

تأثیر سطوح مختلف زئولیت غنی شده بر عملکرد ماده خشک، اجزای عملکرد و جذب برخی عناصر غذایی (فسفر، پتاسیم، روی و مس) در دو رقم ذرت سینگل کراس (۷۰۴ و ۲۶۰)

بابک متشرع زاده^{۱*} و حمایت عسگری لجایی^۲

۱- استادیار گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

*نویسنده مسئول: moteshare@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۱/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۷/۲۹

چکیده

زئولیت از جمله کانی‌های طبیعی است که دارای ارزش غذایی می‌باشد. ارائه ترکیبات و فرمولاسیون‌های جدید کودی متناسب با نیاز کشاورزی پایدار و ارگانیک از جمله ضرورت‌های جامعه امروزی محسوب می‌گردد. به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف زئولیت غنی شده (با ماده آلی و برخی عناصر غذایی) بر عملکرد ماده خشک، اجزای عملکرد و جذب عناصر غذایی در دو رقم ذرت سینگل کراس (۷۰۴ و ۲۶۰) آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار به صورت گلدانی در گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران اجرا گردید. فاکتورها شامل دو رقم ذرت (دانه‌ای و علوفه‌ای) و ۴ سطح زئولیت بود. در این آزمایش زئولیت غنی شده (با نیتروژن، فسفر و ماده آلی) در ۴ سطح شامل صفر (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی قبل از کشت گیاه مورد استفاده قرار گرفت. پس از گذشت ۷۰ روز از کاشت گیاه و پایان دوره رویشی، عملکرد ماده خشک تولیدی ریشه و بخش هوایی و اجزای عملکرد از جمله، وزن تر ریشه و بخش هوایی، ارتفاع گیاه، کلروفیل (SPAD)، مساحت برگ و میزان جذب عناصر غذایی پرمصرف فسفر و پتاسیم و عناصر کم مصرف مس و روی (به دلیل نقش‌های مهم تغذیه‌ای و ارزیابی تأثیر کاربرد زئولیت غنی شده) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد اثر زئولیت غنی شده روی تمام صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر رقم به غیر از ارتفاع گیاه روی سایر صفات معنی‌دار شد ($P < 0.01$). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد تیمار کاربرد ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی زئولیت غنی شده برای هر دو رقم به ترتیب بهترین و ضعیف‌ترین پاسخ‌های گیاهی را حاصل کرد. کاربرد سطح دوم (۱۰ درصد) زئولیت سبب بیشترین مقدار جذب فسفر و پتاسیم در ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ به ترتیب به میزان ۰/۰۸۱ و ۱/۷۴ گرم بر گلدان گردید. بر اساس نتایج این تحقیق و با توجه به اهمیت میزان ماده خشک در ارزیابی عملکرد گیاه ذرت، مصرف زئولیت غنی شده به عنوان یک ترکیب کودی و ماده به‌ساز، پس از انجام تحقیقات تکمیلی و مزرعه‌ای توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، ذرت، عملکرد ماده خشک، عناصر غذایی

مقدمه

may's L. یکی از محصولات راهبردی بوده و از نظر سطح زیر کشت در دنیا بعد از گندم و برنج مقام سوم را در میان غلات دارا می‌باشد (Goldani et al., 2009). ذرت از جمله گیاهان زراعی مهم در ایران به شمار می‌رود که در حدود ۷۰۰ هزار هکتار از اراضی ایران کشت می‌شود و تولید ۲/۸ درصد از کل غلات را به خود اختصاص داده است (FAO,

اهمیت گیاهان علوفه‌ای در تغلیف دام و در نتیجه، نیاز انسان به فرآورده‌های دامی غیر قابل انکار است. با این وجود به تولید، مدیریت و شناسایی گیاهان علوفه‌ای در مقایسه با سایر گیاهان زراعی کمتر توجه شده است (Gholamhoseini et al., 2008). ذرت با نام علمی (Zea)

کاتالیک و فراوانی آنها در رسوبات سطح زمین و نزدیک به سطح زمین استفاده از آنها را در دامنه‌ی متنوعی از فرآیندهای کشاورزی به‌عنوان کودهای کندرها (Colella, Puschenreiter & Horak, 2003)، اصلاح کننده‌های خاک (Rehakova et al., 2004)، مکمل جیره‌های غذایی دام، طیور و آبزیان (Sopkova & Janokova, 1998)، حامل حشره‌کش‌ها و قارچ‌کش‌ها (Pursell et al., 2003)، عامل کنترل رطوبت و بو در تهیه‌ی کودهای حیوانی، عامل حذف آمونیاک و هوادهی و تولید اکسیژن در سیستم‌های پرورش آبزیان (Rehakova et al., 2004)، عامل حذف آفاتوکسین از تغذیه‌ی دام، طیور و نیز محصولات کشاورزی و نیز افزایش انبارداری محصولات کشاورزی تسریع کرده است (Rehakova et al., 2004; Mumpton, 1999). بدون شک یکی از جنبه‌های مهم استفاده از زئولیت‌های طبیعی به‌ویژه کلینوپتیلولیت در کشاورزی، کاربرد آنها در خاک، به‌عنوان بستر کشت و کار می‌باشد (Rehakova et al., 2004). تحقیقات بسیاری در زمینه بررسی کارایی زئولیت، بر روی گیاهان زراعی انجام گرفته است. فرگوسن و همکاران (۱۹۸۶) با در نظر گرفتن این فرض که کلینوپتیلولایت از طریق جذب داخلی آمونیم می‌تواند آن را به طور فیزیکی از فعالیت میکروارگانیزم‌ها و نیترات سازی حفظ کند و بدین طریق باعث افزایش کارایی کود نیتروژنی گردد، بررسی‌هایی بر روی جوانه زنی، استقرار و کیفیت بنی گراس انجام دادند. آزمایش آنها نشان داد با اعمال ۵-۱۰ درصد وزنی زئولیت به خاک، جوانه زنی و استقرار گیاه افزایش یافت (Ferguson et al., 1987). توران (۱۹۹۶) در بررسی مقادیر مختلف زئولیت بر خصوصیات کمی و کیفی یونجه در شرایط گلخانه‌ای به این نتیجه رسید که ارتفاع و وزن خشک کل گیاه به طور معنی داری تحت تأثیر مصرف زئولیت قرار گرفت. رنجبر چوبه و همکاران (۲۰۰۴) تأثیر سطوح مختلف آبیاری و مصرف زئولیت طبیعی بر عملکرد توتون را بررسی و گزارش کردند اثر زئولیت بر ارتفاع بوته، وزن خشک، درصد قند، و درصد نیکوتین در سطح یک درصد معنی دار شد و در مجموع کاربرد زئولیت را بر افزایش کمی و کیفی توتون موثر دانستند. نتایج حاصل از آزمایش‌های تزدیلاس و ارجیروپولوس (۲۰۰۶) نشان داد که در صورت افزودن کلینوپتیلولایت به خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی از

موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور در سال‌های اخیر ارقام هیبرید و جدید ذرت را در داخل کشور تولید کرده که از هر نظر محصول آنها قابل توجه بوده و برای کشت در مناطق کشور قابل توصیه می‌باشد. از مهم‌ترین این ارقام هیبریدی، رقم سینگل کراس ۲۶۰ بوده که این رقم به نام فجر نامگذاری شده و از گروه زودرس محسوب می‌گردد و مقدار دانه تولیدی آن بین ۱۱-۱۰ تن در هکتار است. همچنین رقم سینگل کراس ۷۰۴ از دیگر ارقام هیبریدی، دیررس و علوفه‌ای می‌باشد که گسترش سطح زیر کشت آن در کشور بیش از سایر ذرت‌ها بوده و برای تولید علوفه و سیلویی مورد استفاده قرار می‌گیرد و از گروه دیررس می‌باشد (Dehghanpour et al., 2009).

تغذیه بهینه و مدیریت حاصلخیزی خاک از مهم‌ترین عوامل افزایش تولید در واحد سطح و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به‌شمار می‌رود (Malakouti & Sepehr, 2003; Malakouti et al., 2001). از سوی دیگر افزایش مصرف کودهای شیمیایی منجر به عدم پایداری سیستم‌های زراعی و به خطر افتادن سلامت بشر می‌شود (Goldani et al., 2009). در نتیجه به علت مشکلات بی-رویه کاربرد کودهای شیمیایی و روش‌های رایج تولید مواد غذایی توجه بیشتری به اصلاح خاک‌ها به منظور بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی و تقویت خاک‌ها شده است (Mostashari, 2010). با توجه به نیاز بالای گیاه ذرت به عناصر غذایی مانند نیتروژن، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در زراعت این گیاه رایج است. مصرف کود شیمیایی بیشتر منجر به افزایش هدر روی آن و سرانجام آلودگی منابع زیست محیطی می‌شود (Rayan et al., 2007). بنابراین ارائه روش‌هایی به منظور کنترل مصرف کودهای شیمیایی و افزایش تأثیرگذاری آن‌ها در کنار حصول به عملکرد مناسب مهم می‌باشد. از جمله راهکارهای جدیدی که برای افزایش تأثیر گذاری به منظور بهبود باروری و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته، به کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های زئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد (Polat et al., 2004). زئولیت‌ها، خانواده‌ی بزرگی از کانی‌های آلومینوسیلیکاتی را تشکیل می‌دهند (Rehakova et al., 2004). خصوصیات بی‌نظیر زئولیت‌های طبیعی از جمله کلینوپتیلولیت مانند تبادل کاتیونی، جذب، آبیگری و آب‌دهی، خصوصیات

(Kazemian, 2000) و همچنین با توجه به ضرورت توجه به اصول بوم شناختی و جلوگیری از معضلات متعدد زیست محیطی کودهای شیمیایی، به کارگیری مواد طبیعی فاقد اثرات سمی از جمله زئولیت غنی شده با مواد آلی و برخی ترکیبات، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. در این راستا در تحقیق حاضر تاثیر کود غنی شده زئولیت بر پاسخ های گیاهی دو رقم ذرت سینگل کراس ۲۰۶ (دانه ای) و ۷۰۴ (علوفه‌ای) در شرایط گلخانه ای مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی اثر سطوح مختلف کود زئولیت غنی شده بر صفات مورفولوژیکی و جذب عناصر غذایی در دو رقم ذرت سینگل کراس (۷۰۴ و ۲۶۰) آزمایشی به صورت فاکتوریل در پایه طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار به صورت گلخانه تحقیقاتی گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه تهران اجرا گردید. فاکتورها شامل ارقام ذرت (۲۶۰ و ۷۰۴) و سطح کاربرد زئولیت بود. رقم ۲۶۰ به لحاظ جدید بودن رقم و زودرسی آن و برنامه وزارت جهاد کشاورزی در جایگزینی آن در کشور بجای ارقام قبلی انتخاب گردید (Dehghanpour et al., 2009) تا از نظر خصوصیات مورد نظر این تحقیق با رقم دیررس و علوفه ای ۷۰۴ مورد مقایسه قرار گیرد. سطوح مختلف کود زئولیت غنی شده در ۴ سطح شامل ۰ (عدم کاربرد زئولیت)، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به صورت وزنی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به وجود منابع و معادن گسترده زئولیت از یک سو و اثرات مفید این کود در کشاورزی، بر اساس تحقیقات قبلی (Kazemian, 2000; Malakouti et al., 2001) طبیعی کلینوپتیلولایت از شرکت افروند توسکا واقع در کرج تهیه و به میزان ۵۰٪ وزنی با ۱۰٪ وزنی مواد آلی (کمپوست زباله شهری) و نیز برخی ترکیبات معدنی و شیمیایی مفید (دارای ارزش غذایی برای گیاه) و ارزان قیمت (شامل خاک فسفات و خاکه اوره و نیز مقدار جزئی سولفات کلسیم برای حفظ دانه بندی و کیفیت فیزیکی) در شرکت پرنیای کویر یزد غنی‌سازی و فرموله گردید. آنالیز شیمیایی کود زئولیت غنی شده مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۲ ارائه گردیده است. خصوصیات مورد نظر بر اساس روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و

۹/۵ به ۱۳/۶ میلی اکری والان در صد گرم افزایش یافته و در تیمار حاوی بالاترین زئولیت کاربردی (6 ton ha^{-1})، میزان عملکرد گیاه ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (۳۹). کاووسی و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیق خود بر روی گیاه برنج نشان دادند که کاربرد کانی کلینوپتیلولایت در مقادیر بالا در خاک بدون استفاده از منبع نیتروژنی، منجر به کاهش عملکرد گردید. غلامحسینی و همکاران (۲۰۰۷) به منظور بررسی زئولیت کلینوپتیلولیت در کود دامی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت رژیم های متفاوت آبیاری، آزمایشی را انجام دادند. نتایج این تحقیق مشخص کرد علاوه بر اینکه می‌توان با بکارگیری زئولیت به میزان ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی کود دامی، از هدررفت نیتروژن موجود در توده کودی به شکل قابل توجهی جلوگیری کرد، باعث بهبود اکثر صفات زراعی گیاه آفتابگردان شد.

قلی زاده و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیق مشابهی اثرات تنش آب و سطوح زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشی بررسی و گزارش کردند، اثر زئولیت بر وزن تر گیاه، وزن خشک ریشه، وزن خشک بخش هوایی، تعداد برگ، سطح برگ، تعداد گل و درصد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اسمیرنوف (۱۹۹۸) اظهار داشت که اثرات سودمند زئولیت ناشی از تاثیر آن بر رطوبت خاک و بر میزان تغذیه خاک می‌باشد. از سوی دیگر تفاوت بین ارقام مختلف در پاسخ به سطوح کودی در آزمایش های متعددی گزارش شده است. نتایج بررسی باندی و کارتر (۱۹۸۸) نشان داد که واکنش هیبریدهای ذرت به سطوح مختلف کودی متفاوت است. سمیرا و همکاران (۱۹۹۸) اعلام داشتند عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ذرت به واسطه افزایش نیتروژن مصرفی، افزایش می‌یابد. اختلاف ژنتیکی در کارایی مصرف کودها در هیبریدهای ذرت توسط مول و همکاران (۱۹۸۲) و تقی زاده و سیدشرفی (۲۰۱۱) در ارقام ۳۰۱، ۳۷۰ و ۴۰۴ ذرت گزارش شده است.

با توجه به استفاده از زئولیت‌ها در اراضی کشاورزی بدلیل ویژگی‌های منحصر به فرد زئولیت‌ها از قبیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا (۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی اکری والان در ۱۰۰ گرم) (۲۶)، جذب انتخابی کاتیون‌ها و آزادسازی کنترل شده‌ی آنها (Mumpton, 1999)، فراوانی معادن و ذخایر زئولیتی ایران (دومین ذخایر نهشته‌های ایران پس از آهن)

اندازه‌گیری و عدد کلروفیل متر ثبت گردید. سپس گیاهان از دو سانتی متری سطح خاک با کاتر قطع و برداشت شده و سطح برگ، وزن تر و ارتفاع گیاه اندازه‌گیری و ریشه‌ها نیز بوسیله شستشو با آب مقطر به آرامی از خاک جدا و در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و در نهایت وزن خشک ریشه و بخش هوایی یادداشت گردید. نمونه‌ها جهت انجام تجزیه گیاه، آسیاب گردید. برای تجزیه‌های شیمیایی به روش اکسیداسیون خشک، ابتدا یک گرم از ماده خشک گیاهی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی قرار گرفت و سپس خاکستر حاصل در ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱ نرمال حل و پس از عبور از کاغذ صافی مناسب (واتمن ۴۲) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد (Alihyae & Behbahanizadeh, 1992). از آنجایی که در ترکیب زئولیت غنی شده از خاک فسفات و ماده آلی استفاده گردید لذا پس از برداشت گیاه اندازه‌گیری فسفر، پتاسیم (بواسطه وجود در ترکیب ساختمانی زئولیت) و عناصر کم مصرف (مس و روی) به منظور بررسی نقش ماده آلی در تامین و تسهیل جذب این عناصر قرائت گردید. غلظت فسفر در عصاره حاصل به روش آمونیوم مولیبدات وانادات (Rayan *et al.*, 2007) بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتری مدل Shimadzu UV-3100 در طول موج ۴۳۰ نانومتر تعیین شد. غلظت پتاسیم موجود در عصاره با استفاده از دستگاه شعله نوریسنج (Rayan *et al.*, 2007) و غلظت مس و روی بوسیله دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu A-670 (Shimadzu, Japan) (Rayan *et al.*, 2007) قرائت گردید. میزان جذب عناصر غذایی مورد نظر با استفاده از حاصلضرب غلظت در وزن ماده خشک محاسبه گردید. از آنجایی که جذب پارامتر برتری نسبت به غلظت می باشد و در محاسبه آن علاوه بر غلظت، تأثیر ماده خشک تولیدی نیز موثر است لذا از این صفت در پژوهش حاضر استفاده گردید. نتایج و داده‌ها در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۱٪ و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel ۲۰۱۰ انجام گردید.

گزارش گردید (Alihyae and Behbahanizadeh, 1992; Edrisi, 2005).

خاک مورد نیاز برای کشت گلخانه‌ای از مزرعه پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج نمونه برداری گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و غلظت عناصر نمونه‌ها که از عمق صفر تا ۲۵ سانتی متری خاک مورد نظر تهیه شده بودند، پس از هوا خشک کردن و آماده سازی و گذراندن از الک دو میلی متری اندازه‌گیری گردید. بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، جرم مخصوص ظاهری خاک به روش پارافین (Sparks, 1996)، رطوبت ظرفیت مزرعه با صفحه فشاری (Black *et al.*, 1965)، pH و EC در عصاره اشباع (Haluschak, 2000)، CEC خاک به روش باور (Haluschak, 2000)، درصد کربن آلی به روش والکلی و بلک (Walkley and Black, 1934)، درصد آهک به روش حجم سنجی (Gupta and Gupta, 1999)، نیتروژن کل خاک به روش هضم کج‌دال (Bremner and Mulvaney, 1996)، فسفر قابل استخراج با بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار به روش اولسن (Sparks, 1996)، پتاسیم قابل جذب به روش استخراج با استات آمونیوم نرمال (Sparks, 1996) و مقدار قابل جذب روی و مس به روش استخراج با DTPA (Sparks, 1996) اندازه‌گیری شد (جدول ۱). برای آزمایش گلدانی خاک‌ها از الک ۴ mm عبور داده شد. کود زئولیت غنی شده مورد نیاز هر تیمار قبل از کشت گیاه به طور یکنواخت با خاک هر گلدان به طور جداگانه مخلوط گردید. بذور ذرت رقم ۲۶۰ و ۷۰۴ پس از تهیه از موسسه اصلاح تحقیقات بذر و نهال کرج تهیه شد. بذرها در گلدان‌های ۴ کیلوگرمی از جنس پلی اتیلن و وزن خالی هر گلدان 280 ± 10 گرم با قطر ۱۵/۵ و ارتفاع ۱۸ سانتی متر کاشته و پس از سبز شده بوته‌ها تنک شده و در نهایت به تعداد ۴ عدد گیاهچه یکنواخت در هر گلدان نگه داشته شدند. آبیاری گلدان‌ها در طول دوره داشت به صورت وزنی و در حد ۸۰٪-۷۰٪ رطوبت مزرعه بوسیله آب مقطر انجام گردید. پس از گذشت ۱۰ هفته از جوانه زنی و پایان دوره رویشی گیاه و قبل از ورود به دوره زایشی (هدف آزمایش گلخانه‌ای، ارزیابی مقایسه‌ای سطوح تیمارها بر روی عملکرد ماده خشک تولیدی و جذب عناصر غذایی بوده نه تولید علوفه و بلال به عنوان محصول نهایی) ابتدا شاخص کلروفیل برگ با کلروفیل متر SPAD-502

جدول ۱) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای

Table 1) Physical and chemical properties of studied soil in greenhouse

مقدار	خصوصیت (ویژگی)	مقدار	خصوصیت (ویژگی)
0.75	کربن آلی (%)	32.8	شن (%)
22	رطوبت ظرفیت مزرعه (%)	35.6	سیلت (%)
7	کربنات کلسیم معادل (%)	31.6	رس (%)
0.062	نیتروژن کل (%)	لوم رسی	کلاس بافت خاک
9.90	فسفر قابل جذب (mg kg^{-1})	1.52	جرم مخصوص ظاهری (g cm^{-3})
190	پتاسیم قابل جذب (mg kg^{-1})	8.1	pH
1.1	روی* (mg kg^{-1})	1.95	قلیلت هدایت الکتریکی (dS m^{-1})
0.90	مس* (mg kg^{-1})	1.3	ماده آلی (%)

*DTPA-Extractable

جدول ۲) درصد ترکیبات شیمیایی در زئولیت غنی شده مورد استفاده در این تحقیق

Table 2) Chemical analysis of enriched zeolite used in this study

مقدار	ترکیب	مقدار	ترکیب
0.7	پنتاکسید فسفر محلول در آب (%)	11.8	ماده آلی (%)
3.8	اکسید پتاسیم (%)	7.1	کربن آلی (%)
12.5	سیلیسیم (%)	1.8	نیتروژن (%)
33	سولفات (%)	3.2	پنتاکسید فسفر کل (%)

نتایج و بحث

۱- بررسی اثر کود زئولیت غنی شده بر صفات کمی

ذرت

الف) وزن تر ریشه و بخش هوایی

تجزیه واریانس اثر کود زئولیت غنی شده و اثر رقم بر وزن تر و خشک ریشه تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۳). اثرات متقابل کود زئولیت غنی شده و رقم بر وزن تر بخش هوایی در سطح ۱ درصد و بر وزن تر ریشه در سطح ۵ درصد معنی دار گردید (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل این دو عامل به روش دانکن نشان داد که بالاترین وزن تر ریشه و بخش هوایی در تیمار ۱۰ درصد وزنی زئولیت در رقم ۷۰۴ به ترتیب به مقدار ۵۳/۰۶ و ۲۵۳/۳۱ مشاهده گردید و همچنین کمترین آنها در تیمار ۱۵ درصد وزنی زئولیت در رقم ۲۶۰ به ترتیب به مقدار ۱۶/۹ و ۶۵/۱۱ بدست آمد (جدول ۴). معنی دار بودن اثرات متقابل نشان دهنده این است که مصرف مقادیر مختلف زئولیت غنی شده اثرات متفاوتی را در رقم های مختلف این گیاه ایجاد می کند. به طور کلی به کارگیری زئولیت تا ۱۰ درصد وزنی از طریق فراهمی عناصر غذایی، موجب افزایش وزن تر ریشه و بخش هوایی می گردد و در سطح ۱۵ درصد با افزایش

فشار اسمزی و مهارکنندگی رشد موجب کاهش معنی دار در این شاخص ها می گردد. اثرات سطوح مختلف زئولیت بر وزن زیست توده (ریشه و بخش هوایی) در پژوهش های چندی گزارش شده که به کارگیری زئولیت از طریق جلوگیری از هدرروی عناصر غذایی و آزاد سازی تدریجی این عناصر غذایی و همچنین از طریق افزایش تخلخل کل خاک و رشد بهتر ریشه باعث افزایش رشد و نمو ریشه و بخش هوایی می گردد (Hojati *et al.*, 2007; Rehakova *et al.*, Ranjbarchoobeh *et al.*, 2004; 2004). اسلامی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی کارایی کود کندرهای اوره زئولیتی در رشد ذرت، در پایان دوره آزمایش، ماده خشک و مقدار جذب نیتروژن را در ذرت گزارش دادند. نتایج این محققان نشان داد در حالی که میانگین عملکرد و جذب نیتروژن در تیمار اوره به ترتیب ۳۰ و ۰,۴۴ گرم در گلدان بود این مقادیر برای SCU ۰,۸۳ و ۲۸,۶۳ و ۰,۳ و برای اوره زئولیتی تا حد ۳۸,۴ و ۰,۸۳ گرم در گلدان افزایش یافت که در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید.

ب) وزن خشک ریشه و بخش هوایی

اثر تیمار زئولیت و اثر رقم بر وزن خشک در سطح ۱ درصد همچنین اثرات متقابل آنها بر وزن خشک بخش هوایی در

مهم دیگر وجود صفات مورفولوژیک خاص هر رقم می باشد. به گونه ای که ویژگی های ریشه ای و سازوکار جذب و حتی مقاومت ارقام مختلف گیاهی متفاوت می باشد (Tafvizi, 2012).

ج) مساحت برگ

نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف زئولیت غنی شده بر مساحت برگ در دو رقم ذرت ۷۰۴ و ۲۶۰ نشان داد که اثر تیمارهای مختلف زئولیت و اثر رقم بر مساحت برگ در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است ولی اثرات متقابل میان مصرف زئولیت و رقم بر مساحت سطح برگ فاقد اثرات معنی داری بوده است (جدول ۳). از آنجایی که اثرات متقابل رقم و زئولیت بر مساحت برگ معنی دار نیست، این دو عامل به طور مستقل بر تغییرات مساحت برگ تأثیر دارند. نتایج این تحقیق نشان داده است که مصرف زئولیت مساحت برگ در هر دو رقم را تحت تأثیر قرار داده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده ها نشان داد که بیشترین و کمترین مساحت برگ به مقدار ۴۶۶۵/۷ و ۱۴۷۰/۶ سانتی متر مربع به ترتیب در تیمار مصرف ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی بدست آمد (شکل ۱). اثرات میزان زئولیت بر شاخص سطح برگ در مطالعات چندی بررسی شده است که همگی بر اثرات افزایش زئولیت بر میزان شاخص سطح برگ گیاهان مختلف دلالت دارند (Hojati *et al.*, 2007; Zibae *et al.*, 1998) و نتایج بدست آمده از این تحقیق نیز با مطالعات قلی زاده و همکاران (۲۰۰۶)، رنجبرچوبه و همکاران (۲۰۰۴) همخوانی دارند. به نظر می رسد به کارگیری ترکیب کود زئولیت غنی شده از طریق فراهمی تدریجی عناصر غذایی می تواند باعث افزایش مساحت برگ شود. شاخص سطح برگ از نظر محققان به عنوان یکی از پارامترهای مهم در مقایسه و کارایی ارقام، معرفی شده است (Watson, 1952).

سطح ۱ درصد و بر وزن خشک ریشه در سطح ۵ درصد معنی دار گردید (جدول ۳). با افزایش مصرف تیمار زئولیت غنی شده ابتدا وزن خشک ریشه و بخش هوایی افزایش و سپس کاهش یافت. افزایش وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی حتی در تیمارهای پایین زئولیت استفاده شده در دو رقم نیز معنی دار بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل این دو عامل بر صفات مذکور نشان داد که کاربرد کود زئولیت غنی شده تا ۱۰ درصد وزنی در هر دو رقم باعث افزایش معنی دار در وزن تر و خشک ریشه و بخش هوایی گردید ولی بیشترین وزن خشک بخش هوایی و ریشه به ترتیب در تیمار مصرف ۱۰ درصد وزنی زئولیت در رقم ۷۰۴ به ترتیب با ۴۸/۴۱ و ۱۲/۷۶ گرم بدست آمد و همچنین کمترین وزن خشک صفات بخش هوایی و ریشه به مقدار ۱۲/۹۱ و ۴/۷۳ به ترتیب در رقم ۷۰۴ و ۲۶۰ در تیمار ۱۵ درصد وزنی حاصل شد (جدول ۴). با افزایش مصرف زئولیت تا حدی تجمع ماده خشک (ریشه و بخش هوایی) افزایش می یابد که نشان دهنده تأثیر زئولیت غنی شده بر رشد رویشی گیاه و افزایش بیوماس خشک (ریشه و بخش هوایی) می باشد. این مسئله می تواند دلیل افزایش ظرفیت نگهداری مواد غذایی و بویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای استفاده بیشتر گیاه باشد. چنین نتایجی در تحقیقات قلی زاده و همکاران (۲۰۰۶) در گیاه دارویی بادرشی و غلامحسینی و همکاران (۲۰۰۸) در مورد کلزا نیز به اثبات رسیده است.

به طور کلی مصرف زئولیت غنی شده در سطح ۱۵ درصد وزنی برای هر دو رقم مورد استفاده در این آزمایش توصیه نمی شود چون هر دو رقم با کاهش شدید رشد و وزن خشک ریشه و بخش هوایی مواجه بودند. اگرچه نمی توان تأثیر ۱۰ و ۵ درصد وزنی زئولیت بر رقم ۲۶۰ را نادیده گرفت ولی با توجه به دیررس و علوفه ای بودن رقم ۷۰۴ و مصرف آب و عناصر غذایی زیاد، استفاده از زئولیت غنی شده باعث افزایش عملکرد گردیده و اجازه برداشت زودتر علوفه را داده و با داشتن زمان بیشتر، امکان آماده سازی زمین را برای کشت بعدی تسهیل می کند. از سوی دیگر این نتایج و تفاوت ماده خشک در دو رقم مورد مطالعه، یکبار دیگر به وجود تفاوت های ژنتیکی بین ارقام مختلف گیاهی صحه گذاشته و تاییدی بر نتایج سایر محققان دیگر می باشد (Taghizadeh & Seyedsharifi, 2011; Moll *et al.*, 1982; Samira *et al.*, 1998). نکته

جدول ۳) تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد بررسی در دو رقم ذرت سینگل کراس تحت تاثیر مقادیر مختلف کود زئولیت غنی شده مصرفی
 Table 3) Analysis of variance for studied characteristics in two cultivars under different treatments of enriched zeolite

میانگین مربعات												
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن تر بخش (هوایی گرم)	وزن تر (ریشه گرم)	وزن خشک بخش (هوایی گرم)	وزن خشک (ریشه گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	کلروفیل (SPAD)	سطح برگ (سانتی متر مربع در گلدان)	جذب فسفر در بخش (هوایی گرم)	جذب پتاسیم در بخش (هوایی گرم)	جذب روی در بخش (هوایی گرم)	جذب مس در بخش (هوایی گرم)
زئولیت	3	21339.2**	1071.6**	999.33**	45.62**	2185.2**	185.38**	14271981**	0.0022**	1.19**	5877558**	80560.24**
رقم	1	19484.3**	184.37**	378.04**	7.93**	17.42 ^{ns}	57.04**	2273761.69**	0.0015**	0.62**	185204.3**	10238**
زئولیت × رقم	3	729.48**	11.58*	63.55**	0.64*	78.46*	14.37**	6264.5 ^{ns}	0.00018**	0.072**	179616**	5077.8**
خطا آزمایشی	16	647.99	42.2	63.38	2.68	285.82	5.86	853256.75	0.00021	0.089	3679.86	4419.64
ضریب تغییرات		4.11	4.58	6.25	4.6	5.13	2.6	6.10	7.74	7.91	3.84	9.23

جدول ۴) مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر مقادیر مختلف کود زئولیت غنی شده

Table 4) Characteristics mean comparison in different treatments

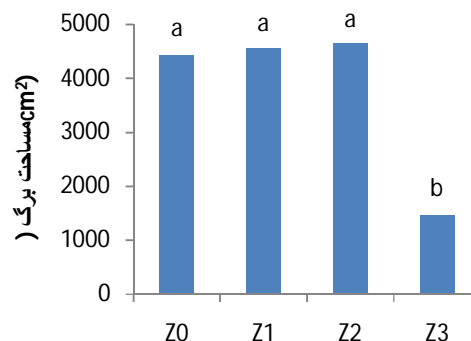
صفت تیمار	وزن تر بخش (هوایی گرم)	وزن تر (ریشه گرم)	وزن خشک بخش (هوایی گرم)	وزن خشک (ریشه گرم)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	کلروفیل (SPAD)	جذب فسفر در بخش (هوایی گرم)	جذب پتاسیم در بخش (هوایی گرم)	جذب روی در بخش (هوایی گرم)	جذب مس در بخش (هوایی گرم)
Z ₀ C ₁	122e	31d	26e	8.4d	79c	18f	0.031e	0.48f	513g	101e
Z ₁ C ₁	147d	36c	32d	9.4c	85bc	23c	0.045d	0.93d	1596d	159d
Z ₂ C ₁	181c	45b	38c	10.6b	90ab	26c	0.056c	1.2c	2603b	283b
Z ₃ C ₁	65g	16e	14f	4.7f	55d	17g	0.022f	0.48f	1216e	92e
Z ₀ C ₂	181c	36c	37c	9.3c	84b	22e	0.052d	0.79e	540g	98e
Z ₁ C ₂	219b	44b	44b	10.2b	90ab	28.66b	0.064b	1.3b	2070c	229c
Z ₂ C ₂	253a	53a	48a	12.7a	93a	31a	0.081a	1.7a	3048a	392a
Z ₃ C ₂	90f	18e	13f	5.5e	46e	15h	0.024f	0.52f	997f	81e

Z₀: عدم مصرف زئولیت (شاهد)، Z₁: مصرف ۵٪ وزنی زئولیت، Z₂: مصرف ۱۰٪ وزنی زئولیت، Z₃: مصرف ۱۵٪ وزنی زئولیت، C₁: ذرت سینگل کراس ۲۶۰، C₂: ذرت سینگل کراس ۷۰۴. میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشند

بر اساس جدول ۱ اثر سطوح مختلف زئولیت غنی شده، اثر رقم و اثرات متقابل آنها بر شاخص کلروفیل (SPAD) برگ در سطح ۱ درصد معنی دار بوده است. با توجه به جدول ۲ مشاهده می‌شود که بالاترین مقدار شاخص کلروفیل (۳۱/۶) مربوط به تیمار مصرف ۱۰ درصد وزنی در رقم ۷۰۴ و کمترین مقدار شاخص کلروفیل (۱۷/۳۳) مربوط به تیمار ۱۵ درصد وزنی در رقم ۲۶۰ بود. علت این افزایش همانگونه که اشاره شد می‌تواند مربوط به توانایی زئولیت غنی شده در تامین عناصر غذایی به مقدار مورد نیاز گیاه می‌باشد (Eslami *et al.*, 2006; 2010; Smirnoff and Gholizadeh *et al.*, 2006; 2010; Colombe, 1988). از سوی دیگر وجود ماده آلی در ترکیب زئولیت غنی شده می‌تواند بر خصوصیات شیمیایی خاک از جمله pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و بهبود ایجاد کلاتهای فلزی و در نتیجه جذب بهتر عناصر غذایی کمک کند. علت اثر نامناسب زئولیت در سطوح بالا به عنوان کود می‌تواند ناشی از تاثیر منفی افزایش فشار اسمزی بر جذب آب و یون ها توسط گیاه (Salardini, 2003) و محدود ساختن رشد باشد. ساتی و لویز (۱۹۹۴) و صادقی لطف آبادی و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقات مستقلی بر روی گوجه فرنگی و سورگوم گزارش دادند تحت تنش، سطح برگ، ارتفاع گیاه و شاخص کلروفیل، کاهش یافت.

۲- بررسی اثر سطوح مختلف زئولیت بر جذب عناصر در بخش هوایی ذرت (۲۶۰ و ۷۰۴)

الف- جذب فسفر در توده گیاهی
اثر سطوح مختلف زئولیت و اثر رقم و همچنین اثرات متقابل آنها بر جذب فسفر در توده گیاهی در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین جذب فسفر به مقدار ۰/۰۸۱ گرم در گلدان در تیمار مصرف ۱۰ درصد وزنی زئولیت غنی شده در رقم ۷۰۴ و کمترین آن به مقدار ۰/۰۲۲ گرم در گلدان در تیمار مصرف ۱۵ درصد وزنی بدست آمد (جدول ۴). با توجه به غنی سازی زئولیت با خاک فسفات و مواد آلی، روند افزایش غلظت فسفر توجه‌پذیر است. تیمارهای زئولیت از نظر جذب فسفر در توده گیاهی به شش گروه آماری تقسیم شدند، که تیمارهای مصرف زئولیت (۵، ۱۰ درصد وزنی) در گروه آماری برتر و تیمار بدون مصرف زئولیت (شاهد) و مصرف در سطح ۱۵ درصد وزنی در گروه



شکل ۱) اثر اصلی کود زئولیت غنی شده بر مساحت برگ (cm²)

Figure 1) Main factor effect of enriched zeolite on leaf area

Z₀: عدم مصرف زئولیت (شاهد)، Z₁: مصرف ۵٪ وزنی زئولیت، Z₂: مصرف ۱۰٪ وزنی زئولیت، Z₃: مصرف ۱۵٪ وزنی زئولیت

د) ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس سطوح مختلف زئولیت غنی شده بر ارتفاع گیاه در رقم ذرت ۷۰۴ و ۲۶۰ نشان داد که اثر تیمار زئولیت غنی شده بر ارتفاع گیاه در سطح ۱ درصد و اثرات متقابل آنها مصرف سطوح مختلف زئولیت غنی شده و رقم در سطح ۵ درصد ولی اثر رقم معنی‌دار نمی‌باشد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار به مقدار ۹۳/۹۵ و ۴۳/۹۶ بر ترتیب در تیمار مصرف ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی زئولیت بدست آمد. اگر افزایش ارتفاع بوته را به معنی افزایش زیست توده و جزئی از عملکرد که در افزایش عملکرد کل سهمیم است در نظر گرفته شود این نتیجه با گزارش ارائه شده مومپتن (۱۹۹۹) مبنی بر اینکه استفاده از زئولیت های طبیعی در سطوح بهینه تاثیر مثبتی بر روی افزایش زیست توده دارد مطابقت دارد. رابینسون و همکاران (۱۹۵۰) نشان دادند که شاخص هایی که شامل عملکرد، اجزای عملکرد و ارتفاع گیاه باشد پاسخ بهتری به انتخاب مستقیم عملکرد در بهبود عملکرد ذرت و گزینش رقم دارد. کاووسی و رحیمی (۲۰۰۱) گزارش کردند که زئولیت ها با ساختمان کریستالی خود مواد متخلخلی هستند که مانند غربال مولکولی عمل کرده و بدلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و قرار گرفتن بعضی از کاتیون ها در شبکه خود می‌توانند نقش تغذیه ای داشته و بهبود رشد گیاه شوند.

ه) قرائت کلروفیل (SPAD)

سوی دیگر افزایش رشد گیاه و جذب بهتر پتاسیم می تواند ناشی از بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک در نتیجه استفاده از ماده آلی و کمپوست همراه زئولیت باشد (Epstein, 1994; Antonis *et al.*, 2000; Basso and Ritchie, 2005; Nissen *et al.*, 2000). کاظمیان و فقیهیان (۱۹۹۸) گزارش دادند معادن زئولیت سمنان حاوی مقادیر متنابهی پتاسیم هستند. با توجه به اینکه پتاسیم یکی از اجزای اصلی زئولیت می باشد، بنابراین افزایش جذب پتاسیم بوسیله توده گیاهی منطقی به نظر می رسد.

ج) جذب مس و روی در توده گیاهی

نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف سطوح مختلف زئولیت جذب مس و روی در دو رقم ذرت را تحت تاثیر قرار داده است. به طوری که اثرات زئولیت و رقم و اثرات متقابل آنها بر جذب مس و روی در سطح ۱ درصد معنی دار گردیده است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین داده ها به روش دانکن نشان داد که بیشترین جذب روی و مس در تیمار مصرف ۱۰ درصد وزنی در رقم ۷۰۴ به ترتیب به مقدار ۳۰۴۸/۷ و ۳۹۲/۹۹ میکروگرم در گلدان و کمترین مقدار جذب روی در تیمار شاهد (عدم مصرف کود زئولیت) در رقم ۲۶۰ و همچنین کمترین مقدار جذب مس در تیمار مصرف ۱۵ درصد وزنی در رقم ۷۰۴ بدست آمد. افزایش جذب مس و روی توأم با افزایش کاربرد سطوح زئولیت غنی شده (سطح ۱۰٪) می تواند به دلایل چندی باشد. عبدلی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند کمپوست حاصل از زباله شهری در خواص فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک تاثیر بسزایی دارد. کمپوست دارای عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف است که به تدریج آنها را در اختیار گیاه قرار می دهد. این محققان در ادامه افزودند: کمپوست چندین برابر وزن خود آب را ذخیره می کند. همچنین دانه بندی و قدرت نگهداری مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را در خاک بهبود می بخشد. این ترکیب از نظر تامین عناصر کم مصرف نظیر آهن، روی، مس و منگنز برای گیاه مفید می باشد (Abdoli *et al.*, 2008; Malakouti, 2005). از سوی دیگر هم کمپوست و هم زئولیت هر دو ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش می دهد که در جذب عناصر کم مصرف (مس و روی) موثر است (Abdoli *et al.*, 2008). فتاحی (۲۰۰۹) در بررسی

آماری پایین تر قرار گرفتند (جدول ۴). که دلیل افزایش جذب فسفر به خاطر دسترسی بیشتر گیاه به مقدار بالای فسفر می باشد و همچنین کاهش مشاهده شده در سطوح بالا در هر دو رقم نیز بدلیل کاهش عملکرد توده گیاهی (ماده خشک تولیدی بدلیل احتمال سمیت سطوح بالا و یا تنش اسمزی) در این سطوح می باشد. در ترکیب زئولیت غنی شده از خاک فسفات، نیتروژن و ماده آلی، استفاده گردید. تحقیقات مختلف اثر بهمکنش مثبت بین نیتروژن و فسفر و نیز فسفر و پتاسیم را به اثبات رسانده است (پاور و پراساد، ۱۹۹۷). غلامحسینی و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که استفاده از ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن با ۹ تن زئولیت در هکتار می تواند بیشترین افزایش را در صفات کمی و کیفی کلزا ایجاد کند. پرین و همکاران (۱۹۹۸) اثر مقادیر مختلف سولفات آمونیوم و کانی پتیلولایت اشباع شده با آمونیوم را بر روی میزان آبشویی نترات و آمونیوم، جذب نیتروژن و رشد ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج این محققان نشان داد که در خاک تیمار شده با سولفات آمونیوم بسته به میزان نیتروژن اعمال شده ۷۳-۱۰ درصد نیتروژن آبشویی گردید در حالی که میزان آبشویی نترات در تیمار زئولیتی کمتر از ۵ درصد بود. همچنین با وجود اینکه تفاوت معنی داری در میزان رشد گیاه در بین دو تیمار مذکور دیده نشد اما مقدار جذب نیتروژن در تیمار زئولیتی بیشتر بود (Perrin *et al.*, 1998). نتایج این تحقیق همسو با نتایج سایر محققان از جمله اسمیرنوف (۱۹۹۸) و غلامحسینی و همکاران (۲۰۰۷) می باشد.

ب) جذب پتاسیم در توده گیاهی

نتایج آنالیز واریانس اثر سطوح مختلف زئولیت بر جذب پتاسیم در دو رقم ذرت نشان داد که اثر زئولیت و رقم و اثرات متقابل آنها بر جذب پتاسیم در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده ها به روش دانکن نشان داد که بیشترین جذب پتاسیم به مقدار ۱/۷۴ گرم در گلدان در تیمار ۱۰ درصد وزنی زئولیت در رقم ۷۰۴ و کمترین آن از بالاترین سطح کودی زئولیت (۱۵ درصد وزنی) در رقم ۶۰۲ بدست آمد (جدول ۴). تاثیر زئولیت در افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و نیز اثر کندرهایی آن بر رشد و نمو گیاهان گزارش شده است (Mumpton, 1999; Eslamezadeh *et al.*, 2010). از

ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، جذب انتخابی کاتیون‌ها و آزادسازی کنترل شده آنها، فراوانی معادن و ذخایر زئولیتی ایران از یک سو و قابلیت غنی سازی و بهینه سازی این ترکیب طبیعی، معدنی و ارزشمند از سوی دیگر، بررسی تاثیر این ترکیبات بر رشد و نمو گیاهان به ویژه در سامانه‌های کشاورزی پایدار، ضرورتی اجتناب ناپذیر است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که غنی سازی کنترل شده زئولیت با مواد آلی، خاک فسفات و اوره، در اغلب موارد سبب بهبود شاخص های رشد و پاسخ های تغذیه‌ای گیاه گردید به گونه ای که بیشترین وزن خشک بخش هوایی در تیمار با مصرف ۱۰٪ وزنی زئولیت و در رقم ۷۰۴ به میزان ۴۸/۴۱ گرم در گلدان بدست آمد. همچنین کاربرد این تیمار سبب افزایش جذب فسفر، پتاسیم و عناصر کم مصرف مس و روی در رقم ۷۰۴ نسبت به رقم ۲۰۶ گردید. با توجه به وجود تفاوت بین ارقام ذرت در پاسخ‌های تغذیه‌ای و به منظور توصیه دقیق کاربرد ترکیب زئولیت غنی شده با مواد آلی و عناصر غذایی، انجام تحقیقات تکمیلی و زراعی در عرصه، پیشنهاد می‌گردد.

تشکر و قدردانی

انجام این پژوهش با حمایت مالی بنیاد ملی نخبگان و در قالب موافقتنامه شماره ۸۳/۱۵۴۰ مورخ ۱۳۸۹/۲/۲۱ معاونت پژوهش و فناوری پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گرفته که بدینوسیله سپاسگزاری می‌گردد.

تاثیر کود آهن و کمپوست زباله شهری بر جذب منگنز و روی و مس در گندم گزارش داد که کاربرد کمپوست سبب افزایش جذب روی، مس و منگنز در گندم شد. در پژوهش دیگری ابطیحی و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر کوتاه مدت کاربرد کمپوست زباله شهری را بر غلظت روی و مس در ذرت بررسی و گزارش کردند مصرف کمپوست اثر معنی‌داری بر غلظت روی و مس بخش هوایی ذرت داشت. در تحقیق حسن زاده (۲۰۰۲) مشخص شد که افزودن مقادیر مختلفی از زئولیت طبیعی به کودهای دامی تازه علاوه بر اینکه باعث حفظ نیتروژن موجود در کود دامی شده، در مقایسه با سایر افزودنی‌ها از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه هستند. اسفندیاری و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر کاربرد زئولیت خام و غنی شده با NH_4 بر عملکرد و کیفیت گوجه فرنگی مشخص نمودند که وزن میوه‌ها، طول آنها و درصد اسیدیته با مصرف زئولیت کاهش نیتروژن در محلول افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان عملکرد میوه، تعداد میوه در بوته و وزن میوه از بستر زئولیت غنی شده و پرلیت بدست آمد. با توجه به وجود ماده آلی (کمپوست) در ترکیب زئولیت غنی شده در تحقیق حاضر و خصوصیات کانی شناسی زئولیت، افزایش جذب عناصر کم مصرف قابل پیش بینی بوده و برای رشد گیاه مفید می‌باشد.

نتیجه گیری کلی

با توجه به گسترش استفاده از زئولیت‌ها در اراضی کشاورزی بدلیل ویژگی‌های منحصر به فرد از قبیل

References

- Abduli MA, Rasapour M and Kamali SM. 2008. Composting "design, construction and principles", University of Tehran Press, 209 p.
- Abtahi A, Hoodagi M. Hajrasooliha S and Afyouni M. 2008. Effect of short time usage of compost on Zn and Cu concentration in soil and corn, 3rd National Congress of Recycling and Reuse of Organic Renewable Resources in Agriculture, Esfehan, Iran, (in Farsi with English Summary)
- Ali-Ehyaee A, and Behbahanizadeh A. A. 1993. Methods of soil analysis. Technical bulletin No.983, SWRI, Tehran, Iran, (in Farsi with English Summary)
- Amirtaimoori S and Chizari AH. 2008. Investigation of sustainable self-sufficiency in maize production in Iran: total factor productivity approach. Pajouhesh and Sazandegi, 79: 169-177 (in Farsi with English Summary)
- Antonis A, Zorpas K. Vlyssides A. Haralambous I. and Loizidou M. 2000. Compost produced from organic fraction of municipal solid waste, primary stabilized sewage sludge and natural zeolite. Journal of Hazardous materials, 77: 149-159.

- Basso B and Ritchie JT. 2005. Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize- alfalfa rotation in Michigan. *Agriculture Ecosystem & Environment*, 108: 329-341.
- Black CA, Evans D and Dinauer R. 1965. *Methods of soil analysis*, No 9, American Society of Agronomy Madison, WI.
- Bouyoucos, GJ. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal*, 54(5): 464-465.
- Bremner J, and Mulvaney C 1996. Nitrogen-total. *Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods*, pp. 1085-1121.
- Bundy GL, and Carter PR. 1988. Corn hybrid response to nitrogen fertilization in northern corn belt. *Journal of Production Agriculture*, 1: 99-104.
- Colella C. 2005. Natural zeolites. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 157: 13-40.
- Dehghanpour, Z. Sabzi MH., Mozayyan, A. Hasan zadeh-Moghaddam A. Estakhr M. Zamani F. Sadeghi S. Noormohamadi M and Mohseni M. 2009. Fajr, a new early maturity grain maize hybrid (K SC 260), *Seed and Plant Production Journal*, 25 (2): 361-364. (in Farsi with English Summary)
- Edrisi M. 2005. *Methods of fertilizer analysis*, Technical Bulletin. Agricultural Support Services Company, Tehran, Iran.
- Epstein E. 1997. *The science of composting*, Technomic Publishing, Pennsylvania, USA.
- Esfandiari A, Sadat Taghavi T. Babalar M and Delshad M. 2009. The effect of using raw and NH_4^+ zeolite on yield and quality of tomato crop at reduced nitrogen concentration solution in hydroponic. *Journal of horticultural Sciences*, 23(2): 41-51. (in Farsi with English Summary)
- Eslami M, Malakouti MJ and Davoodi MH. 2010. Produce and study of zeolite-urea slow release fertilizer on corn, 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress: Half a Century of The Fertilizer Consumption, Tehran, Iran. (in Farsi with English Summary)
- F.A.O. 2002. *Production year book*. Food and Agricultural organization of United Nation, Rome, Italy,
- Fathi M. 2009. Effect of Iron fertilizer and compost on uptake and availability of Cu, Mn and Zn in Wheat. National Congress of Water, Soil, Plant and Agricultural Mechanization, Dezful, Iran.
- Ferguson GA, Pepper IL and Kneebone WR. 1987. Growth of creeping bentgrass on a new medium for turfgrass growth: Clinoptilolite zeolite-amended sand. *American Society of Agronomy*, 78:1095-1098.
- Gholizadeh A, Esfahani M and Azizi M. 2006. Study of water tension with natural zeolite on quality and quantity of *Dracocephalum moldavica*. *Pajuhesh and Sazandegi*, 73: 96-102. (in Farsi with English Summary)
- Goldani M, Rezvani-Moghadam P. Nasirimahallati M and Kafi M. 2009. Fluorescence efficiency in corn hybrids in different maturing groups. *Iranian Agronomy Researches Journal*, 7(2): 595-603. (in Farsi with English Summary)
- Gholamhoseini M, Ghalavand A. Modarres-Sanavi AM and Jamshidi A. 2007. Effect of zeolite compost application in loamy sand field in grain yield and other traits of sunflower, *Environmental Science*, 5(1): 23-36. (in Farsi with English Summary)
- Gholamhoseini M, Aghaalikhani M and Malakouti M. 2008. Effects of natural zeolite and nitrogen rates on canola forage quality and quantity. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and soil science*, 12 (45):537-548. (in Farsi with English Summary)
- Gupta PK, and Gupta P. 1999. *Soil, plant, water and fertilizer analysis*, Agro Botanica. India.
- Haluschak P. 2000. *Laboratory methods of soil analysis*. Canada-Manitoba Soil Survey, p. 3-133.
- Hassanzadeh Goltapeh A. 2002. Study on the effect of organic, inorganic and integrated fertilizers on the quantitative and quality traits of different sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars in west Azarbayjan, Iran. Ph.D thesis. Tarbiat Modares University, Tehran. Iran.
- Hojati M, Zareei M, Simkesh-zadhoo and Bani nasab B. 2007. Effect of zeolite amount use on graecum growth. 5th Iranian Horticultural science congress, Shiraz, Iran. (in Farsi with English Summary)
- Kavoosi M. 2007. Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery and nitrogen use efficiency. *Communication in Soil Science & Plant Analysis*, 38: 69-76.

- Kazemian H. 2000. Recent research on the Iranian natural zeolite resource (A review). Access in Nano porous materials –II Banff. Alberta. Canada. P: 25-28
- Kazemian H and H. Faghihiyan. 1998. Feasibility study of natural zeolite use for researve and increase soil moisture and remediation of sewage. 9th Congress of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Tehran, Iran. (in Farsi with English Summary)
- Khoocheki A, Hosseini M and Hashemi-Dezfouli A. 2009. Sustainable agriculture. Jahade daneshgahi Publication, 124 p.
- Malakouti MJ. 1384. Sustainable agriculture and yield increase through balanced fertilization, Sana Publication, 500 p.
- Malakouti MJ and Sepehr E. 2003. Balanced nutrition of oil crops: An approach towards self-sufficiency in oil “A compliation of papers”. Khaniran Punlication, 452 p.
- Malakouti MJ, Nafisi M and Motesharrezadeh B. 2001. National effort for production of fertilizers as a step toward self-sufficiency and sustainable agriculture, Amoozesh publication, Karaj, Iran, 420 p.
- Moll RH, Kamprath EJ. And Jackson WA. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization, *Agronomy Journal*, 74: 262-264.
- Mostashari-Mohasses M. 2010. Distribution management and balanced fertilizer consumption in Qhazvin province, 1st Iranian fertilizer challenges congress: Half a century of the fertilizer consumption, Tehran, Iran. (in Farsi with English Summary)
- Mumpton FA. 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(7): p. 3463-3470.
- Neisani S, Fallah S. and Raiesi F. 2011. The effect of poultry manure and urea on agronomic characters of forage maize under drought stress conditions, *Agriculture Knowledge and Sustainable Production Journal*, 21(4): 63-74.
- Nissen LR, Lepp NW. and Edwards R. 2000. Synthetic zeolites as amendments for sewage sludge-based compost, *Chemosphere*, 41: 265–269.
- Perrin TS, Drost DT Boettinger JL and Norton JM. 1998. Ammonium loaded clinoptilolite: A slow-release nitrogen fertilizer for sweet corn. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 515-530.
- Polat E, Karaca M, Demir H and Naci onus A., 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12: 183-189.
- Puschenreiter M, and Horak O. 2003. Slow-release zeolite-bound zinc and copper fertilizers affect cadmium concentration in wheat and spinach. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34(1-2): 31-40
- Pursell, T, Shirley AR. Jr. Cochran KD and Holt TG, Peeden, GS, Pace, CB, Miller, JM. 2003. Pesticide Carrier. PCT Int. WO 2003105582 A2 20031224.
- Ramesh, K and Damador D., 2011. Zeolites and their potential uses in agriculture. *Advances in Agronomy*, 113: p. 2.
- Rehakova M, Cuvanova S, Dzivac M and Rimar J., 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 8(6): 397-404.
- Ranjbarchoobeh M, Esfahani M. Kavooosi M and Yazdani M. 2004. Effect of irrigation and zeolite use on yield and quality of Tobacco, *Agricultural Science Research*, 1(2): 63-75. (in Farsi with English Summary)
- Robinson HF, Comstock RE. and Harvey PH. 1950. Genotypic and phenotypic correlation in corn and their implication selection. *Agronomy Journal*, 10: 282-287.
- Ryan J, Estefan G and Rashid A. 2007. Soil and plant analysis laboratory manual: Icarda.
- Sadeghi-Lotfabadi S, Kafi M and Khazaee R. 2010. Effect of calcium and potassium and method of application on sorghum morphological and physiological traits in the presence of salinity. *Journal of Water and Soil*, 24(2): 385-393. (in Farsi with English Summary)
- Satti SME and Lopez M. 1994. Effect of increasing potassium levels for all availing sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. *Communication in soil science and plant analysis*, 25:2807-2823.
- Sharma AK. 2005. A handbook of Organic Farming, Agrobios, p. 627. India.
- Sopková A, and Janoková E. 1998. An insecticide stabilized by natural zeolite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 53(2): 477-485.

- Smirnov N, and Colombe SV. 1988. Drought influences the activity of enzymes of the chloroplast hydrogen peroxide scavenging system. *Journal of Experimental Botany*, 39(8): p. 1097-1108
- Sparks DL. 1996. *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. Soil science society, America Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 1996.
- Taghizadeh R, Seyed Sharifi R. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on yield attributes and nitrogen use efficiency in corn cultivars. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 15(57): 209-217.
- Tahmasebi E. and Rashed-Mohassel MH. 1388. The effect of density and planting pattern on yield and yield component of two corn hybrids, *Iranian Agronomy Researches Journal*, 7(1): 105-113. (in Farsi with English Summary)
- Tafvizi M. 2012. Study of lead toxicity and iron nutrition on the responses of two forage maize varieties, A thesis submitted to the graduate studies office in partial fulfillment of the Requirements for the degree of Master of science in Soil Science, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran.
- Tsadilas CD, and Argyropoulos G. 2006. Effect of clinoptilolite addition to Soil on wheat yield and nitrogen uptake. *Journal of Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 2691-2699.
- Turan ZM. 2006. Effect of natural zeolite on growth and yield of *Medicago sativa* L. *Journal of Agronomy*, 5: 118-121.
- Walkley A, and Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29-38.
- Watson DJ. 1952. The physiological basis of variation in yield. *Advanced Agronomy*, 4: 101-145.
- Zibaei M, Soltani G. Keykha A. 1998. The Effect of increasing the acreage of corn on cropping pattern and farmer's income in Fars province. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 2 (4):15-32 (in Farsi with English Summary)

The Effect of Different Levels of Enriched Zeolite on Dry Matter, Yield Components and Nutrient Uptake in Two Cultivars of Corn (*Zea mays*, cv.260 and 704)

Babak Motesharezadeh^{1*}, Hemayat Asgari Lajayer²

1- Assistant Professor of Soil Science Department, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

2- Former Graduate Student, Soil Science Department, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran

* Corresponding author: moteshare@ut.ac.ir

Received: 06.03.2013

Accepted: 21.10.2013

Abstract

Zeolite is one of the natural minerals that has nutrition value. Providing novel compounds and formulations accordance with the sustainable/organic agriculture is one of the major needs in today's societies. In order to evaluate the effects of different levels of enriched zeolite (with organic matters and several nutrients) on dry matter yield, yield components, and nutrient uptake in two maize varieties Single Cross (SC) (704 and 260), an factorial experiment was carried out with the basis of completely randomized design with three replications and four treatments in the pots at the research greenhouse of Agronomy and Plant Breeding Department, University of Tehran, Karaj. In this experiment, enriched zeolite with nitrogen, phosphorous, potassium, and organic matter was used in four levels including 0 (control), 5, 10, and 15 percent by weight before planting. After 70 days from planting i.e. finishing vegetative stage, dry matter of root and shoot were measured as well as some other yield components including fresh weights of root and shoot, plant height, chlorophyll (SPAD), leaf area, uptake of macronutrients amounts of phosphorous and potassium, micronutrients uptake of copper and zinc. The results showed that the effect of enriched zeolite on all measured indices were significant at 1% level. Cultivar effects on other indices were significant at 1% level ($p < 0.01$), except for plant height. The treatments mean comparison showed that the treatments of 10 and 15% by weight enriched zeolite for both cultivars had the best and the weakest outcomes, respectively. The second application of zeolite (10%) led to the highest amounts of phosphorous and potassium uptake in 704 (SC) variety of maize by 0.081 and 1.74 g/pot, respectively. According to the obtained results from this study, and considering the importance of dry matter amount in evaluating maize yield, the use of enriched zeolite as a fertilizer compound and optimizer substance after complementary researches is recommended.

Keyword: zeolite, corn, yield, nutrient