

تأثیر کاربرد زئولیت در راندمان مصرف کودهای نیتروژنه در کشت ذرت

محمد پسندیده

کارشناس ارشد موسسه تحقیقات خاک و آب کرج

نویسنده مسئول: mpassandideh@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۲۲

چکیده

زئولیت‌ها با ساختمانی کریستالی خود مواد متخلخلی هستند که مانند غربال عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور بعضی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند. مصرف این ماده در خاک، می‌تواند در افزایش راندمان مصرف و کاهش تلفات نیتروژن نقش داشته باشد. این تحقیق به منظور بررسی تأثیر کاربرد زئولیت در افزایش راندمان زراعی مصرف نیتروژن و عملکرد ذرت به اجرا در آمد. آزمایش در گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی در سال زراعی ۸۸-۱۳۷۸ به اجرا درآمد. فاکتورهای کودی شامل نوع کود (شامل سه فرمولاسیون مختلف اوره با زئولیت، اوره معمول و اوره با پوشش گوگردی) در چهار سطح صفر، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (به مقادیر ۰/۴۴، ۰/۵۵ و ۰/۶۶ گرم به هر گلدان ۳ کیلوگرمی) بودند که در سه تکرار انجام شد. برای کشت از ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شده و در طول رشد مراقبت‌های لازم از جمله آبیاری به موقع و مبارزه با شته به عمل آمد. پس از هشت هفته، بوته‌ها برداشت شده و عملکرد ماده خشک و مقدار نیتروژن اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد کودهای زئولیت نیتروژن دار به عنوان کودهای کندرها (وره با پوشش گوگردی) عمل نموده و نمی‌تواند جایگزین مناسبی برای این کود به حساب آید. از نظر تأثیر بر عملکرد گیاه نیز کودهای زئولیت نیتروژن دار مشابه کود اوره عمل نموده است. با عنایت به اینکه درجه خلوص نیتروژن در کودهای زئولیتی نسبت به اوره کم می‌باشد، لذا برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه کشاورز می‌بایست سه برابر کود اوره، کود زئولیتی خریداری نماید. از این رو با در نظر گرفتن دیگر هزینه‌های لازم (زئولیت، بسته‌بندی، حمل و نقل ...) قیمت تمام شده واحد نیتروژن در این کود چندین برابر کود اوره خواهد بود. بنابراین کاربرد زئولیت (بکار رفته در این آزمایش) در ترکیبات کودی و معرفی آن به عنوان کود جدید فاقد توجیه اقتصادی است.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، نیتروژن، کارائی، ذرت

مقدمه

نیتروژن و احتمالاً کاهش تصعید آمونیاک در اراضی سنگین داشته باشد (Ames, 1967). در این راستا تأثیر کاربرد زئولیت در افزایش راندمان مصرف کودهای نیتروژنه و عملکرد گیاه مورد مطالعه بوده است. بارباریک و پیرلا (Barbarick & Pirela, 1984) اشاره کردند که به دلیل وجود بار منفی در زئولیت‌ها، یون‌های خنثی کننده مانند NH_4^+ و K^+ می‌تواند در شبکه آن قرار گرفته و باعث بهبود رشد شوند. در یک آزمایش گلدانی، اضافه کردن زئولیت به خاک شنی، میزان شستشوی آمونیوم را ۸۶ و شستشوی نترات را ۹۹ درصد کاهش داد (Huang & Petrovic, 1994). در یک مطالعه دیگر در آریزونا آمریکا، کاربرد زئولیت بطور معنی‌داری در افزایش جذب و

نیتروژن به عنوان یک عنصر غذایی کلیدی نقش تعیین کننده و چشمگیری در افزایش عملکرد اکثر گیاهان زراعی در سطح دنیا دارد. عملکرد ذرت نیز بیش از هر عنصر غذایی تحت تأثیر نیتروژن خاک و مقدار کود استفاده شده قرار می‌گیرد. متأسفانه درصد بازیافت این عنصر غذایی در اراضی زراعی بدلیل اشکال مختلف تلفات نیتروژن (تصعید آمونیاک و شستشو) در حد پایینی است. کاربرد ترکیبات طبیعی چون کانیهای زئولیت دار در این اراضی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آنها (بخصوص کلینوپتیلولایت که یکی از کانیهای گروه زئولیت است) برای جذب و نگهداری آمونیوم می‌تواند نقش موثری در کاهش شستشوی

افزایش رشد گیاه تربچه، افزایش نیترات و همچنین افزایش باقیمانده آمونیوم در خاک گردید. در خاک سبک نیز باقیمانده نیترات در خاک افزایش و مقدار شستشوی آن کاهش یافت که نشان می دهد زئولیت می تواند به عنوان یک ماده کندرها عمل کند (Allen & Ming, 1995). در آزمایشی که در یک خاک شالیزاری در کشور ژاپن انجام گرفت، کاربرد زئولیت باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک شد اما تغییر معنی داری در بازیافت نیتروژن آمونیومی و عملکرد برنج ایجاد نکرد (Ando *et al.*, 1996). در تحقیقی که بر روی گیاه برنج در دو خاک سبک و سنگین انجام داده بودند، اظهار داشتند که در تیمار هایی که زئولیت و نیتروژن توأم مصرف شدند عملکرد افزایش پیدا کرده است (علیرضا پازکی ۱۳۸۹). ضمناً ایشان بیان کردند که مصرف زئولیت باعث افزایش عملکرد کاه و کلش در هر دو نوع خاک شده و باعث افزایش تعداد پنجه در خاک سنگین شده است. در تحقیقی که با هدف بررسی زئولیت در افزایش راندمان کودی نیتروژن در یک خاک شنی انجام شد، نتایج نشان داد که توانایی و نگهداری یون آمونیوم در تیمار ۱۲٪ وزنی مصرف زئولیت افزایش یافته است (Hernandez & Yilma, 2006). در آزمایش دیگری که به منظور بررسی سرنوشت کود نیتروژنی آمونیومی در خاکهای شالیزار انجام شده بود، تمایل زیاد زئولیت در جذب یون آمونیوم مشهود بود. در این آزمایش اضافه نمودن زئولیت به خاک (مقدار ۰/۱ کیلوگرم زئولیت به ازای هر کیلوگرم خاک) موجب شد یون آمونیوم در فضا و منافذ درونی کانی زئولیت تثبیت گردیده و در نتیجه غلظت یون آمونیوم در محلول خاک حاوی زئولیت (نسبت به خاک بدون زئولیت) کمتر باشد. (Ando *et al.*, 1996). گئورگه و ایسنايدر (۱۹۷۶) گزارش کردند اگر چه کاربرد کود SCU در مراحل اولیه رشد باعث افزایش رشد رویشی مناسبی در نیشکر شد، اما نیتروژن را در حد قابل قبول برای تمام فصول رشد گیاه محیا کند و باعث کاهش عملکرد، در تیمار کاربرد کود سولفات آمونیوم در ۴ تقسیط شد. در بررسی دیگر، این دو محقق مقدار آزاد سازی نیتروژن از کود SCU را مربوط به ضخامت گوگردی می دانند که در فرایند ساخت این کود به عنوان پوشش دهنده اوره در نظر گرفته می شود (George & Snyder, 1976). هدف از این تحقیق بررسی

قدرت نگهداری آمونیوم و کاهش شستشوی آن موثر بود و با افزایش مقدار زئولیت اثر بخشی آن نیز افزایش را نشان داد (Mackown & Tucker, 1985) در تحقیقی دیگر، مصرف زئولیت در گلدانهای زهکش دار باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک گلدانها، کاهش نفوذپذیری خاک و همچنین کاهش تلفات نیتروژن و پتاسیم از طریق شستشو شده بود ولی در گلدانهای بدون زهکش، مصرف زئولیت تاثیری بر پارامترهای ذکر شده نداشت. عملکرد برنج در گلدانهای زهکش دار در این آزمایش بطور معنی داری افزایش یافت. تاثیر کاربرد زئولیت در جذب و نگهداری آمونیوم توسط محققین زیادی گزارش شده است (Chung *et al.*, 2002; Dolabridze *et al.*, 2002). همکاران (۱۹۸۰) گزارش نموده اند که بخش قابل ملاحظه ای از مکانهای تبدالی بعضی از کانیهای زئولیتی توسط کاتیونهای پتاسیم اشغال شده است. بنابراین کانیهای مذکور می توانند به عنوان کود کندرهای پتاسیم در کشاورزی استفاده شوند. علاوه بر تاثیری که کاربرد زئولیت در افزایش راندمان مصرف نیتروژن و کاهش تلفات این عنصر دارد، این کانی به عنوان یک ماده مغذی نیز می تواند باعث افزایش عملکرد گردد (Perrin *et al.*, 1998). با کاربرد زئولیت در مناطق مختلف چین افزایش عملکردی بین ۵/۸ تا ۱۹/۵ درصد در گیاهان زراعی مختلف بدست آمد (Quanchang *et al.*, 1986). در یک تحقیق در وایومینگ آمریکا، تاثیر کاربرد زئولیت طبیعی (کلینوپتیلولایت) به عنوان ماده ای که می تواند قابلیت دسترسی نیتروژن را افزایش دهد بر روی گیاهان مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد که مقدار کاربرد زئولیت و اندازه ذرات زئولیت تاثیر معنی داری بر مقدار نیتروژن و ماده خشک ذرت علوفه ای نداشت اما استفاده از زئولیت در میزان عملکرد برداشتهای سوم و چهارم تربچه افزایش معنی داری ایجاد کرد که علت آن را به کندرها شدن آمونیوم از خاک تحت تاثیر کاربرد زئولیت نسبت داده اند. اما در یک آزمایش مزرعه ای دیگر، کاربرد زئولیت تاثیر معنی داری بر عملکرد چغندر قند و خیار و غلظت آمونیوم و نیترات در پروفیل خاک نداشت و حتی کاربرد ۸ تن زئولیت در هکتار باعث کاهش عملکرد ذرت (به مقدار ۳۰۴ کیلوگرم در هکتار) گردید (Pirela *et al.*, 1982). در یک آزمایش دیگر در کلرادوی آمریکا، استفاده از زئولیت در خاکهایی با بافت متوسط باعث

تاثیر اوره پوشش داده شده با زئولیت در افزایش کارایی کودهای نیتروژنه در عملکرد ذرت می باشد.

مواد و روش‌ها

نظر به اینکه برخی از کودهای بکار رفته در این پروژه از کودهای رایج نبوده و در آزمایشگاه ساخته شده است، ارائه مواد و روش‌ها به طور مجزا توضیح داده شده است.

مواد آزمایش

سه نوع کود زئولیت نیتروژن دار با اسامی کود اول (F₁)، دوم (F₂) و سوم (F₃) همراه با کود اوره و اوره با پوشش گوگردی (SCU) مهمترین مواد این آزمایش را تشکیل می دهند. کود زئولیتی مذکور دارای ترکیب کودی جدیدی هستند که در آزمایشگاه به شرح زیر ساخته شدند.

کود اول (F₁): برای ساخت این کود ابتدا مخلوطی از نسبت سه به یک زئولیت (آسیاب شده با قطر ذرات کمتر از ۲۲۰ نانومتر) و اوره تهیه گردیده و به مدت ۲۴ ساعت در شرایط رطوبتی اشباع قرار داده شد. سپس در درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی گراد خشک شد. فرایند اشباع و خشک شدن در سه مرحله تکرار گردیده و ترکیب حاصل به عنوان کود اول مورد آزمایشگاه قرار گرفت.

کود دوم (F₂): در این کود ابتدا زئولیت به مدت ۵ ساعت در حرارت ۲۵۰ درجه سانتی گراد تیمار شده و در نسبت سه به یک با اوره (پودر شده) ترکیب گردید. در نهایت با استفاده از ۱-۰/۵ درصد چسب کربوکسی متیل سلولاز (CMC) ترکیب بدست آمده گرانول گردید. کود سوم (F₃): کود سوم از فرمولاسیون کود دوم با حذف تیمار حرارتی ۲۵۰ درجه سانتی گراد زئولیت بدست آمد.

روش آزمایش

به منظور مقایسه اثربخشی کودهای مذکور با کودهای نیتروژنه معمول (اوره و SCU) آزمایش گلخانه‌ای به

صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. قبل از انجام آزمایش برخی خصوصیات خاک، آب آبیاری، زئولیت استفاده شده و اوره با پوشش گوگردی تعیین شد (نتایج آزمایشگاهی بدست آمده به ترتیب در جداول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است). فاکتورهای کودی شامل نوع کود (پنج نوع کود نیتروژنه) در چهار سطح صفر، (S₁)، ۲۰۰، (S₂)، ۲۵۰ و (S₃) ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بودند. برای اعمال تیمارهای کودی، با احتساب درجه خلوص نیتروژن، از کودهای اوره، اوره با پوشش گوگردی و کودهای حاوی زئولیت (به مقادیر ۰/۴۴، ۰/۵۵ و ۰/۶۶ گرم) به هر گلدان ۳ کیلوگرمی اضافه گردید. کودهای فسفر و پتاسیم نیز با توجه به آزمون خاک به مقدار ۴ گرم برای هر گلدان به ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم اضافه شدند. برای کشت، از ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد و در طول رشد مراقبتهای لازم از جمله آبیاری به موقع و مبارزه با آفات به عمل آمد. بعد از ۱۰ هفته از رشد گیاه، ارتفاع بوته تعیین گردید و اندام هوایی گیاه برداشت شد. در هر تیمار و تکرار وزن خشک اندام هوایی و مقدار نیتروژن جذب شده اندازه گیری شدند. در خاتمه نتایج بدست آمده با استفاده از نرم افزارهای Excel و (9.1) SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. به منظور ارزیابی کارایی مصرف کود Nitrogen Fertilizer Use Efficiency (NfUE) از فرمول زیر استفاده شد:

$$NfUE\% = (N \times A - N \times B) \times 100 / N \text{ applied}$$

A: N uptake in fertilized plot

B: N uptake in control plot

نتایج و بحث

برخی خصوصیات خاک، آب آبیاری، زئولیت استفاده شده و اوره با پوشش گوگردی، به ترتیب در جداول ۱، ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۱) نتایج تجزیه خاک مورد استفاده

Table 1) The results of soil analysis

| کلاس بافت خاک | Cu | Mn | Zn | Fe | K | P | ECe dS m ⁻¹ | T.N | TNV % | O.C | pH | عمق cm |
|---------------|------|-----|------|-----|-----|-----|---------------------------|------|----------|------|------|-----------|
| | | | | | | | | | | | | |
| لوم | 1.74 | 8.2 | 5.08 | 8.2 | 224 | 5.8 | 0.73 | 0.06 | 8.28 | 0.64 | 8.02 | 0-30 |

جدول ۲) نتایج تجزیه آب آبیاری
Table 2) The results of irrigation water analysis

| Na ⁺ | Mg ²⁺ | Ca ²⁺ | SO ₄ ⁼ | Cl ⁻ | HCO ₃ ⁻ | CO ₃ ⁼ | EC dS m ⁻¹ |
|---------------------|------------------|------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| meq l ⁻¹ | | | | | | | |
| 0.6 | 1.2 | 2.0 | 1.9 | 0.6 | 1.1 | 0.0 | ۰.۳۶۷ |

جدول ۳) مشخصات کود SCU استفاده شده
Table 3) Characteristics of applied SCU fertilizer

| S % | درصد رهاسازی نیتروژن | | | | N % | نوع کود SCU |
|--------|----------------------|----------|----------|----------|--------|----------------|
| | هفته چهارم | هفته سوم | هفته دوم | هفته اول | | |
| 27 | 25 | 22 | 20 | 14 | 33 | SCU |

جدول ۴) ترکیب شیمیایی زئولیت مورد استفاده
Table 4) Chemical composition of applied zeolite

| CaO | MgO | Na ₂ O | K ₂ O | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | Cl | N | P ₂ O ₅ | TiO ₂ | MnO | Fe ₂ O | CEC |
|-----|-----|-------------------|------------------|--------------------------------|------------------|----|---|-------------------------------|------------------|------|-------------------|------------|
| % | | | | | | | | | | | | meq/۱۰۰ gr |
| 2.3 | 0.1 | 1.1 | 4 | 14 | 67 | - | - | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 1.5 | 200 |

ارتفاع بوته

سنبله در تیمار اوره زئولیتی به طور معنی داری بیشتر از سایر تیمارها بود اما این اثر بر ارتفاع بوته معنی دار نبود. به طور کلی بحث ارتفاع بوته بیشتر در شرایطی که احتمال خطر ورس وجود دارد (مثلا مناطق باد خیز) می تواند در انتخاب نوع کود فاکتور مهمی باشد.

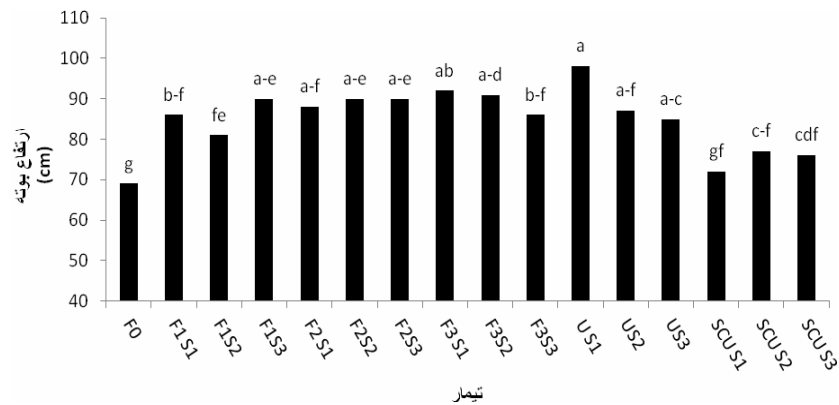
نتایج حاصل از تاثیر تیمارهای کودی بر ارتفاع بوته در شکل ۱ نشان داده شده است. کاهش ارتفاع بوته تیمار شاهد (میانگین ارتفاع ۶۷ سانتیمتر) در مقایسه با ارتفاع سایر تیمارها معنی دار بود ($P < 0.05$). تاثیر نیتروژن بر رشد و توسعه اندامهای هوایی (نسبت به رشد ریشه) دور از انتظار نمی باشد. بعد از تیمار شاهد کمترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار اوره با پوشش گوگردی است (میانگین ارتفاع ۷۵ سانتیمتر). به طور کلی در هر سه سطح اوره با پوشش گوگردی ارتفاع بوته ها نسبت به بقیه تیمارهای کودی کمتر می باشد. به نظر می رسد در این تیمارها به دلیل کندرها بودن کود و دوره کم رشد، مقدار کمتری از نیتروژن در اختیار گیاه قرار گرفته است. در تیمارهای کودی زئولیت نیتروژن دار (تیمارهای دوم تا نهم) و اوره (تیمارهای ۱۰ تا ۱۲) ارتفاع بوته قابل توجه می باشد. به عبارت بهتر اثر کاربرد زئولیت بر ارتفاع بوته بیشتر شبیه به اوره می باشد نه اوره با پوشش گوگردی. در این خصوص حسین پور بوری آبادی و صالحی (۱۳۸۹) و بابا اکبری ساری (۱۳۸۴) در بررسی بهبود کارایی نیتروژن در دو خاک آهکی با بافت متفاوت در اراضی گندم منطقه کرج به اثر معنی دار زئولیت بر طول سنبله و تاثیر کم آن بر ارتفاع بوته اشاره می نماید. مطابق گزارش ایشان طول

وزن خشک گیاه

تاثیر تیمارهای کودی بر وزن خشک گیاه در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین عملکرد مربوط به تیمار US₁ (مصرف اوره به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) می باشد که با تیمارهای US₂ و US₃ (مصرف مقادیر ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار) اختلاف آماری معنی داری ($P < 0.05$) دارد (۲۹ گرم در مقابل ۲۴ گرم وزن خشک). محققین در سایر کشورها گاه نتایج ضد و نقیضی از کاربرد زئولیت (به عنوان ماده ای که قابلیت دسترسی نیتروژن را افزایش می دهد) گزارش کرده اند. کاربرد زئولیت در محصول ذرت علوفه، چغندر قند و خیار بدون اثر و برعکس در گیاه تربچه موثر واقع شده است (Pirela *et al.*, 1993). نکته قابل توجه دیگر اینکه کودهای اوره با پوشش گوگردی در مقادیر بالاتر عملکرد بهتری داشته و در کل در سطوح مختلف در مقایسه با سایر کودها چندان رضایت بخش نیست. احتمالا به دلیل دوره کم رشد گیاه،

شد بیان می نمایند. از نظر این محققین زمان مصرف SCU می بایست متفاوت با کودهای نیتروژنه باشد (George & Snyder, 1976).

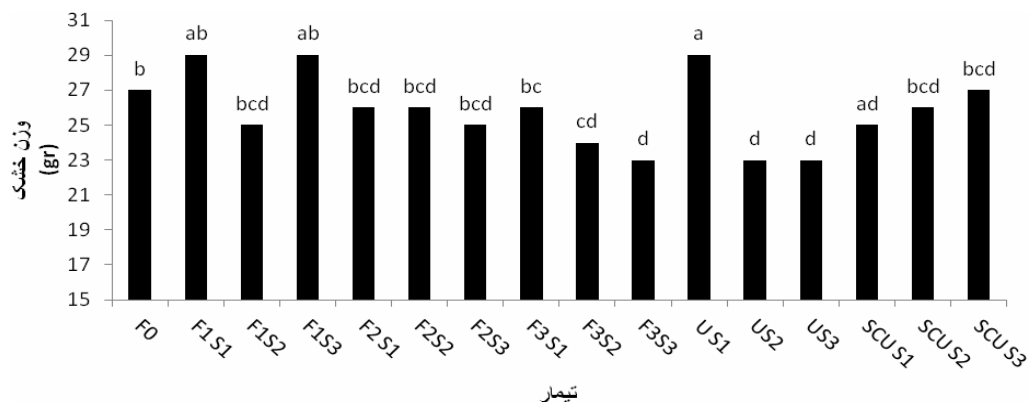
مقادیر محدود نیتروژن از این کود آزاد شده و رشد گیاه با محدودیت روبرو شده است. البته برخی محققین کاهش عملکرد ناشی از مصرف کود SCU را برعکس آنچه گفته



شکل ۱) تاثیر تیمارها بر ارتفاع بوته

Fig. 1) The effects of treatments on plant height

میانگینهای دارای حرف یا حروف مشابه در هر ستون با همدیگر در سطح احتمال 5% اختلاف معنی داری ندارند.



شکل ۲) تاثیر تیمارها بر وزن خشک گیاه

Fig. 2) The effects of treatments on plant dry matter

میانگینهای دارای حرف یا حروف مشابه در هر ستون با همدیگر در سطح احتمال 5% اختلاف معنی داری ندارند.

آبگیری از منافذ کانی زئولیت ضمیمه را برای جذب هرچه بیشتر نیتروژن فراهم می سازد. بدیهی است در صورت عدم رهاسازی عنصر غذایی محبوس شده در طول دوره رشد گیاه، کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت و در صورت کاهش آبشویی و هماهنگ شدن با دوره جذب گیاه، موجب افزایش عملکرد خواهد شد (Boettinger & Ming, 1996).

جذب نیتروژن و کارایی مصرف کود

با توجه به جدول ۵ مشاهده می شود که در مقایسه بین کودهای زئولیتی بیشترین کارایی مصرف و وزن خشک مربوط به کود اول (F₁) می باشد. این امر نشان می دهد که اثر گرمادهی که در کودهای دوم و سوم (F₂ و F₃) اعمال شده است، تاثیر مثبتی نداشته اند. در این ضمیمه برخی محققین بیان نموده اند که حرارت بالا به دلیل

جدول ۵) اثر اصلی منبع کود نیتروژن بر برخی فاکتورهای رشد

Table 5) The main effects of N fertilizer on some growth factors

| منبع (نوع کود) | وزن خشک (gr) | جذب N | کارایی مصرف کود |
|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| کود اول | 26.6 ^a | 0.47 ^a | 20.9 ^a |
| کود دوم | 24.3 ^b | 0.40 ^b | 17.6 ^b |
| کود سوم | 23.3 ^{bc} | 0.34 ^b | 15.5 ^{bc} |
| اوره | 23.7 ^{bc} | 0.37 ^b | 16.7 ^{bc} |
| اوره با پوشش گوگردی | 23 ^c | 0.34 ^b | 14.4 ^c |

کاربرد کود نیتروژنه نسبت به عدم کاربرد آن تأثیر معنی داری نشان داد. این موضوع با توجه به نقش عنصر نیتروژن در رشد گیاه (که به عنوان گلوگاه رشد معرفی شده است) کاملاً بدیهی است. اما مقایسه سایر سطوح مختلف (۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن) نشان داد که مصرف نیتروژن به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به مقادیر بالاتر تأثیر معنی داری بر وزن خشک، جذب نیتروژن و کارایی مصرف کود دارد. با توجه به اینکه در این آزمایش سطوح کمتر از ۲۰۰ در نظر گرفته نشده است نمی توان عدد ۲۰۰ را به عنوان مناسب-ترین مقدار توصیه کرد.

در مقایسه کودهای زئولیتی با کودهای نیتروژنه معمول (اوره و SCU) علت پایین بودن جذب و کارایی جذب SCU در مباحث ارتفاع و وزن خشک بوته بیان شد. اما به نظر می رسد علت دیگری که در افزایش کارایی کود و مباحث مطرح شده می توان در نظر گرفت، این است که محققین از زئولیت به عنوان یک ماده مغذی اسم برده و اثر آنها را در افزایش عملکرد محصولات گزارش کرده اند (Quanchang *et al.*, 1986). لذا افزایش کارایی کودهای زئولیتی در مقایسه با اوره می تواند تحت تأثیر عامل مذکور باشد.

در خصوص تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن در فاکتورهای رشد (جدول ۶) چنین استنباط می شود که

جدول ۶) اثر اصلی مقادیر مختلف کود نیتروژن بر وزن خشک، جذب نیتروژن و کارایی مصرف کود

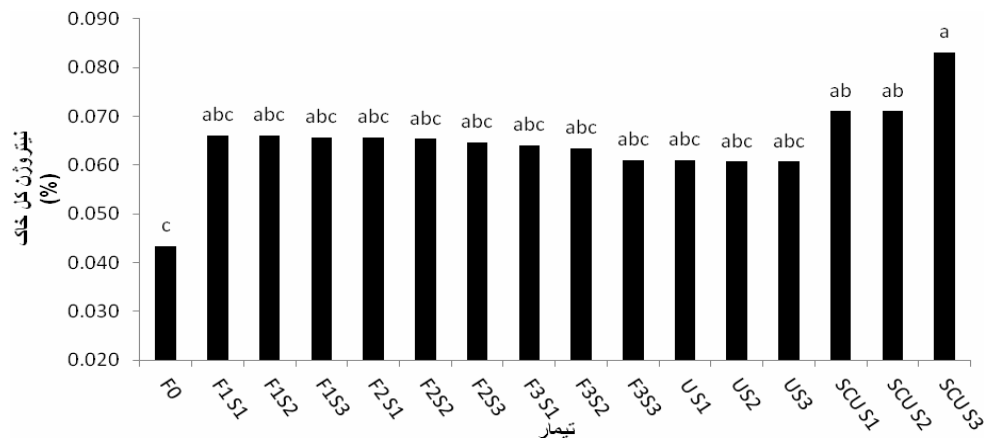
Table 6) The main effects of N fertilizers on dry weight, N uptake and NfUE

| مقادیر نیتروژن | وزن خشک (gr) | جذب N | کارایی مصرف کود (%) |
|----------------|--------------|--------|---------------------|
| 0 | 20.7 c | 0.2 c | 0.0 |
| 200 | 26 a | 0.5 a | 24.9 a |
| 250 | 24.4 b | 0.42 b | 21.3 b |
| 300 | 24.7 b | 0.43 b | 21.9 b |

غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تأثیر زئولیت در کاهش آبشویی نیتروژن در یک خاک شنی تحت کشت کلزای علوفه ای گزارش کردند بین مقادیر مختلف زئولیت از نظر غلظت نیترات در نمونه زه آب تفاوت معنی داری وجود دارد به طوری که غلظت آن از تیمارهای بدون مصرف زئولیت، کاربرد ۳ و ۹ تن در هکتار زئولیت به ترتیب ۱۲/۲۳، ۱۲/۳۰ و ۷/۸ میلی گرم در لیتر بدست آمد. کاهش ۲۶ درصدی آبشویی نیترات از تیمار ۹ تن در هکتار زئولیت در مقایسه با عدم مصرف آن ناشی از ویژگی های مثبت استفاده از زئولیت در هدر رفت نیترات است.

نیتروژن باقی مانده خاک

شکل ۳ نیترات باقی مانده در خاک را پس از برداشت گیاه نشان می دهد. از مشاهده شکل مذکور می توان نتیجه گرفت مقدار نیترات باقی مانده در خاک در تیمارهای اوره با پوشش گوگردی (تیمارهای ۱۴-۱۵ و ۱۶) بیشتر از بقیه تیمارهاست (تیمار ۲ تا ۱۳). نیترات باقی مانده در خاک در تیمار اوره (تیمار ۱۱، ۱۲ و ۱۳) مشابه با تیمارهای کودهای زئولیتی (تیمار ۲ تا ۱۰) می باشد (هرچند این اختلافات از نظر آماری معنی دار نشده اند).



شکل ۳) تاثیر تیمارها بر نیتروژن باقی مانده خاک

Fig. 3) The effects of treatments on residual soil nitrogen

میانگین‌های دارای حرف یا حروف مشابه در هر ستون با همدیگر در سطح احتمال 5% اختلاف معنی داری ندارند.

عنصر از هرمنبع کودی مورد آزمایش در سبزینه گی و وزن خشک گیاه موثر می‌باشد.

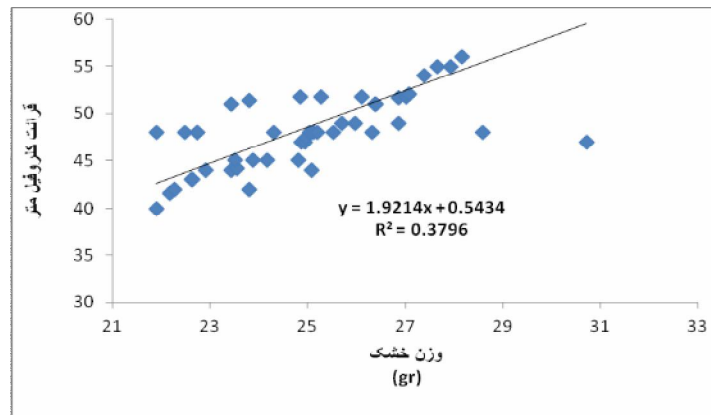
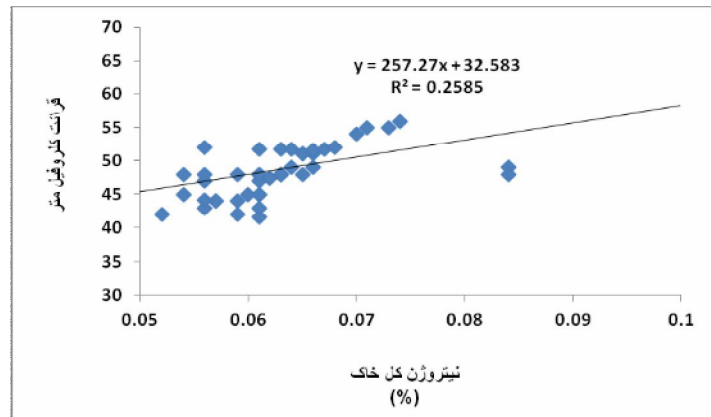
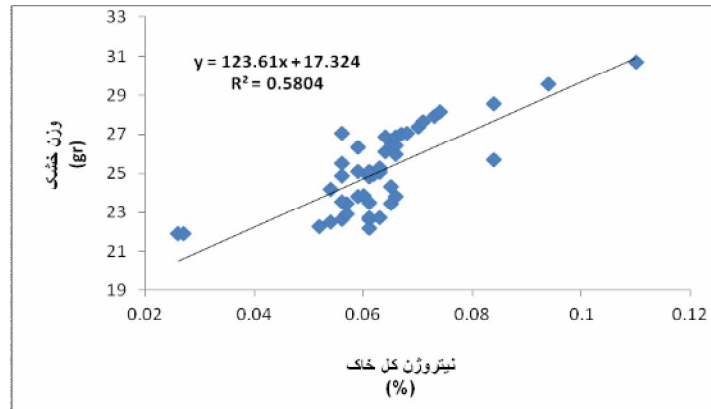
روند رهاسازی نیتروژن

مقایسه روند رهاسازی نیتروژن از کود زئولیت نیتروژن دار با کود کندهای معمول (SCU) در جدول ۷ ارائه شده است. با توجه به دستورالعمل ارائه شده برای کنترل و ارزیابی کیفیت محصولات کودی کندها که در آن سرعت انحلال کود نیتروژن آزاد شده از کود در آب پس از هفت روز به عنوان مبنی قرار می‌گیرد (اخلاقی، ۱۳۸۷) چنین استنباط می‌شود که براساس نتایج بدست آمده، کودهای زئولیتی نمی‌تواند به عنوان کود کندها به حساب آید. در کود زئولیتی تمامی نیتروژن موجود تقریباً در هفت روز اول به شکل محلول، در آب آزاد شده و نمره انحلال بالایی (Dissolution NO.) به خود اختصاص داده است.

برخلاف آن در کود SCU پس از هفت روز قرار گرفتن در محلول آب، فقط ۱۶ درصد از نیتروژن کود به شکل محلول آزاد شده و بخش اعظم نیتروژن هنوز به شکل اولیه در کود باقی مانده است.

قرائت کلروفیل متر، نیتروژن خاک و وزن خشک گیاه

با توجه به شکل ۴ ارتباط مثبتی بین مقادیر نیتروژن خاک و قرائت کلروفیل متر وجود دارد. تحت این شرایط بین دو کمیت ارتباط رگرسیونی ۲۵ درصدی وجود دارد که می‌توان با استفاده از فرمول $y=257.27x+32.583$ برازش خوبی از این دو مقدار بدست آورد. طهرانی و همکاران (۱۳۹۰) در این خصوص ارتباط رگرسیونی بهتری (۶۷ درصدی) در گیاه گندم بدست آورده‌اند. وجود همبستگی معنی‌دار بین نیتروژن خاک و سبزینه برگ با توجه به نقش این عنصر در ساختمان کلروفیل دور از انتظار نمی‌باشد. لذا بین میزان قرائت کلروفیل متر و وزن خشک گیاه رابطه رگرسیونی مثبت مشاهده شد. وابستگی متغیرها از فرمول $y=1.9214x+0.5434$ با همبستگی ۳۷ درصدی تبعیت می‌کند. همبستگی بین این دو فاکتور در آزمایشات طهرانی و همکاران (۱۳۹۰) حتی به ۷۸ درصد نیز می‌رسد. بالاترین ارتباط رگرسیونی در این آزمایش مربوط به میزان نیتروژن خاک و وزن خشک می‌باشد که با استفاده از فرمول $y=123.61x+17.324$ با همبستگی ۵۸ درصدی بدست می‌آید. به طور کلی آنچه از این قسمت می‌توان نتیجه گرفت این است که فراهمی این



شکل ۴) روابط رگرسیونی عدد قرائت شده کلروفیل متر، نیتروژن خاک و وزن خشک گیاه
Fig. 4) The regression relationship among chlorophyll meter readings, soil nitrogen and plant dry matter

جدول ۷) مقایسه روند رهاسازی نیتروژن از کود زئولیت نیتروژن دار با کود کندهای معمول
Table 7) The comparison of N- realizing from SCU and N-zeolite fertilizers

| نیتروژن محلول در روز هفتم | نیتروژن محلول در روز اول | نیتروژن کل | نام کود |
|---------------------------|--------------------------|------------|---------------------|
| | در صد | | |
| 10.5 | 10.50 | 10.53 | زئولیت نیتروژن دار |
| 10.5 | 10.22 | 10.51 | زئولیت نیتروژن دار |
| 5.60 | 3.78 | 34.86 | اوره با پوشش گوگردی |

نتیجه گیری

خریداری نماید. لذا استفاده از زئولیت در ترکیبات کودی و معرفی آن به عنوان کود جدید فاقد توجیه اقتصادی است.

۳- زئولیت به دلیل دارا بودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد (مانند ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، خاصیت جذب و نگهداری آب، جذب و رهاسازی انتخابی کاتیون‌ها) می تواند صرفاً بعنوان یک ماده اصلاح کننده خاک (کاهش اثر عناصر سمی، بهبود نسبی CEC، کاهش شوری و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک) در برخی مناطق خاص (مزارع کشاورزی پر بازده و نزدیک به منابع زئولیت) کاربرد داشته باشد.

۱- کودهای زئولیت نیتروژن دار مشابه کودهای کندرها (اوره با پوشش گوگردی) عمل ننموده و نمی تواند جایگزین مناسبی برای این کود به حساب آید. البته با توجه به اینکه زئولیت‌ها در فرمول‌های ساختمانی متفاوتی هستند، نمی توان نتایج بدست آمده در این آزمایش را به کل زئولیت‌های موجود ربط داد.

۲- از نظر توصیه اقتصادی، با عنایت به اینکه در کودهای زئولیتی درجه خلوص نیتروژن (نسبت به اوره ۰/۴۶) پایین می باشد کشاورز برای تامین هر واحد نیتروژن می‌بایست چند برابر کود اوره، کود زئولیتی

References

- Akhlagi K. 1387. Formulation and conformation of sealant suitable for use in the production process of sulfur-coated urea. 1st conference petrochemical of Iran, Khorasan Iran. (in Farsi with English Summary)
- Allen ER and Ming DW. 1995. Recent progress in the use of Natural zeolites in agronomy and horticulture. In: D.W. Ming and F.A. Mumpton (eds.). Natural zeolites "93. Intel. Comm. Natural Zeolites, Brockport, N. Y. 477-490.
- Ames LL. 1967. zeolite removal of ammonium ions from agriculture wastewater. Proc. 13th Pacific North West Indus. Waste Conf., Washington University, 52-135p.
- Ando HC, Mihara KI, Kakuda I and Wada G. 1996. The fate of ammonium nitrogen applied to flooded rice as affected by zeolite application. Journal of Plant Nutrition, 42: 531-538.
- Babaakbarisari M. 1384. Improving nitrogen efficiency in tow calcareous soils with different texture on wheat cultivated (Karaj). MSc Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran. (in Farsi with English Summary)
- Barbarick KA and Pirela HJ. 1984. Agronomic and horticultural use of zeolites: A review Zeo-Agriculture. 2750p.
- Boettinger JL, Ming DW. 1996. Properties, occurrences, and environmental application of zeolites. Agronomy Abstract, Madison, WI.
- Chung, Y.-M., and H.-K. Rhee (2002). Pt-Pd bimetallic nanoparticles encapsulated in dendrimer nanoreactor. Catalysis Letters, 85: 159-164.
- Dolabridze N, Tsitsishvili G, Tsitsishvili V, Alelishvili M and Khazardze N. 2002. Regeneration of clinoptilolite and phillipsite used for treatment of ammonia- containing waters. 81-82p. 6th International Conference on the Occurrence, Properties and Utilization of Natural Zeolites, Greece.
- George H. Snyder. (1976). Silicon. University of Florida/IFAS, Everglades Research and Education Center, Belle Glade, Florida.
- Gholamhosseini M, Agha Alikhani M and Malakouti MJ. 1388. Effect of zeolite in reducing nitrogen leaching in a sandy soil under the cultivation of forage canola. Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources. 12(45):537-548. (in Farsi with English Summary)
- Hernandez J and Yilma G. 2006. Zeolite Soil Amendment to Increase Nitrogen Fertilizer Efficiency Sand- based Root Zone Mixe. Illinois Univ. Mail Code 4415, Dept of Plant & Soil Scienc, Dept of Plant & Soil Science, Carbondale, IL 62901-4415.
- Hersheg DR, Paul JL and Carlson RM. 1980. Evaluation of potassium-enriched clinoptilolite as a potassium source of potting media. Journal of Horticulture Science, 15: 87-89.
- Hosseinpour Bouri-Abadi A and Salehi B. 1389. Effect of zeolite-based nitrogen fertilizer on reducing N leaching and wheat yield. The 1st Congress of Fertilizers Challenges in Iran. Half Century of Fertilizer Application. Tehran, Iran. (in Farsi with English Summary)

- Huang ZT and Petrovic AM. 1994. Clinoptilolite zeolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in smulated sand based Golf Greens. *Journal of environment Quality*, 23: 1190-1194.
- Mackown CT and Tucker TC. 1985. Ammonium nitrogen movement in a coarse- textured soil amended with zeolite. *Soil Science Socieity American Journal*, 49: 235-238.
- Pazaki AR. 1389. Effect of Zeolite and water stress on yield, yield components and harvest index in Shar-Ray. *Journal of Agriculture and Breeding*. 6(1): 537-548. (in Farsi with English Summary)
- Perrin TS, Drost DT, Boettinger JL and Notron JM. 1998. Ammonium- loaded clinoptilolite: A slow-release fertilizer for sweet corn. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 515-530.
- Pirela JJ, Westfall DG and Barbarick KA. 1982. Use of clinoptilolite in combination with nitrogen fertilization to increase plant growth. *Zeo Agriculture. Science Paper Number*, 2768: 115-124.
- Quanchang Z, Yang H and Cheng H. 1986. Cation-exchange properties of natural zeolites and their applications. Science press. Beijing, 229-232.
- Quanchang, Z., Yang, H., and Cheng, H. (1986) Cation- exchange properties of natural zeolites and their applications. Science press. Beijing, 229-232.
- Tehrani MM, shahabifar Kh, Kalhor M, Pasandideh. M and Khademi Z. 1390. Use of chlorophyll meter for nitrogen recommendations in wheat plant. Final Report of Research Project, Soil and Water Research Institute Publication, No. 1602, Karaj Tehran. (in Farsi with English Summary)

Effects of Zeolite on Nitrogen Fertilizer Efficiency for Corn

Mohammad Passandideh

Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran

* Corresponding author: mpassandideh@yahoo.com

Received: 22.10.2012

Accepted: 12.03.2013

Abstract

Zeolites with their crystallized structures which with their pores act on sieve and due to having open channels in their net, let to some ions by passing and acting as dam on going way of some other ions. There is some cations such as NH_4^+ and K^+ in their structure. Using of this material in soil may improve nitrogen efficiency and reduces its loss. A factorial experiment in a completely randomized design with three replications was performed in a green-house study to evaluation the effects of zeolite on corn shoot yield and nitrogen efficiency in 2008-2009. First factor was sources of N fertilizer (five kind), second factor was four levels of nitrogen (0, 200, 250 and $300 \text{ kg}^{\text{N}}\text{ha}^{-1}$) and variety of corn was SC 704. Shoot dry weight and nitrogen concentration was determined in upper plant part. Results indicated that nitrogen in tested zeolits couldn't act as slow release fertilizers (such as SCU) therefore they couldn't be as suitable replacement for slow release fertilizers. Ratio of nitrogen in zeolite fertilizers is 1/3 of urea, therefore farmers has to use three times more amount of it to prepare same nitrogen for plants. If we consider other inputs such as packing, transporting and the cost of zeolite material, the cost of each nitrogen unit in this material is more expensive than urea. Due to these results using of nitrogenous zeolite which was tested in this experiment is not scientific and economically recommendable for corn cropping.

Key words: zeolite, nitrogen, efficiency, corn