوده نشان داد افزودن این اصلاحگرها در سطح ۵٪ باعث کاهش حلالیت فلزات سنگین شد (۵۲). گارسیا سانچز و همکاران (۱۹۹۹) قابلیت بالای زئولیت مصنوعی را در حفظ کاتیون‌های یک و دو ظرفیتی گزارش دادند (۵۳). در مطالعه دیگری، کلوپکا و آدریانو (۱۹۹۷) بیان نمودند که استفاده از کانی‌های زئولیت و آپاتیت موجب کاهش غلظت سرب به‌میزان ۵۰٪ در برگ‌های ذرت گردید (۵۴). همچنین نتایج مقایسه میانگین برهمکنش رقم در کود (جدول ۱۰) نشان داد که بیشترین محتوای روی خاک با میانگین ۵/۲۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم با مصرف زئولیت+قارچ در رقم ns71 به‌دست آمد، اگرچه با مصرف ترکیبی زئولیت+باکتری+قارچ در همین رقم اختلاف آماری معنی‌داری نداشت. کمترین محتوای روی خاک نیز با حدود ۷۷/۹٪ کاهش در شرایط کاربرد انفرادی باکتری در رقم 6010 و مصرف جداگانه قارچ در رقم ns71 مشاهده شد. نتیجه به‌دست آمده حاکی از آن بود که کمترین محتوای روی خاک در شرایط مصرف جداگانه باکتری و قارچ

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

برای هر دو رقم مورد مطالعه مشاهده گردید در حالی‌که با مصرف زئولیت و تیمارهای حاوی زئولیت، محتوای روی خاک به طور معنی‌داری افزایش یافت.

محتوای منیزیم خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که محتوای منیزیم خاک تحت تأثیر اثرات اصلی سال، رقم، کود، برهمکنش سال در کود و سال در رقم در سطح احتمال ۱٪ و همچنین برهمکنش رقم در کود در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سال در کود (جدول ۱۰) نشان داد که بیشترین محتوای منیزیم خاک به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۵۲/۴، ۱۵۱/۸ و ۱۴۸/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم با کاربرد جداگانه زئولیت، باکتری و قارچ حاصل شد و با کاربرد ترکیبی تیمارهای کودی، از محتوای منیزیم خاک در سال دوم آزمایش کاسته گردید. همچنین بیشترین محتوای منیزیم خاک به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۳۹/۳ و ۱۳۸/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم مربوط به تیمارهای زئولیت و تیمار باکتری برای رقم 6010 بود. نتیجه نشان داد که به گونه کلی کاربرد انفرادی تیمارهای کودی اثرات کمتری در جذب محتوای منیزیم خاک در مقایسه با تیمارهای ترکیبی داشت. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سال در رقم (جدول ۵) نشان داد که بیشترین محتوای منیزیم خاک با میانگین ۱۴۷/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای رقم 6010 در سال دوم آزمایش حاصل شد در حالی‌که کمترین محتوای منیزیم خاک با حدود ۲۰/۲٪ کاهش برای رقم ns71 در سال اول آزمایش مشاهده گردید. نتایج حاکی از آن است که رقم ns71 کارآیی بالاتری در جذب منیزیم خاک در هر دو سال آزمایش نسبت به رقم 6010 داشت.

در این آزمایش نشان داده شد که در تیمار ترکیبی، میزان جذب آهن از خاک به گونه چشم‌گیری افزایش یافت و احتمالاً به دلیل همبستگی مثبت بین منیزیم و آهن، میزان جذب منیزیم در گیاه برای فتوسنتز آسانتر افزایش یافت (۵۵). عباس‌زاده و زاکریان (۲۰۱۴) نیز بیان کردند مایکوریزا با افزایش جذب نیتروژن، موجب بهبود جذب آهن و در نتیجه افزایش جذب منیزیم می‌گردد (۵۵). همبستگی مثبت در جذب و انتقال در گیاه می‌تواند به جذب سایر عناصر غذایی پس از جذب یک یا چند عنصر از عناصر مذکور ناشی از افزایش نیاز گیاه مرتبط باشد یا اینکه وجود شرایط مشابه جهت جذب این عناصر موجب همبستگی مثبت در فرآیند جذب و انتقال می‌گردد. مشارکت آهن و منیزیم در ساخت کلروفیل، تسهیل در جذب یکدیگر و وجود

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

شرایط مشابه برای جذب آن‌ها به وسیله گیاه می‌تواند از دلایل رابطه سینرژیستی بین این دو عنصر غذایی باشد.

محتوای منگنز خاک

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثرات هیچ یک از تیمارهای آزمایش به جز اثرات اصلی سال ($P\leq0.05$) بر محتوای منگنز خاک معنی‌دار نبود.

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی سال (جدول ۶) نشان داد که محتوای منگنز خاک در سال اول آزمایش بیشتر از سال دوم آزمایش بود.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که در کشت ارقام مورد بررسی ذرت، همزیستی با کودهای زیستی و زئولیت غنی‌شده باعث تغییرات میزان عناصر غذایی در خاک شد، که این تغییرات در کرت‌های زیر کشت رقم ns71 نسبت به رقم 6010 بیشتر مشاهده شد. این موضوع نشان می‌دهد که با تعیین مناسب‌ترین ترکیب گیاه و کودهای زیستی به همراه زئولیت غنی‌شده می‌توان به نحو مؤثری از این همزیستی در افزایش کارآیی عناصر خاک استفاده کرد. صفت جذب انتخابی زئولیت‌ها می‌تواند برای طیف گسترده‌ای از کاتیون‌ها به‌عنوان حامل‌های کودهای شیمیایی به افـزایش توانایی خاک در نگهداشت عناصر غذایی کمک نماید و همچنین مشابه کودهای کندرها با رهاسازی آهسته و تدریجی عناصر غذایی موجب کاهش هدررفت عناصر از طریق آبشویی و همچنین بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه زراعی می‌گردد.

به گونه کلی کاربرد کودهای زیستی به همراه زئولیت غنی‌شده منجر به کاهش pH و محتوای عناصر غذایی در خاک یا به‌عبارتی افزایش جذب عناصر در کشت ذرت به‌ویژه عناصر فسفر و آهن در خاک‌های منطقه نکا شد. بنابراین برای کاهش مخاطرات زیست‌محیطی، پاکسازی خاک، جلوگیری از آبشویی عناصر غذایی در خاک و افزایش کارآیی عناصر، استفاده از این ترکیبات در منطقه نکا پیشنهاد می‌شود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک، میانگین ۱۰۰ آزمون خاک در شهرستان نکا

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil (0-30 cm depth), average of 100 soil samples in Neka County

بافت خاک Soil texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available phosphorus	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available potassium	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Iron (mg/kg)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zinc (mg/kg)

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

		(mg/kg)	(mg/kg)				
1.93	24.17	300	21.2	0.26	0.63	7.87	Silty loam

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه آزمون خاک در شهرستان نکا

Table 2. Physical and chemical characteristics of soil (0-30 cm depth) at the experimental field in Neka County

روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zinc (mg/kg)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Iron (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available potassium (mg/kg)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available phosphorus (mg/kg)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی EC (dS/m)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture
1.77	23.29	312	20.9	0.24	0.65	7.89	Silty loam

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب محتوای عناصر غذایی خاک تحت تأثیر رقم و تیمارهای کودی تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 3. Combined analysis of variance for soil nutrient content as affected by cultivar and fertilizer treatments under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

		میانگین مربعات Mean Square						
منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن خاک Soil nitrogen	فسفر خاک Soil phosphorus	پتاسیم خاک Soil potassium	آهن خاک Soil iron	روی خاک Soil zinc	منگنز خاک Soil manganese	منیزیم خاک Soil magnesium
سال Year	1	0.005**	1521.03**	1492.9**	2165.03**	7.566**	0.490*	12232.0**
تکرار در سال Replication*Year	4	0.005	0.514	60.978	3.676	0.164	0.676	19.111
رقم Cultivar	1	0.003**	1.194^{ns}	6756.2**	10.780*	1.080^{ns}	0.002^{ns}	284.6**
سال در رقم Year*Cultivar	1	0.000^{ns}	0.011^{ns}	2110.9**	0.172^{ns}	0.076^{ns}	0.000^{ns}	150.1**
خطای a Error a	4	0.000	0.473	37.397	0.796	0.184	0.038	6.726
کود Fertilizer	5	0.002**	33.731**	26081.8**	8.433**	38.331**	0.166^{ns}	151.6**
سال در کود Year*Fertilizer	5	0.002**	1.673^{ns}	488.9**	3.484**	0.425**	0.218^{ns}	157.3**
رقم در کود Cultivar*	5	0.001^{ns}	0.584^{ns}	3425.7**	5.194**	0.655**	0.318^{ns}	23.212*

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

Fertilizer								
سال در رقم در کود Year*cultivar*Fertilizer	5	0.000^{ns}	0.187^{ns}	365.3*	2.955*	0.102^{ns}	0.310^{ns}	8.394^{ns}
خطای b Error b	40	0.000	1.185	125.2	0.905	0.044	0.310	8.393
ضریب تغییرات CV(%)	-	9.34	6.95	3.94	5.01	5.88	3.62	2.20

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪.

ns, * and **: non-significant, significant at 5% and significant at 1% probability level

جدول۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی کود بر pH خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 4. Mean comparison of the main effects of fertilizer on soil pH under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

کود Fertilizer	pH
زئولیت Zeolite	7.48
باکتری Bacteria	7.54
قارچ Fungus	7.60
زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	7.43
زئولیت + قارچ Zeolite+ Fungus	7.44
زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	7.37
$LSD_{0.05}$	0.10

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

جدول۵- مقایسه میانگین اثرات اصلی رقم بر محتوای نیتروژن خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 5. Mean comparison of the main effects of cultivar on soil nitrogen content under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

صفات مورد بررسی Traits under investigation	محتوای نیتروژن خاک Soil nitrogen content (%)
رقم Cultivar	
6010	0.2273
ns71	0.2397
$LSD_{0.05}$	0.022

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش سال در تیمارهای کودی بر محتوای نیتروژن، روی و منیزیم خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 6. Interaction between year × fertilizer treatments on nitrogen, zinc and magnesium contents of the soil under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

سال Year	تیمارهای کودی Fertilizer treatments	محتوای نیتروژن خاک Soil nitrogen content (mg/kg)	محتوای روی خاک Soil zinc content (mg/kg)	محتوای منیزیم خاک Soil magnesium content (mg/kg)
1396 (2017)	زئولیت Zeolite	0.2175	4.650	119.9
	باکتری Bacteria	0.2265	1.470	116.8
	قارچ Fungus	0.2365	1.345	118.2
	زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	0.2430	5.295	118.8
	زئولیت + قارچ Zeolite+Fungus	0.2425	5.255	118.7
	زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	0.2860	5.225	118.2
1397 (2018)	زئولیت Zeolite	0.2350	4.195	152.4
	باکتری Bacteria	0.2200	1.090	151.8
	قارچ Fungus	0.2300	1.110	148.2
	زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	0.2100	4.525	139.3
	زئولیت + قارچ Zeolite+ Fungus	0.2200	4.485	138.3
	زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	0.2350	3.945	136.9
	$LSD_{0.05}$	0.016	0.34	4.78

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات اصلی سال بر محتوای فسفر و منگنز خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 7. Mean comparison of the main effects of year on phosphorus and manganese content of the soil under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

صفات مورد بررسی Traits under investigation	محتوای فسفر خاک Soil phosphorus content (mg/kg)	محتوای منگنز خاک Soil manganese content

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

		(mg/kg)
سال Year		
1396 (2017)	20.25	15.44
1397 (2018)	11.06	15.28
$LSD_{0.05}$	1.55	0.44

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای کودی بر محتوای فسفر خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 8. Mean comparison of the main effects of fertilizer treatments on soil phosphorus content under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

صفات مورد بررسی Traits under investigation	محتوای فسفر خاک Soil phosphorus content (mg/kg)
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	
زئولیت Zeolite	17.57
باکتری Bacteria	13.60
قارچ Fungus	16.34
زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	15.45
زئولیت + قارچ Zeolite+ Fungus	17.15
زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	13.81
$LSD_{0.05}$	1.79

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

جدول ۹- مقایسه میانگین برهمکنش سال در رقم در کود بر محتوای پتاسیم خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 9. Interaction between year × cultivar × fertilizer on soil potassium content under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

سال Year	1396 (2017)		1397 (2018)	
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	6010	ns71	6010	ns71
زئولیت Zeolite	300.7	282.8	311.0	282.8

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

باکتری Bacteria	383.8	323.2	383.8	299.0
قارچ Fungus	282.8	283.8	282.8	283.8
زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	262.6	303.0	262.6	253.5
زئولیت + قارچ Zeolite+Fungus	323.2	303.0	323.2	257.1
زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	202.0	208.0	202.0	208.0

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

$LSD_{0.05}$: 18.47

جدول ۱۰- مقایسه میانگین برهمکنش سال در رقم در کود بر محتوای آهن خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 10. Interaction between year × cultivar × fertilizer on soil iron content under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

سال Year	1396 (2017)		1397 (2018)	
تیمارهای کودی Fertilizer treatments	6010	ns71	6010	ns71
زئولیت Zeolite	25.45	26.34	14.10	13.68
باکتری Bacteria	24.60	24.40	14.11	13.42
قارچ Fungus	25.27	25.65	14.10	13.60
زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	24.00	22.75	14.00	12.97
زئولیت + قارچ Zeolite+Fungus	24.61	25.75	13.70	12.63
زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	24.90	19.88	13.60	12.08

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

$LSD_{0.05}$: 1.57

جدول ۱۱- مقایسه میانگین برهمکنش رقم و تیمارهای کودی بر محتوای روی و منیزیم خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 11. Interaction between cultivar × fertilizer treatments on zinc and magnesium content of the soil under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

رقم Cultivar	تیمارهای کودی Fertilizer treatments	محتوای روی خاک Soil zinc content (mg/kg)	محتوای منیزیم خاک Soil magnesium content (mg/kg)
	زئولیت Zeolite	4.440	139.3

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

6010	باکتری Bacteria	1.165	138.3
	قارچ Fungus	1.290	133.3
	زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	5.025	131.0
	زئولیت + قارچ Zeolite+Fungus	4.455	129.7
	زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	4.185	129.0
	زئولیت Zeolite	4.405	133.0
ns71	باکتری Bacteria	1.395	130.3
	قارچ Fungus	1.165	133.0
	زئولیت + باکتری Zeolite+Bacteria	4.795	127.1
	زئولیت + قارچ Zeolite+Fungus	5.285	127.3
	زئولیت + باکتری + قارچ Zeolite+Bacteria+Fungus	4.985	126.0
$LSD_{0.05}$		0.34	4.78

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین برهمکنش سال در رقم بر محتوای منیزیم خاک تحت کشت دو رقم ذرت 6010 و ns71

Table 12. Interaction between year × cultivar on soil magnesium content under two corn cultivars (cv. 6010 and ns71)

سال Year	رقم Cultivar	محتوای منیزیم خاک Soil magnesium content (mg/kg)
1396 (2017)	6010	119.0
	Ns71	117.9
1397 (2018)	6010	147.9
	Ns71	141.1
	$LSD_{0.05}$	5.87

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on LSD test at P<0.05.

References

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

1. El-Fatah, M.S., & Khaled, S.M. (2010). Influence of organic matter and different rates of sulfur and nitrogen on dry matter and mineral composition of wheat plant in new reclaimed sandy soil. *Journal of American Science*, *6*(11), 1078-1084.

2. Kaya, M., Zeliha, K., & Erdal, I. (2009). Effects of elemental sulfur and sulfurcontaining waste on nutrient concentrations and growth of bean and corn plants grown on a calcareous soil. *African Journal of Biotechnology*, *8*(18), 4481-4489.

3. Salehi, A.F., Seifollah, R., Iranpour., & Souraki, A. (2014). The effect of fertilizer use in combination with cow manure on growth, yield and yield components of Black-caraway (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology*, *6*(3), 495-507.

4. Costa-Santos, M., Mariz-Ponte, N., Dias, M. C., Moura, L., Marques, G., & Santos, C. (2021). Effect of *Bacillus spp*. and *Brevibacillus sp*. on the Photosynthesis and Redox Status of Solanum lycopersicum. *Horticulturae*, *7*(2), 24.

5. Alori, E.T., Glick, B.R., & Babalola, O.O. (2017). Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Frontiers in microbiology*, *8*, 971.

6. Schmidt, J.E., & Gaudin, A.C. (2018). What is the agronomic potential of biofertilizers for maize? A meta-analysis. *FEMS microbiology ecology*, *94*(7). https://doi.org/10.1093/femsec/fiy094

7. Bitterlich, M., Franken, P., & Graefe, J. (2018). Arbuscular mycorrhiza improves substrate hydraulic conductivity in the plant available moisture range under root growth exclusion. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 301.

8. Shaharoona, B., Arshad, M., Zahir, Z. A., & Khalid, A. (2006). Performance of *Pseudomonas spp*. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (Zea mays L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. *Soil Biology and Biochemistry*, *38*(9), 2971-2975.

9. 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*(2-3), 184-189.

10. Glick, B. R., Todorovic, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., & McConkey, B. (2007). Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. *Critical reviews in plant sciences*, *26*(5-6), 227-242.

11. Gholami, A., Shahsavani, S., & Nezarat, S. (2009). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Pakistan *Journal of Biological Science*, *1*(1), 35-40.

12. Mahmoudzadeh, M., Rasouli-Sadaghiani, M., Hassani, A., & Barin, M. (2015). The role of mycorrhizal inoculation on growth and essential oil of peppermint (Mentha piperita). *Journal Of Horticultural Science*, *29*(3), 342-348.

13. Cozzolino, V., Di Meo, V., & Piccolo, A. (2013). Impact of arbuscular mycorrhizal fungi applications on maize production and soil phosphorus availability. *Journal of Geochemical Exploration*, *129*, 40-44.

14. Doroudian, H., & Basharti Kalaye, H. (2017). The effect of inoculation of plant growth-enhancing bacteria on the growth and nutrient absorption of seed corn (Hybrid singlecross 704). *Journal of Agricultural Applied Research*, *120* (97), 62-74.

15. Polat, E., Karaca, M., Demir, H., & Onus, A. N. (2004). Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of fruit and ornamental plant research*, *12*(1), 183-189.

16. Qurbani, H., & Akbari Shamsi Khan, M. (2016). *Zeolite, a valuable mineral in agriculture and purification of environmental pollutants*. Engineering Geology and Environment Conference of Iran.

17. Evans, M.G. (1931). The sorption process in the zeolite chabazite. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character*, *134*(823), 97-102.

18. Davari, M. R., Bayat Kazazi, S., & Akbarzadeh Pivehzhani, O. (2017). Nanomaterials: implications on agroecosystem. In *Nanotechnology: An agricultural paradigm* (pp.59-71). Singapore: Springer Singapore.

19. Priyanka Khati, P.K., Parul, P., Pankaj Bhatt, P.B., Nisha, N., Rajeew Kumar, R.K., & Anita

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

Sharma, A.S. (2018). Effect of nanozeolite and plant growth promoting rhizobacteria on maize. *3 Biotech*, *8*(141). https://doi.org/10.1007/s13205-018-1142-1

20. Farhadi, D., Asghari, H.R., Ameriyan, M.R., & Abbaspour, A. (2016). Effect of zeolite and mycorrhiza on some morphological characteristics and yield of maize at different levels of soil phosphorus. *Journal of Sol Biology*, *4*(1), 39-52.

21. Belova, T.P. (2019). Adsorption of heavy metal ions (Cu2+, Ni2+, Co2+ and Fe2+) from aqueous solutions by natural zeolite. *Heliyon*, *5*(9).

22. Ebrahimi Chamani, H. (2013). *Determining the effectiveness of Pseudomonas bacteria (fluorescent and putida) in the growth and yield of two native and improved varieties of rice (Oryza sativa L.).* Master's thesis in Agriculture, Islamic Azad University, Ayatollah Amoli branch.

23. Bremner, J.M. (1996). Nitrogen-total. *Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods*, *5*, 1085-1121.

24. Jones, J.J., Wolf, B., & Mills, H.A. (1991). *Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide* (pp. 213-pp).

25. Emami, A. (1996). *Plant analysis methods*. Soil and Water Research Institute. *1*, 982.

26. Zadeh, A. (2018). *Determining the effectiveness of Pseudomonas bacteria strains (fluorescens and putida) in the growth, yield and yield components of rice*. Master's thesis in agriculture of Gorgan Azad University.

27. Garg, V.K., Kaushik, P., & Dilbaghi, N. (2006). Vermiconversion of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing Eisenia foetida. *Ecotoxicology and environmental safety*, *65*(3), 412-419.

28. Tavaloli, H., & Semnani, A. (2000). *Decomposition methods of soils, plants, water and fertilizers. First edition*, Shahid Chamran University of Ahvaz. p (219).

29. Hartenstein, R., & Hartenstein, F. (1981). *Physicochemical changes effected in activated sludge by the earthworm Eisenia foetida* (Vol. 10, No. 3, pp. 377-381). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America.

30. Lindsay, Willard L., Paul LG Vlek, &Sen H. Chien. "Phosphate minerals." *Minerals in soil environments* 1 (1989), 1089-1130.

31. Hinsinger, P. (2001). Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. *Plant and soil*, *237*(2), 173-195.

32. Yanni, Y.G., Rizk, R.Y., Corich, V., Squartini, A., Ninke, K., Philip-Hollingsworth, S., ... & Dazzo, F.B. (1997). Natural endophytic association between Rhizobium leguminosarum bv. trifolii and rice roots and assessment of its potential to promote rice growth. In *Opportunities for Biological Nitrogen Fixation in Rice and Other Non-Legumes: Papers Presented at the Second Working Group Meeting of the Frontier Project on Nitrogen Fixation in Rice Held at the National Institute for Biotechnology and Genetic Engineering (NIBGE), Faisalabad, Pakistan, 13–15 October 1996* (pp. 99-114). Springer Netherlands.

33. Malakouti, M.J., Shahabi, A.A., & Bazargan, K. (2005). Potassium in Iranian agriculture. *Sana Publication Co., Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran, Iran*.

34. Shady, M.A., Ibrahim, I., & Afify, A.H. (1984). Mobilisation of elements and their effects on certain plant growth characteristics as influenced by some silicate bacteria. *Egyptian Journal of Anaesthesia*, *27*(1-7), 17-30.

35. Meena, V.S., Maurya, B.R., & Verma, J.P. (2014). Does a rhizospheric microorganism enhance K+ availability in agricultural soils?. *Microbiological research*, *169*(5-6), 337-347.

36. Gao, L., Kong, F., Feng, C., Wang, J., Gao, J., Shen, G., & Zhang, C. (2016). Isolation, characterization, and growth promotion of phosphate-solubilizing bacteria associated with Nicotiana tabacum (tobacco). *Polish Journal of Environmental Studies*, *25*(3), 993-1003.

37. Park, M.S., Singvilay, O., Seok, Y.S., Chung, J.B., Ahn, K.S., & Sa, T.M. (2003). Effect of phosphate solubilizing fungi on P uptake and

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

growth of tabacco in rock phosphate applied soil. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, *36*(4), 233-238.

38. Sheng, X.F. (2005). Growth promotion and increased potassium uptake of cotton and rape by a potassium releasing strain of Bacillus edaphicus. *Soil Biology and Biochemistry*, *37*(10), 1918-1922.

39. Han, H.S., & Lee, K.D. (2005). Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Scencesi*, *1*(3), 210-215.

40. Badr, M.A., Shafei, A.M., & Sharaf El-Deen, S.H. (2006). The dissolution of K and P-bearing minerals by silicate dissolving bacteria and their effect on sorghum growth. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *2*(1), 5-11.

41. Singh, G., Biswas, D.R., & Marwaha, T.S. (2010). Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (Zea mays) and wheat (*Triticum aestivum* L.): a hydroponics study under phytotron growth chamber. *Journal of plant nutrition*, *33*(8), 1236-1251.

42. Basak, B.B., & Biswas, D.R. (2009). Influence of potassium solubilizing microorganism (Bacillus mucilaginosus) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (Sorghum vulgare Pers.) grown under two Alfisols. *Plant and Soil*, *317*, 235-255.

43. Basak, B.B., & Biswas, D.R. (2010). Co-inoculation of potassium solubilizing and nitrogen fixing bacteria on solubilization of waste mica and their effect on growth promotion and nutrient acquisition by a forage crop. *Biology and Fertility of Soils*, *46*, 641-648.

44. Sugumaran, P., & Janarthanam, B. (2007). Solubilization of potassium containing minerals by bacteria and their effect on plant growth. *World Journal of Agricultural Sciences*, *3*(3), 350-355.

45. Liu, W., Xu, X., Wu, X., Yang, Q., Luo, Y., & Christie, P. (2006). Decomposition of silicate minerals by Bacillus mucilaginosus in liquid culture. *Environmental Geochemistry and Health*, *28*, 133-140.

46. Reddy, G.S.N., Prakash, J.S.S., Matsumoto, G. I., Stackebrandt, E., & Shivaji, S. (2002). Arthrobacter roseus sp. nov., a psychrophilic bacterium isolated from an antarctic cyanobacterial mat sample. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *52*(3), 1017-1021.

47. Mirza, M.S., Rasul, G., Mehnaz, S., Ladha, J. K., So, R.B., Ali, S., & Malik, K.A. (2000). Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. *The quest for nitrogen fixation in rice*, 191-204.

48. Chen, J.H. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. In *International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use* (Vol. 16, No. 20, pp. 1-11). Bangkok, Thailand: Land Development Department.

49. Abdelaziz, M.E., Pokluda, R., & Abdelwahab, M.M. (2007). Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of Rosmarinus officinalis L. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *35*(1), 86.

50. Boomsma, C.R., & Vyn, T.J. (2008). Maize drought tolerance: potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis?. *Field Crops Research*, *108*(1), 14-31.

51. Mahrokh, A., Ghotbi, V., Azizi, F., Moghadam, A., & Gholamhosseini, M. (2018). Application of natural zeolites as a strategy to optimize input consumption for sustainable agriculture. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, *8*(1), 77-89.

52. Lombi, E., Zhao, F.J., Zhang, G., Sun, B., Fitz, W., Zhang, H., & McGrath, S.P. (2002). In situ fixation of metals in soils using bauxite residue: chemical assessment. *Environmental pollution*, *118*(3), 435-443.

53. Garcıa-Sánchez, A., Alastuey, A., & Querol, X. (1999). Heavy metal adsorption by different minerals: application to the remediation of polluted soils. *Science of the total environment*, *242*(1-3), 179-188.

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae

54. Chlopeka, B., & Adriano, N. (1997). Effects of amendments on heavy metal contents in maize. *Soil Science*, *140*, 230-237.

55. Abbaszadeh, b., & Zakarian, F. (2015). The absorption rate of elements in Boye cucumber (*Melissa officinalis* L.) under the influence of two types of arbuscular fungi, mycorrhizal fungi and vermicompost. *Bimonthly Scientific-Research Journal of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, *32*(1), 47-59.

1.Plant growth promoting rhizobacteria
2. Arbuscular Mycorrhizal Fungi
3. Bacillus cereus & Bacillus subtilis
4. Glomus mosseae