DOI: http://dx.doi.org/10.22092/aj.2016.109574

نشریه زراعت شماره ۱۱۱، تابستان ۱۳۹۵

(پژوهش و سازندگی)

تأثیر زئولیت بر جذب پتاسیم و کارایی مصرف ازت و پتاسیم توسط گندم در یک خاک با محدودیت پتاسیم قابل استفاده

• مرضیه خوراشاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (نویسنده مسئول)

تاریخ دریافت: دی ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: دی ماه ۱۳۹۲

پست الکترونیک نویسنده مسئول: mkhorashahi65@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر زئولیت بر جذب پتاسیم و کارایی مصرف ازت و پتاسیم توسط گندم در یک خاک با محدودیت پتاسیم قابل استفاده در استان گلستان، آزمایشی به روش تجزیه مرکب بر پایه دو طرح بلوک های کامل تصادفی (با اختلاط ۲۰ تن بر هکتار زئولیت کلینوپتیلولیت با خاک سطحی و بدون زئولیت) که هر کدام شامل ۵ تیمار و ۴ تکرار بود، اجرا شد. تیمارهای آزمایشی در این طرح شامل کودهای اوره، سولفات پتاسیم و دی آمونیوم فسفات به صورت الف- ۰، ۰، ۰ ب- ۲۰۰، ۰، ۲۵۰ ج- ۲۰۰، ۱۰۰، ۲۵۰، د- ۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰، و اوره + DCD، سولفات پتاسیم و دی آمونیوم فسفات بصورت ه - ۲۰۰، ۱۵، ۲۰۰، ۲۵۰ کیلو گرم در هکتار بودند. مقدار پتاسیم و ازت گیاه و خاک در مراحل قبل خوشه دهی و برداشت اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که زئولیت موجب افزایش جذب پتاسیم در مراحل قبل خوشه دهی و برداشت شد. همچنین زئولیت موجب افزایش کارایی مصرف ازت و پتاسیم در دانه و کاه شد و مصرف آن موجب افزایش بهره وری تولید گردید.

کلمات کلیدی: پتاسیم، زئولیت، کارایی مصرف، گندم

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:111 pp: 6-13

Effect of potassium adsorption on the zeolite

By:

- *M.khorashahi, (Corresponding Author), Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources*

Received: December 2012 **Accepted: May 2014**

To study the effect of zeolite on potassium uptake and potassium and urea fertilizer use efficiency by wheat in a high specific surface soil in Golestan Province, a combined analysis used two completely randomized block design in this study (with 20 ton/ha topsoil zeolite clinoptilolite incorporated and without respectively) each of which included 5 treatments with 4 replications. Treatments were combined urea fertilizer, potassium sulfate, diammonium phosphate at (a) 0, 0 ,0 , (b) 200, 0, 250 , (c) 200, 100, 250, (d) 200, 200, 250 kg/ha respectively and also (e) urea fertilizer + DCD + potassium sulfate + diammonium phosphate at 200, 15, 200 and 250 kg/ha. Potassium and nitrogen tissue concentration and soil potassium and nitrogen at both pre-heading and harvest were determined. Results show zeolite raised the potassium uptake and improved nitrogen and potassium apparent fertilizer use efficiency by grain and straw improved and their economic return.

Keywords: Fertilizer use efficiency, Potassium, Wheat, Zeolite,

مقدمه

گندم از نظر تولید و سطح زیر کشت مهمترین محصول کشاورزی ایران است و افزایش محصول آن روز به روز مورد توجه قرار گرفته و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی از اهمیت بسیاری برخوردار می باشد (خدابنده، ۱۳۸۹). پتاسیم از طرفی به دلیل وظایف فیزیولوژیکی گسترده ای که در گیاه به عهده دارد و از طرف دیگر به دلیل ایجاد استحکام ساقه و مقاومت آن در مقابل خوابیدگی، افزایش کارایی مصرف و جذب ازت و ایجاد مقاومت در برابر آفات و امراض، نقش کلیدی در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت دانه گندم دارد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶). بسیاری از خاک ها با رس غالب ایلیت، خاک هایی با قدرت بالا برای جذب پتاسیم می باشند (هاولین و همکاران، ۲۰۰۵). کود پتاسیم با این رس ها تثبیت می شود ولی جذب پتاسیم و عملکرد گیاه تغییر نمی کند، درصورتیکه کاربرد توأم کود پتاسیم با کودهای حاوی عناصر رقیب مثل کودهای آمونیومی و یا اوره موجب افزایش جذب پتاسیم و عملکرد بهتر گیاه می گردد (بولت و بروگنورت، ۱۹۷۶).

نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی و عامل کلیدی در دستیابی به عملکرد مطلوب در محصولات زراعی می باشد. نیتروژن در گیاهان بالاترین غلظت را داشته، به طوری که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی عملکرد را محدود می کند (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۷۶). مهمترین عامل محدود کننده رشد گیاهان در کشاورزی کمبود ازت است تا کمبود سایر عناصر، زیرا نیاز گیاهان به ازت، بیش از تمام عناصر دیگر می باشد (سالاردینی، ۱۳۷۹). مهمترین روش تأمین نیتروژن مورد نیاز کشاورزی، استفاده از کودهای نیتروژنه است. در ضمن برای تولید اقتصادی محصولات مختلف و تأمین نیاز غذایی جامعه، مدیریت نیتروژن از اولویت ویژه ای برخوردار است. بنابراین استفاده مناسب از کودهای نیتروژنه برای افزایش تولید محصول و افزایش کارایی نیتروژن، از مهمترین مباحث روز می باشد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳).

دی سیانو دی آمید (DCD) با فرمول $C_2H_4N_4$ یک بازدارنده ی نیتریفیکاسیون موثر می باشد و کاربرد وسیعی در کشاورزی برای بهبود کارایی کودهای ازته دارد (چاوز و همکاران، ۲۰۰۶).

زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات های معدنی کریستالی و با شبکه سه بعدی می باشند، اسکلت باز آنها شامل کانال ها و حفراتی حاوی کاتیون ها و مولکول های آب است و به علت تحرک این کاتیون ها، پدیده تبادل یون که یکی از ویژگی های زئولیت هاست میسر می‌شود. از خصوصیات بارز زئولیت ها قابلیت آنها در دهیدراسیون برگشت پذیر و نیز تبادل کاتیون‌ها بدون تغییر ساختمانی است (کاظمیان و رحیمی، ۱۳۸۲). از زئولیت ها در صنایع کشاورزی به عنوان حاصلخیز کننده و افزاینده رطوبت خاک استفاده می شود (کاظمیان و فقیهیان، ۱۳۷۷). زئولیت ها به عنوان موادی کاملا طبیعی با توجه به ویژگی های منحصر به فردشان مانند قابلیت تبادل کاتیونی بالا (حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی اکیوالان در ۱۰۰ گرم) و همچنین قابلیت جذب انتخابی کاتیون های مفید مانند آمونیوم (NH_4^+) و آزادسازی کنترل شده ی آنها (دوایری، ۱۹۹۸)، می توانند اثرگذاری کودهای شیمیایی را بیشتر کرده و ضمن افزایش کارائی کودها، باعث مصرف بهینه ی کودهای شیمیایی نیز شوند. طبق مطالعه فائزنیا (۲۰۰۴) افزایش زئولیت در خاک پردیس دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان سبب افزایش جذب پتاسیم و فسفر و ازت در گیاه گندم و افزایش معنی دار عناصر مذکور در دانه، کاه و کلش گندم گردیده و در نتیجه افزایش عملکرد را در پی داشته است. همچنین زئولیت باعث افزایش پتاسیم قابل جذب و ظرفیت تبادل کاتیونی خاک گردید. پلات و همکاران (۲۰۰۴) با مطالعه کاربرد زئولیت طبیعی (کلینوپتیلولیت) در کشاورزی بیان کردند که زئولیت از طریق جلوگیری از هدر روی عناصر غذایی باعث افزایش کارایی

کودها شده و در نهایت موجب بهبود رشد گیاه می شود.

نوبخش (۱۳۹۰) با بررسی اثر زئولیت بر غلظت و جذب پتاسیم در گیاه سورگوم علوفه ای نشان داد که اثر نوع خاک، سطوح زئولیت و کود پتاسیم بر جذب پتاسیم گیاه و همچنین بر درصد پتاسیم گیاه در سطح یک درصد معنی دار بود. آلبرتو و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه تولید ماده خشک و تجمع مواد غذایی پس از کشت مداوم کاهو، گوجه و برنج در بستر زئولیت نشان دادند که زئولیت به عنوان یک منبع کند رهای مواد غذایی برای گیاه می باشد.

هدف از این تحقیق بررسی تاثیر زئولیت و نسبت های مختلف کود پتاسیمی بر جذب پتاسیم و کارایی مصرف ازت و پتاسیم توسط گندم در یک خاک با محدودیت پتاسیم قابل استفاده بود.

مواد و روش ها

این تحقیق به روش تجزیه مرکب بر پایه دو طرح بلوک های کامل تصادفی که هر کدام شامل ۵ تیمار و ۴ تکرار بود، طی سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در اراضی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. پس از انتخاب قطعه زمین مورد نظر در مزرعه دانشگاه پردیس و انجام شخم و دیسک، یک نمونه خاک مرکب از عمق ۳۰ سانتی متری تهیه و آزمایش های فیزیکو شیمیایی شامل مقدار نیترات به روش ولتامتری (۸)، آمونیوم به روش رنگ سنجی (۸)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (۸)، پتاسیم قابل جذب با روش استات آمونیوم (۸)،بر روی آن انجام شد. زئولیت کلینوپتیلولیت از معادن زئولیت شمال سمنان تهیه شد. تیمارهای آزمایشی شامل زئولیت به میزان ۲۰ تن در هکتار و کودهای اوره، سولفات پتاسیم و دی آمونیوم فسفات به صورت الف- ۰، ۰، ۰ ب- ۲۰۰، ۰، ۲۵۰ ج- ۲۰۰، ۱۰۰، ۲۵۰، د- ۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰، کیلوگرم در هکتار و ه- یک تیمار کودی اوره مخلوط با DCD + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات بصورت ۲۰۰، ۱۵، ۲۰۰، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. یک طرح شامل زئولیت و تیمارهای کودی ذکر شده و طرح دیگر فقط شامل تیمارهای کودی بود. تیمارها تا عمق ۲۰ سانتی متری توسط دیسک با خاک مخلوط شد. گندم رقم مروارید(N-81-18) در کرت های آزمایشی به صورت دیم کشت گردید. اندازه کرت ها ۶×۴ مترمربع، فاصله بین کرت ها ۲ متر، فاصله بلوک ها از یکدیگر ۳ متر، فاصله ردیف های کشت ۲۰ سانتی متر و فاصله بین بذرها ۲/۵ سانتی متر بود. در مرحله قبل خوشه دهی ۴۰ بوته گندم از هر کرت بطور تصادفی نمونه برداری شد و پس از جدا کردن ۴ برگ بالایی از بقیه اندام، آنها را در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد خشک کرده و پس از آسیاب کردن، آزمایش های مورد نظر شامل مقدار پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر و ازت به روش کجلدال بر روی ۴ برگ بالایی انجام شد. در پایان فصل رشد، برداشت محصول از ۱×۲ متر مربع از سطح خاک انجام شد و پس از جدا کردن دانه ها از کاه و کلش و خشک کردن در آون و آسیاب، مقدار پتاسیم و ازت در کل اندام هوایی گیاه یعنی دانه و کاه و کلش تعیین گردید. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و زئولیت در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است (زئولیت کلینوپتیلولیت از الک ۲ میلی متر عبور داده شد).

نتایج نشان می دهد که غلظت پتاسیم قابل جذب خاک در حد خیلی زیاد (کمتر از ۴۰، ۸۰-۴۱، ۱۲۰-۸۱، ۱۶۰-۱۲۱ و بیشتر از ۱۶۰ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل جذب خاک به ترتیب نمایانگر مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می باشد)، فسفر قابل جذب در حد کم (کمتر از ۳، ۷-۴، ۱۱-۸، ۲۰-۱۱ و بیشتر از ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب خاک به ترتیب نمایانگر مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می باشد) و ازت خاک در حد متوسط (با درصد ماده آلی خاک۱/۱ تا ۲، مقادیر کمتر از ۴، ۷-۴، ۱۰-۷، ۱۳-۱۰ و بیشتر از ۱۳ میلی گرم در کیلوگرم نیترات به ترتیب نمایانگر مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می باشد) قرار دارند (هاولین و همکاران، ۲۰۰۵).

نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی در چهار برگ بالایی گیاه در مرحله قبل خوشه دهی گندم در جدول (۳) نشان می دهد که اثر زئولیت بر عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی در این مرحله معنی دار بود. تأثیر کود شیمیایی نیز بر عملکرد ماده خشک و جذب عناصر پتاسیم و ازت معنی دار بود. اثرات متقابل زئولیت و کود نیز بر تمام این شاخص ها معنی دار بود.

نتایج مقایسه میانگین داده ها در جدول (۴)، نشان می دهد که زئولیت موجب افزایش عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی در ۴ برگ بالایی گردید.

با توجه به جدول (۴) با تیمارهای K2 و K2D مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم موجب افزایش عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی نسبت به تیمار K1 (مصرف ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم) و این تیمارها نسبت به تیمار K0 گردید. کمترین میزان عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی در تیمار شاهد بدون مصرف کودهای پتاسیم و ازت حاصل شد. دی سیانو دی آمید موجب افزایش جذب پتاسیم در مرحله قبل خوشه دهی گردید.

بر اساس جدول (۴) برای تیمارهای مشابه زئولیت موجب افزایش عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی ۴ برگ بالایی گردید. افزایش عملکرد ماده خشک برای تمام تیمارها بجز تیمار K1 معنی دار بود. افزایش جذب پتاسیم برای تمام تیمارها معنی دار بود.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به برداشت عناصر غذایی توسط دانه و کاه و کلش در مرحله برداشت در جدول(۵) نشان می دهد که اثر زئولیت بر برداشت عناصر پتاسیم و ازت در دانه و کاه وکلش معنی دار بود. تأثیر کود شیمیایی نیز بر برداشت عناصر پتاسیم و ازت معنی دار بود. اثرات متقابل زئولیت و کود بر برداشت این عناصر معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین این تیمارها در جدول (۶) نشان می دهد که زئولیت موجب افزایش جذب پتاسیم و ازت در دانه و کاه و کلش گندم گردید. با تیمارهای K2 و K2D مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم موجب افزایش جذب پتاسیم و ازت دانه و کاه و کلش نسبت به تیمار K1 و این تیمارها نسبت به تیمار K0 گردید و کمترین میزان جذب این عناصر با تیمار شاهد بدون مصرف کودهای پتاسیم و ازت حاصل شد.

برای تیمارهای مشابه، زئولیت موجب افزایش جذب عناصر پتاسیم و ازت دانه و کاه و کلش گندم گردید. این افزایش برای تمام

تیمارها معنی دار بود. این نتایج با نتایج فائزنیا (۱۳۸۳) و نوبخش (۱۳۹۰) مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس کارایی ظاهری مصرف کود برای تولید دانه و کاه در جدول (۷) ارائه شده است. اثر زئولیت بر کارایی ظاهری مصرف کودهای فسفره، پتاسه و ازته در دانه و کاه معنی دار بود. تأثیر کود شیمیایی بر کارایی کودهای فسفره، پتاسه و ازته در دانه و کاه معنی دار بود. اثرات متقابل کود در زئولیت نیز بر کارایی ظاهری مصرف کودهای ذکر شده در دانه و کاه به جز کود فسفره در کاه معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین این تیمارها نیز در جدول (۸) نشان می دهد که زئولیت موجب افزایش کارایی ظاهری مصرف کودهای فسفره، ازته و پتاسه در دانه گردید. زئولیت همچنین موجب افزایش کارایی ظاهری مصرف کودهای فسفره و ازته و کاهش کارایی مصرف کود پتاسه در کاه گردید.

بر اساس جدول (۸) با تیمارهای K2 و K2D مصرف سولفات پتاسیم باعث افزایش کارایی ظاهری مصرف کودهای فسفره و ازته نسبت به تیمار K1 و این تیمارها نسبت به تیمار شاهد بدون مصرف کود پتاسیم در دانه و کاه و کلش گردید. مصرف سولفات پتاسیم تأثیر چندانی بر کارایی ظاهری مصرف کود پتاسه در دانه و کاه نداشت. دی سیانو دی آمید نیز تأثیری بر کارایی مصرف کودها نداشت.

برای تیمارهای مشابه، زئولیت موجب افزایش کارایی ظاهری کودهای فسفره و ازته در دانه و کاه و کلش گردید. این افزایش برای تمام تیمارها در کاه معنی دار بود. افزایش کارایی کود فسفره در دانه برای تمام تیمارها بجز تیمار K0 معنی دار بود. افزایش کارایی کود ازته در دانه نیز برای تمام تیمارها بجز تیمارهای K1 و K0 معنی دار بود. زئولیت همچنین موجب کاهش کارایی مصرف کود پتاسه در دانه و کاه گردید که این کاهش برای همه تیمارها معنی دار بود.

با کاه اختلاف جذب تیمار شاهد حاوی زئولیت و بدون زئولیت ۱۵/۰۶ کیلوگرم و برای دانه ۳/۵ کیلوگرم بود. با توجه به جذب زیادتر پتاسیم از محل زئولیت در کاه نسبت به دانه، اختلاف تیمارهای مختلف کودی با شاهد در کاه برای تیمارهای زئولیت دار نسبت به بدون زئولیت کمتر و در نتیجه کارایی مصرف پتاسیم با زئولیت کمتر شد. رابطه کارایی ظاهری مصرف کود به صورت زیر می باشد.

رابطه (۱) $a-b/c\times 100$

a، b و c به ترتیب نشان دهنده میزان جذب عنصر با تیمار مورد نظر، میزان جذب عنصر با تیمار شاهد و میزان مصرف عنصر با کود می باشد.

کارایی ظاهری بدین معنی است که شاهد برای تیمارهای دارای زئولیت و بدون زئولیت متفاوت است. در محاسبات فوق برای اثرات متقابل، شاهد کود پتاسیم برای تیمارهای زئولیت دار کاه و دانه K0Z1 و برای تیمارهای بدون زئولیت کاه و دانه K0Z0 است. شاهد کود ازت و فسفر برای تیمارهای زئولیت دار کاه و دانه CZ1 و برای تیمارهای بدون زئولیت CZ0 می باشد. برای اثرات ساده کودی، شاهد کود پتاسیم K0 و شاهد کود ازت و فسفر C می باشد. برای اثرات ساده زئولیت نیز شاهد مشابه اثرات متقابل در نظر گرفته شد.

ضریب همبستگی بین غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله برداشت با عملکرد دانه و کاه در جدول (۹) آورده شده است. بین غلظت عناصر غذایی کلسیم، منیزیم و فسفر خاک با عملکرد دانه و کاه همبستگی معنی داری مشاهده نشد، اما همبستگی مثبت و معنی داری بین پتاسیم خاک با عملکرد دانه و کاه دیده شد.

نتیجه گیری کلی

در خاک مزرعه آزمایشی شماره ۱ دانشگاه با سطح ویژه بالا و وضعیت دانه بندی نامناسب و شدت پخشیدگی کم، قسمت اعظم نمک ها و عناصر خاک از جمله پتاسیم در لایه دوگانه پخشیده الکتریکی موجود می باشد و سرعت جذب پتاسیم برای تامین نیاز گیاه کافی نمی باشد. کاربرد توأم کود پتاسه با کودهای عناصر رقیب مثل کودهای با مبانی آمونیوم موجب افزایش سرعت پخشیدگی پتاسیم به محیط ریشه می گردد.

زئولیت غلظت عناصر نیتروژن و پتاسیم و جذب این عناصر را در کاه و دانه افزایش داد. زئولیت همچنین کارایی ظاهری مصرف کود پتاسیم برای جذب دانه را افزایش، ولی کاه را کاهش داد. کاهش کارایی مصرف کود پتاسیم در کاه با زئولیت به منزله جذب بیشتر پتاسیم مورد نیاز کاه از طریق زئولیت نسبت به دانه است، زیرا در دانه با مصرف زئولیت کارایی مصرف کود پتاسیم افزایش می یابد. با کودهای پتاسیمی کارایی مصرف کود ازت نیز افزایش یافت. پتاسیم حرکت شیره پرورده را در گیاه کنترل می کند (هاولین، ۲۰۰۵). در خاک های با سطح ویژه بالا، با کودهای پتاسیمی و زئولیت جذب بیشتر پتاسیم توسط گیاه موجب افزایش سرعت شیره پرورده و انتقال و فتوسنتز مواد ساخته شده در برگ به سایر اندام های گیاهی می شود. کاهش تجمع مواد حاصل از فتوسنتز در برگ ها و در نتیجه ریشه گیاه، موجب افزایش جذب عناصر غذایی خاک از جمله ازت می شود و بدین ترتیب پتاسیم کارایی مصرف ازت را افزایش می دهد. این در حالی است که بدون مصرف کود پتاسیمی، کاربرد کود ازت به تنهایی جذب نیتروژن و عملکرد را به میزان قابل توجهی افزایش نمی دهد که از نتایج این طرح نیز مشهود است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی خاک و زئولیت

	رس (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	بافت خاک	رطوبت اشباع (درصد)
خاک	۴۰	۱۶/۵۹	۴۳/۴۱	Si.C.L	۵۶/۴۵
زئولیت	۱	۸۲	۱۷	S	۴۸

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی خاک و زئولیت

	ازت کل(درصد)	ازت آمونیومی (میلی گرم بر کیلوگرم)	ازت نیتراتی (میلی گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل جذب خاک (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب خاک در عصاره استات آمونیوم (میلی گرم بر کیلوگرم)	ماده آلی (درصد)	واکنش گل اشباع	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بر کیلوگرم)
خاک	۰/۱۰	۱/۵۵	۷/۴۲	۷/۶۰	۴۲۵	۱/۲	۷/۶۱	۱/۰۷	۱۷/۷۹
زئولیت	۰/۰۱	-	-	۳/۷	۱۸۰۰	۰/۰۴۳	۷/۳۴	۲/۸۱	۹۸

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی در چهار برگ بالایی گیاه در مرحله قبل خوشه‌دهی گندم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		عملکرد ماده خشک	ازت	پتاسیم
زئولیت	۱	۴۰۸۵۴۵/۱**	۵۴۹/۰۹**	۵۲۸/۴۰**
کود	۴	۳۱۵۷۹۸۳/۴۵**	۳۹۴۶/۲۴**	۱۵۱۴/۹۲**
اشتباه ۱	۱۵	۱۱۷۸۴/۹۵ns	۱۲/۰۳ns	۳/۱۲ns
کود × زئولیت	۴	۱۴۰۴۴/۳۸**	۳۱/۲۸**	۵/۵۹**
اشتباه ۲	۱۵	۱۰۵۰۴/۱۱	۸/۴۸	۲/۸۶
ضریب تغییرات		۲۲/۲۴	۱۳/۵۴	۱۷/۲

ns اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک و جذب عناصر غذایی در ۴ برگ بالایی گیاه در مرحله قبل خوشه‌دهی گندم (کیلوگرم بر هکتار)

تیمار	عملکرد ماده خشک	ازت	پتاسیم
زئولیت			
با زئولیت (z1)	۴۱۶۵/۸۸a	۹۹/۷۳a	۶۳/۸۶a
بدون زئولیت (z0)	۳۹۶۳/۷۵b	۹۲/۳۲b	۵۶/۵۹b
کود اوره + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات (کیلوگرم بر هکتار)			
K0 (۲۰۰، ۰، ۲۵۰)	۳۵۵۹/۰۶c	۷۹/۹۷c	۴۸/۹۸d
K1 (۲۰۰، ۱۰۰، ۲۵۰)	۳۹۲۹/۰۵b	۹۶/۶۷b	۵۸/۶۱c
K2 (۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰)	۴۶۸۶/۵۶a	۱۱۶/۳۰a	۷۲/۹۹b
K2D (۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰)	۴۷۵۲/۱۹a	۱۱۹/۰۱a	۷۵/۵۲a
c (۰، ۰، ۰)	۳۳۹۷/۱۹d	۶۸/۱۷d	۴۵/۰۱e
اثرات متقابل			
K0×z1	۳۶۴۶/۲۵d	۸۲/۸۶e	۵۲/۲۱f
K1×z1	۳۹۸۰/۶۲c	۹۹/۷۹c	۶۲/۲d
K2×z1	۴۸۴۵/۰۰a	۱۲۲/۸۰a	۷۷/۸۲a
K2D×z1	۴۸۷۹/۳۷a	۱۲۳/۹۰a	۷۹/۴۷a
c×z1	۳۴۷۸/۱۲e	۶۹/۶۸g	۴۷/۵۹g
K0×z0	۳۴۷۱/۸۷e	۷۷/۰۹f	۴۵/۷۶g
K1×z0	۳۸۷۷/۵c	۹۳/۹۳d	۵۵/۰۲e
K2×z0	۴۵۲۸/۱۲b	۱۰۹/۷۹b	۶۸/۱۷c
K2D×z0	۵۰۱۴۶۲۵b	۱۱۴/۱۲b	۷۱/۵۷b
c×z0	۳۳۱۶/۲۵f	۶۶/۶۵g	۴۲/۴۲h

میانگین‌ها در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵- تجزیه واریانس برداشت عناصر غذایی توسط کاه و کلش و دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	دانه	میانگین مربعات		کاه و کلش
		ازت	پتاسیم	ازت	پتاسیم
زئولیت	۱	۳۲۷۵/۶۸**	۱۷۸/۳۴**	۶۸۶/۶۲**	۱۳۸۵/۲۳**
کود	۴	۱۵۳۳/۹**	۱۰۹/۶۴**	۱۲۰۱/۸۹**	۱۷۵۴/۷۷**
اشتباه ۱	۱۵	۴/۰۱ns	۰/۱۲۶ns	۱/۴۰ns	۰/۶۶۲ns
کود × زئولیت	۴	۸۷/۷۹**	۱/۸۴**	۷/۶۲**	۶/۱۸**
اشتباه ۲	۱۵	۴/۷۶	۰/۰۶۶	۱/۰۰۷	۰/۴۷
ضریب تغییرات		۱۱/۲۵	۱۱/۲	۱۲/۴۵	۱۱/۷۸

ns اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۶- مقایسه میانگین جذب عناصر توسط دانه و کاه در مرحله برداشت (کیلوگرم بر هکتار)

تیمار	دانه		میانگین مربعات	کاه و کلش
	ازت	پتاسیم	ازت	پتاسیم
زئولیت				
با زئولیت (z1)	۶۵/۳۲^{a}	۱۴/۶۲^{a}	۳۸/۳۱^{a}	۵۸/۰۶^{a}
بدون زئولیت (z0)	۵۱/۹۷^{b}	۱۰/۴۳۳^{b}	۳۰/۱۱^{b}	۴۶/۱۱^{b}
کود اوره + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات (کیلوگرم بر هکتار)				
K0 (۲۰۰، ۰، ۲۵۰)	۵۲/۶۵^{c}	۹/۵۹^{c}	۲۵/۸۵^{d}	۴۱/۱۰^{c}
K1 (۲۰۰، ۱۰۰، ۲۵۰)	۶۶/۳۴^{b}	۱۲/۹۲^{b}	۴۰/۱۳^{c}	۵۵/۸۷^{b}
K2 (۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰)	۷۲/۱۰^{a}	۱۵/۹۸^{a}	۴۴/۷۲^{b}	۶۶/۲۰^{a}
K2D(۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰)	۷۳/۳۲^{a}	۱۶/۲۷^{a}	۴۶/۰۵^{a}	۶۶/۶۶^{a}
c (۰، ۰، ۰)	۴۱/۴۹^{d}	۸/۲۳^{d}	۱۸/۴۱^{e}	۳۳/۴۴^{d}
اثرات متقابل				
Ko×z1	۵۹/۷۶^{c}	۱۱/۴۰^{d}	۳۰/۱۱^{f}	۴۹/۲۱^{d}
K1×z1	۷۸/۶۷^{b}	۱۵/۲۴^{b}	۴۵/۵۹^{b}	۶۱/۷۳^{b}
K2×z1	۸۴/۶۰^{a}	۱۸/۸۹^{a}	۴۹/۵۵^{a}	۷۱/۵۳^{a}
K2D×z1	۸۵/۶۴^{a}	۱۸/۸۷^{a}	۴۹/۸۶^{a}	۷۱/۶۱^{a}
c×z1	۴۶/۱۴^{e}	۹/۸۰^{f}	۲۱/۲۲^{g}	۳۹/۸۷^{e}
K0×z0	۴۶/۳۸^{e}	۷/۹۰^{g}	۲۱/۸۱^{g}	۳۴/۱۵^{f}
K1×z0	۵۵/۸۹^{d}	۱۰/۸۰^{e}	۳۴/۹۳^{e}	۵۰/۲۸^{c}
K2×z0	۶۰/۹۴^{c}	۱۳/۷۰^{c}	۴۰/۰۴^{d}	۶۱/۰۴^{b}
K2D×z0	۶۲/۰۳^{c}	۱۳/۸۷^{c}	۴۲/۳۵^{c}	۶۱/۵۳^{b}
c×z0	۳۷/۲۱^{f}	۶/۸۳^{h}	۱۵/۷۲^{h}	۲۷/۵۴^{g}

میانگین‌ها در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷- تجزیه واریانس کارایی ظاهری مصرف کود برای تولید دانه و کاه

منابع تغییرات	درجه آزادی	دانه		میانگین مربعات		کاه و کلش	
		ازت	فسفر	پتاسیم	ازت	فسفر	پتاسیم
زئولیت	۱	۲۸۲/۵۶**	۱۳/۲۰۸**	۱۳/۰۹**	۱۳۰/۶۰**	۲/۲۹**	۱۱۷/۱۳۵**
کود	۴	۶۷۵/۳۴**	۵۵/۲۸۹**	۱۳۳/۲۱**	۲۰۹/۱۸**	۹/۹۹**	۴۴۳/۹۴**
اشتباه ۱	۱۵	۱۲/۹۴^{ns}	۰/۱۹۶^{ns}	۰/۳۵۳^{ns}	۱/۴۲^{ns}	۰/۰۸۸^{ns}	۱/۱۵^{ns}
کود × زئولیت	۴	۳۰/۶۵۹**	۱/۶۴۱**	۲/۲۳**	۱۴/۹۷**	۰/۲۸۰^{ns}	۲۰/۰۹**
اشتباه ۲	۱۵	۹/۲۳	۰/۱۰۴	۰/۱۰۵	۰/۳۷۲	۰/۱۳۱	۰/۴۹۶
ضریب تغییرات		۱۵/۸۱	۱۱/۷	۱۷/۴۲	۱۱/۱۶	۱۵/۲۴	۱۳/۱۸

^{ns} اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. * در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین کارایی ظاهری مصرف کود برای تولید دانه و کاه

تیمار	دانه		کاه و کلش			
	ازت	فسفر	پتاسیم	ازت	فسفر	پتاسیم
زئولیت						
با زئولیت (z1)	۱۳/۹۴^{a}	۴/۱۰^{a}	۷/۱۸^{a}	۱۲/۴۲^{a}	۱/۳۷^{a}	۲۶/۶۹^{a}
بدون زئولیت (z0)	۱۰/۷۳^{b}	۱/۳۶^{b}	۵/۶۴^{b}	۱۰/۴۶^{b}	۰/۹۲^{b}	۱۹/۷۵^{b}
کود اوره + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات (کیلوگرم بر هکتار)						
K0 (۲۵۰ ،۰ ،۲۰۰)	۸/۱۱^{c}	۱/۷۵^{c}	۰	۵/۴۱^{c}	۰/۴۵^{c}	۰
K1 (۲۵۰ ،۱۰۰ ،۲۰۰)	۱۸/۰۷^{b}	۴/۳۲^{b}	۷/۴۳^{a}	۱۵/۷۹^{b}	۱/۵^{b}	۳۲/۲۹^{a}
K2 (۲۵۰ ،۲۰۰ ،۲۰۰)	۲۲/۲۶^{a}	۵/۹۳^{a}	۷/۱۳^{a}	۱۹/۱۳^{a}	۲/۲۸^{a}	۲۸/۰۱^{b}
K2D (۲۵۰ ،۲۰۰ ،۲۰۰)	۲۳/۱۴^{a}	۵/۸۵^{a}	۷/۱۲^{a}	۲۰/۱۰^{a}	۲/۱۵^{a}	۲۸/۵۲^{b}
c (۰ ،۰ ،۰)	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اثرات متقابل						
Ko×z1	۹/۹۰^{de}	۱/۸۰^{d}	۰	۶/۴۶^{e}	۰/۶۰^{d}	۰
K1×z1	۲۳/۶۵^{bc}	۵/۱۳^{b}	۸/۵۷^{a}	۱۷/۷۲^{c}	۱/۸۲^{b}	۲۷/۹۴^{d}
K2×z1	۲۷/۹۷^{a}	۷/۰۱^{a}	۸/۳۳^{a}	۲۰/۶۰^{a}	۲/۵۷^{a}	۲۴/۹۱^{e}
K2D×z1	۲۸/۷۲^{a}	۶/۶۸^{a}	۸/۳۱^{a}	۲۰/۸۲^{a}	۲/۴۵^{a}	۲۵/۰۰^{e}
c×z1	۰	۰	۰	۰	۰	۰
K0×z0	۶/۶۶^{e}	۱/۵۳^{d}	۰	۴/۴۲^{f}	۰/۳۱^{e}	۰
K1×z0	۱۳/۵۸^{cd}	۳/۵۰^{c}	۶/۴۷^{b}	۱۳/۹۷^{d}	۱/۲^{c}	۳۶/۰۰^{a}
K2×z0	۱۷/۲۵^{bc}	۴/۸۸^{b}	۶/۴۳^{b}	۱۷/۶۸^{c}	۲/۰۳^{b}	۳۰/۰۱^{c}
K2D×z0	۱۸/۰۵^{b}	۴/۹۲^{b}	۶/۶۲^{b}	۱۹/۳۶^{b}	۱/۸۷^{b}	۳۰/۵۵^{b}
c×z0	۰	۰	۰	۰	۰	۰

میانگین‌ها در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

ضریب همبستگی بین غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله برداشت با غلظت و عملکرد دانه و کاه

		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
۱	پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم	۱								
۲	پتاسیم عصاره‌گیری شده با ترافنیل بران سدیم	۰/۹۰**	۱							
۳	پتاسیم عصاره‌گیری شده با اضافه بار	۰/۶۵**	۰/۷۲**	۱						
۴	کلسیم	-۰/۶۵*	-۰/۷۳**	-۰/۶۷*	۱					
۵	منیزیم	۰/۲۴^{ns}	-۰/۶۸**	۰/۵۴*	-۰/۱۰^{ns}	۱				
۶	فسفر	۰/۲۱^{ns}	۰/۳۸^{ns}	۰/۳۲^{ns}	-۰/۱۱^{ns}	۰/۷۲**	۱			
۷	ازت آمونیومی + نیتراتی	۰/۴۰**	۰/۳۵^{ns}	۰/۴۱**	-۰/۱۰^{ns}	۰/۲۵^{ns}	-۰/۱۷^{ns}	۱		
۸	عملکرد دانه	۰/۵۶**	۰/۷۲**	۰/۷۴**	-۰/۲۶^{ns}	-۰/۱۵^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۰/۳۱^{ns}	۱	
۹	عملکرد کاه	۰/۶۸**	۰/۷۵**	-۰/۷۵**	-۰/۳۵^{ns}	-۰/۱۵^{ns}	۰/۴۱^{ns}	۰/۲۵^{ns}	۰/۸۹**	۱

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است.

منابع مورد استفاده

1. Khodabandeh, N. 2010. Cereals. Tenth edition. University of Tehran Press. Iran.
2. Salardini, A.A. 2003. Soil Fertility. Third Edition. University of Tehran Press. 428 p. (In Persian).
3. Salardini, A.A., Mojtahedi, M. 2000. Principles of Plant Nutrition. Volume 2. Tehran University Publication Center.
4. Ali Ehyaie, M. 2000. Methods of soil chemical analysis. 1024p. Soil and Water Research Institute. Tehran.
5. Faeznia, F. 2004. Effect of organic compost (Mulch and with soil mixture), zeolite and lika on soil fertility and wheat growth. M.Sc. Thesis in Soil Science. Soil Science Department. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources .136p. (In Persian).
6. Kazemian, H., Faghihian, H. 2001. Investigate the possibilities of using natural zeolite to maintain and increase soil moisture and municipal and industrial wastewater. Proceedings of the ninth conference of the National Committee on Irrigation.
7. Kazemian, H., Rahimi, M. 2003. Effect of zeolite application on rice yield. Proceedings of the Eighth International Congress of Soil Science. Gilan University.
8. Malakuti, M.J., Homayi, M. 2004. Soils fertility of arid and semi-arid areas, problems. Tarbiat Modares University Publication. Yehran. Iran.
9. Nobakhsh, G. 2011. Effects of Zeolite on the concentration and Potassium uptake in Forage sorghum. The First National Conference On Economic Jihad In The Field Of Agriculture And Natural Resources. Qom. Iran.
10. Alberto, C., Bernardi, C., Oliviera,A., Marisa, B., Monte, M., Polidoro, J.C., and Souza-Barros, F. 2010. Brazilian sedimentary zeolite use in agriculture. 19th World Congress of Soil Science. Soil Solutions for a Changing World.
11. Bolt, G.H., and Bruggenwert, M.G.M. 1976. Soil Chemistry, Part A. Basic Elements. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 281p.
12. Chaves, B., A. Opoku, S. De Neve, P. Boeckx, O.v. Cleemput and G. hofman.2006. Influence of DCD and DMPP on soil N dynamics after incorporation of vegetable crope residues. Biol. Fertil. Soils, 43: 62-68.
13. Dwairi, I.M. 1998. Envaluation of Jordanian zeolite tuff as a controlled slow-release fertilizer for NH4. Environmental Geology. 34: 1-3.
14. Havlin, J.L., Bbeaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 2005. Soil fertility and fertilizers. Prentice, Hall. U.S.A.
15. Polat. E., Karaca, M., Demir, H., and Onus, N. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. J. Fruit ornam. Plant Res. 12: 183-189.