

## اثر ژئولیت و منبع نیتروژن بر کاهش آبشویی نیتروژن از یک خاک آهکی زیر کشت ریحان در شرایط گلخانه

صبا کاویان، سید علی اکبر موسوی<sup>1</sup>، زهره بوالحسنی و صدیقه شراره

دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ s\_kavian@shirazu.ac.ir

دانشیار بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ aamousavi@gmail.com

دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ z\_bolhasavi@shirazu.ac.ir

دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز؛ s\_sharareh@shirazu.ac.ir

دریافت: 96/4/19 و پذیرش: 96/10/11

### چکیده

تاکنون اثر اصلاح‌کننده‌ی ژئولیت که برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک و افزایش راندمان مصرف نیتروژن و کاهش تلفات آن استفاده می‌شود بر آبشویی نیتروژن حاصل از منابع مختلف نیتروژن بررسی نشده است. بنابراین در پژوهش حاضر، تأثیر کاربرد 4 سطح ژئولیت کلینیپولیت (0، 15، 30، 45 گرم در کیلوگرم خاک) بر آبشویی نیتروژن حاصل از تیمارهای کودی مختلف (بدون کود (شاهد) و مقادیر 150 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک از سه منبع اوره، سولفات آمونیوم و کلات نیتروژن) در یک خاک آهکی تحت کشت گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) سبز اردستانی در شرایط گلخانه انجام شد. در چهار مرحله زه‌آب‌گلدان‌ها جمع‌آوری شد و غلظت نترات زه‌آب و مقدار آمونیوم، نترات و نیتروژن کل خاک پس از برداشت گیاه اندازه‌گیری شد. کاربرد سطوح 15، 30 و 45 گرم ژئولیت سبب افزایش میانگین غلظت آمونیوم خاک به ترتیب به میزان 16%، 13% و 22 درصد و میانگین غلظت نترات به ترتیب به میزان 50%، 130% و 170 درصد در مقایسه با شاهد شد. کاربرد سطوح 30 و 45 گرم ژئولیت نیز سبب افزایش میانگین غلظت نیتروژن کل خاک به ترتیب به میزان 42% و 28 درصد در مقایسه با شاهد شد (هرچند افزایش 28 درصدی از نظر آماری معنی‌دار نبود). تنها کاربرد 45 گرم ژئولیت نترات زه‌آب در مراحل مختلف را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. میزان آمونیوم، نترات و نیتروژن کل در خاک‌های تیمار شده با کلات نیتروژن بیش از سایر منابع کودی مورد استفاده بود. همچنین نترات زه‌آب خروجی در همه مراحل در خاک‌های تیمار شده با کلات نیتروژن به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر کودها بود. به‌طور کلی ژئولیت سبب نگهداشت بیشتر و آبشویی کمتر نیتروژن شد. از میان تیمارها، کاربرد 45 گرم ژئولیت و کلات نیتروژن اثر بیشتری بر نگهداشت نیتروژن در خاک و کاهش آبشویی آن داشتند. بنابراین توصیه می‌شود پس از انجام آزمایش‌های تکمیلی در مزرعه، در صورت تایید نتایج این آزمایش گلخانه‌ای، تیمارهای مناسب برای کاربرد در مزرعه استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: آمونیوم، اوره، سولفات آمونیوم، کلینیپولیت، کلات نیتروژن، نترات

<sup>1</sup> نویسنده مسئول، آدرس: شیراز، باجگاه، دانشکده کشاورزی - دانشگاه شیراز، بخش علوم خاک

## مقدمه

نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی برای گیاهان است (هاولین و همکاران، 2013) که مصرف مقادیر زیاد آن به صورت کود شیمیایی، منجر به افزایش هدرروی آن و سرانجام آلودگی منابع زیست محیطی می شود. استفاده غیراصولی از کودهای شیمیایی نیتروژنی موجب آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی در بسیاری از مناطق جهان شده است (پولات و همکاران، 2004 و شوکلا و همکاران، 2006). آگاهی داشتن از پویایی نیتروژن در سیستم خاک - هوا - آب دارای اهمیت فراوانی در کشاورزی است، چرا که بدین طریق امکان استفاده از کودهای شیمیایی نیتروژنه به میزان معقول و منطقی وجود خواهد داشت. دست یافتن به کارایی بیشتر مصرف نیتروژن یکی از راهکارهای حیاتی برای کاهش معضل آلودگی محیط زیست است. با استفاده از کودهای نیتروژنه کندرها می توان شدت آلودگی محیط زیست را کاهش و عملکرد محصول را افزایش داد.

از جمله راهکارهای جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته است، به کارگیری ترکیبات اصلاح کننده طبیعی مانند زئولیت در مزارع کشاورزی می باشد (پولات و همکاران، 2004). زئولیت ها مواد با ارزشی هستند که مصارف گسترده ای در پالایشگاه ها و همچنین در فعالیت های کشاورزی و محیط زیست دارند. زئولیت ها مواد متخلخلی هستند که با ساختمان کریستالی خود (شکل 1) مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال های باز در شبکه خود، اجازه عبور برخی از یون ها را داده و مسیر عبور برخی از یون های دیگر را مسدود می کنند (مامپتون، 1999). سرعت رهاسازی نیتروژن محصور شده در منافذ زئولیت نانومتخلخل بسیار آرام تر از سرعت آزادسازی این عنصر از کودهای شیمیایی نیتروژنه مرسوم است؛ بنابراین می تواند از طریق جذب نیتروژن در درون منافذ خود و به دنبال آن آزادسازی آرام آن در خاک، نوعی کود نیتروژنه کندرها محسوب شود (پولات و همکاران، 2004). امروزه از زئولیت های مصنوعی عمدتاً در پالایش نفت خام و صنایع شیمیایی به عنوان جاذب انتخابی، کاتالیزور، و ماده تبادل کننده یون استفاده می شود. با وجود این، اهمیت زئولیت ها در بخش کشاورزی برجسته تر است. مطالعات گوناگون نشان داده است هنگامی که زئولیت نانو متخلخل با عناصر نیتروژن، فسفر، و پتاسیم ترکیب می شود به عنوان یک کود شیمیایی کندرها موجب افزایش کارایی جذب این عناصر توسط گیاهان زراعی و باغی می شود (چیناموتو و بوپاتی، 2009).

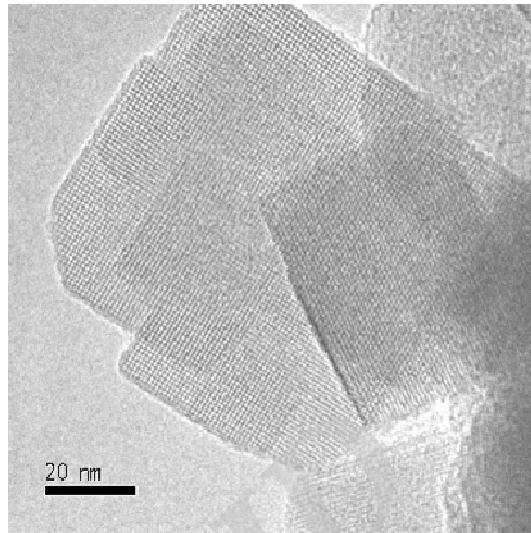
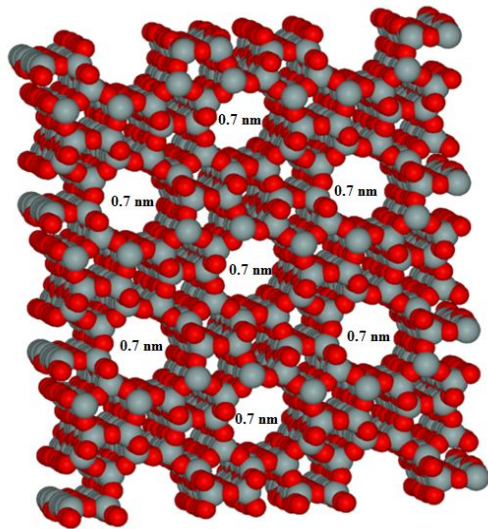
زئولیت های طبیعی میل ترکیبی زیادی با آمونیوم دارند. کاربرد اصلی زئولیت ها در بخش کشاورزی شامل جذب کردن، ذخیره نمودن، و رهاسازی آرام نیتروژن است. مشخص شده است که زئولیت ها به دلیل برخورداری از میل ترکیبی زیاد با آمونیوم، قادر به جذب انتخابی این کاتیون از کودهای دامی، کمپوست ها، یا کودهای شیمیایی آمونیوم دار هستند و در نتیجه اتلاف نیتروژن به درون محیط را کاهش می دهند (کورادینی و همکاران، 2010).

به دلیل برخورداری از ساختار منحصر به فرد و ویژگی هایی مانند بی اثر و غیرسمی بودن، امکان استفاده از زئولیت های طبیعی به عنوان ناقل کندکننده رهاسازی عناصر کودهای شیمیایی وجود دارد (اوه و همکاران، 2009). زئولیت های اشباع شده توسط آمونیوم دارای توانایی افزایش انحلال پذیری کانی های معدنی حاوی فسفات نیز هستند. بخش اعظم آمونیوم محصور شده در منافذ ساختمان شبکه ای بلورین زئولیت به دلیل اندازه کوچک این منافذ (4 تا 5 آنگستروم) برای باکتری های شوره گذار غیر قابل استفاده می شود (چیناموتو و بوپاتی، 2009). با توجه به اینکه اثر زئولیت بر میزان آبشویی و نگهداشت نیتروژن به ویژه نیتروژن حاصل از کاربرد منابع کودی مختلف در خاک های آهکی کمتر مطالعه شده، بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر سطوح مختلف زئولیت بر آبشویی نیتروژن حاصل از کاربرد منابع مختلف کود نیتروژنی (شامل اوره، سولفات آمونیوم و کلات نیتروژن) در یک خاک آهکی انجام شد.

## مواد و روش ها

تهیه، آماده سازی و اندازه گیری ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک

برای انجام پژوهش، مقدار کافی خاک از افق سطحی (0 تا 30 سانتی متری) سری کوی اسانید با نام علمی (Loamy-skeletal over fragmental, carbonatic, mesic, Fluventic Xerorthents) در ایستگاه زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه (در ارتفاع 1852 متری از سطح دریاهای آزاد و واقع بر طول جغرافیای 52 درجه و 46 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 29 درجه و 50 دقیقه شمالی) در پانزده کیلومتری جاده شیراز - اصفهان برداشته و در معرض هوا خشک شدند. نمونه های خشک شده از الک دو میلی متری عبور داده شدند و برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه با استفاده از روش های استاندارد معمول به شرح زیر اندازه گیری شدند.



شکل 1- تصویر میکروسکوپ الکترونی از زئولیت متخلخل (راست) و تصویر سه‌بعدی ساختمان آن (چپ) (برگرفته از مامپتون، 1999).

شرایط گلخانه انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: زئولیت در چهار سطح (0، 15، 30 و 45 گرم بر کیلوگرم از زئولیت کلینوتیلولیت پودری و تهیه شده از معادن سمنان و مقدار 150 میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک از سه منبع اوره، سولفات آمونیوم و کلات نیتروژن (Nitrolize, N<sup>+</sup> 30%) که نوعی کلات نیتروژن خریداری شده از شرکت رگبرگ مهر پاسارگاد و تهیه شده با استفاده از یون‌های آزاد N<sup>+</sup> و حاوی 30 درصد نیتروژن است).

در ابتدا با توجه به تیمارهای زئولیت نمونه‌های خاک به وزن سه کیلوگرم آماده و سپس در کیسه‌های پلاستیکی قرار داده شد. به منظور جلوگیری از کمبود احتمالی سایر عناصر غذایی و بر اساس نتایج آزمون خاک اولیه (جدول 1) عناصر آهن، منگنز و روی هر یک به میزان 5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و به ترتیب از منابع کلات آهن (Fe-EDDHA)، سولفات منگنز و سولفات روی و عنصر مس به میزان 2/5 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک و از منبع سولفات مس و به صورت محلول به‌طور یکنواخت به خاک اولیه همه کیسه‌ها اضافه شدند. نیتروژن از منابع مورد نظر نیز به صورت محلول به خاک درون کیسه‌های مربوط به تیمارهای مورد مطالعه افزوده شد. به منظور جمع‌آوری زه‌آب خروجی در طول دوره آزمایش در ته گلدان‌ها یک سوراخ و به منظور جلوگیری از خروج خاک از سوراخ کف گلدان‌ها، لایه‌ای از شن به ارتفاع حدود 2 سانتی‌متر تعبیه شد.

اجزای تشکیل دهنده بافت خاک به روش هیدرومتری (گی و بادر، 1986)، رطوبت ظرفیت مزرعه با روش گلدانی و به صورت وزنی (رومانو و سانتینی، 2002)، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع به‌وسیله هدایت‌سنج الکتریکی (رودرز، 1996)، پهاش خمیر اشباع با دستگاه پهاش‌متر (توماس، 1996)، ماده آلی به روش تر سوزانی (نلسون و سومرز، 1996)، سفر قابل‌استفاده به روش عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم (اولسن و همکاران، 1954)، نیتروژن کل به روش میکروکلدال (برمنز، 1996)، آمونیوم خاک با روش کلراید پتاسیم (برمنز و مولوانی، 1982)، نیترات خاک به روش فنول دی‌سولفونیک اسید (چاپمن و پرات، 1982)، غلظت عناصر کم‌مصرف کاتیونی (آهن، منگنز، روی و مس) به روش عصاره‌گیری با دی‌تی-پی‌ا و قرائت با دستگاه جذب اتمی (لیندسی و نورول، 1978) اندازه‌گیری شد (جدول 1). برخی ویژگی‌های زئولیت مورد استفاده (صالحی و ونوسفادرانی، 1392) نیز در جدول 1 نشان داده شده است.

#### آزمایش گلخانه‌ای

به منظور بررسی اثر سطوح مختلف زئولیت بر آبشویی نیترات حاصل از کاربرد منابع مختلف کود نیتروژنی در خاک آهکی مورد مطالعه، پژوهشی در سال 1395 در گلخانه تحقیقاتی بخش علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در

جدول 1- برخی ویژگی‌های خاک و زئولیت (صالحی، 1392) مورد استفاده در آزمایش

مقدار	ویژگی زئولیت	مقدار	ویژگی خاک
8/13	pH عصاره اشباع	32	شن (درصد)
3/1	قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)	37	سیلت (درصد)
2/37	کلسیم - اکسید کلسیم (درصد)	31	رس (درصد)
0/21	فسفر - پنتا اکسید فسفر (درصد)	لوم رسی	کلاس بافت
2/64	پتاسیم - اکسید پتاسیم (درصد)	7/8	pH خمیر اشباع
1/13	سدیم - اکسید سدیم (درصد)	0/7	قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)
1/15	منیزیم - اکسید منیزیم (درصد)	15	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بار بر کیلوگرم)
12/8	آلومینیوم - اکسید آلومینیوم (درصد)	25/5	کربنات کلسیم معادل (درصد)
		1/4	ماده آلی (درصد)
		0/087	نیتروژن کل (درصد)
		14	نیتروژن نیتراتی (میلی‌گرم در کیلوگرم)
		32	نیتروژن آمونیومی (میلی‌گرم در کیلوگرم)
		20	فسفر قابل استخراج با بی‌کربنات سدیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
		460	پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم (میلی‌گرم در کیلوگرم)
		4/8	آهن قابل عصاره‌گیری با دی. تی. پی. ا. (میلی‌گرم در کیلوگرم)
		0/81	مس قابل عصاره‌گیری با دی. تی. پی. ا. (میلی‌گرم در کیلوگرم)
		9/6	منگنز قابل عصاره‌گیری با دی. تی. پی. ا. (میلی‌گرم در کیلوگرم)
		0/48	روی قابل عصاره‌گیری با دی. تی. پی. ا. (میلی‌گرم در کیلوگرم)

آزمایشگاه منتقل شد. نیتروژن کل خاک به روش کلدال (برمنر، 1996)، نیترات خاک به روش فنول دی‌سولفونیک اسید (برمنر، 1996) و آمونیوم خاک با روش برمنر (1996) اندازه‌گیری شد.

#### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم-افزارهای آماری SAS و EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن و در سطح آماری 5 درصد انجام شد.

#### نتایج و بحث

جدول 1 ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این جدول، خاک دارای پهاش خشتی تا قلیایی است و شوری کمی دارد و از این نظر محدودیتی برای رشد ریحان ندارد. میزان کم نیتروژن کل با مقدار 0/087 درصد در خاک مورد نظر، نیاز به کود نیتروژن برای رشد مطلوب گیاه ریحان در خاک مورد مطالعه را تأیید می‌نماید. بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول 2)، اثر تیمارهای زئولیت، کود نیتروژنه و اثر متقابل زئولیت و کود نیتروژنه بر میزان آمونیوم خاک، نیترات خاک، نیتروژن کل خاک، نیترات زه‌آب خروجی در مراحل اول تا چهارم در سطوح 1 و 5 درصد معنی‌دار است.

سپس خاک درون کیسه‌ها پس از هوا خشک شدن به‌طور کامل مخلوط شده و به گلدان‌های پلاستیکی (به وزن 200 گرم و با ارتفاع و قطر به ترتیب برابر با 25 و 20 سانتی‌متر) و با ظرفیت سه کیلوگرم خاک منتقل شد. در هر گلدان 10 عدد بذر ریحان (*Ocimum basilicum* L. var. Green Ardestani) به‌طور یکنواخت و در عمق حدود 0/5 سانتی‌متری خاک کاشته شد. پس از دو هفته تعداد گیاهان به 5 بوته در هر گلدان کاهش یافت. در طول فصل رشد، آبیاری گلدان‌ها در شرایط گلخانه با توزین روزانه و افزودن آب مقطر به آنها تا رسیدن به رطوبت ظرفیت مزرعه با احتساب 25 درصد آب مازاد جهت تأمین نیاز آبهشویی انجام شد. در طول دوره کشت شش هفته‌ای گیاه، در زیر گلدان‌ها، جهت اندازه‌گیری مقدار نیترات زه‌آب در طی چهار مرحله (به فواصل یک هفته)، ظرف نمونه‌گیری تعبیه شد. پس از خروج زه‌آب، نمونه‌ها به ظروف پلاستیکی 120 میلی‌لیتری منتقل و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده و در یخچال نگهداری شدند.

به منظور تعیین غلظت نیترات نمونه‌ها از روش فنول دی‌سولفونیک اسید (برمنر، 1996) و از دستگاه اسپکتروفوتومتر و در طول موج 400 میکرومتر استفاده شد. حدود 10 هفته پس از کشت، گیاه از طوقه از سطح خاک برداشت شد. خاک پس از برداشت گیاه پس از جداسازی ریشه‌ها و آماده‌سازی برای اندازه‌گیری‌ها به

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس اثر زئولیت، کود نیتروژنه و اثر متقابل آنها بر ویژگی‌های مورد بررسی در خاک و زه‌آب خروجی از خاک تحت کشت ریحان

میانگین مربعات				نیترات			منابع تغییر
نیترات زه‌آب				نیترژن کل خاک	درجه آزادی	آمونیم خاک	
مرحله 4	مرحله 3	مرحله 2	مرحله 1	(درصد)	(میلی‌گرم در کیلوگرم)		
1/309**	0/943**	1/25**	1/43**	0/002*	720**	84**	3
6/62**	6/21**	7/20**	8/54**	0/002*	1348**	234**	3
1/03**	1/29**	0/912**	0/766**	0	200**	50**	9
0/124	0/097	0/200	0/196	0/001	5/808	3/543	32

\* و \*\* به ترتیب در سطح احتمال 5 و 1 درصد معنی دار می‌باشد.

### آمونیم خاک

نتایج نشان داد کاربرد مقادیر ۳۰،۱۵ و 45 گرم زئولیت بر کیلوگرم خاک به ترتیب سبب افزایش آمونیم خاک به میزان 12/5، 15/62 و 21/87 درصد در مقایسه با شاهد شد (جدول 3). که دلیل احتمالی آن افزایش نگهداشت یون آمونیم در خاک به دلیل جذب بر روی زئولیت و افزایش توان نگهداشت این یون در خاک می‌باشد. پولات و همکاران (2004) نیز گزارش کردند آمونیم به وسیله زئولیت جذب شده و از دسترس مستقیم آنزیم‌های تولیدکننده نیترات خارج می‌شود درحالی‌که در تیمارهای بدون زئولیت افزایش فراهمی یون آمونیم، در اثر فعالیت برخی ریز جانداران، سبب تولید مقادیر زیاد نیترات شد که با توجه به بار منفی آن به ذرات خاک جذب نشده و در اثر آبیاری به لایه‌های پایین‌تر حرکت می‌کند.

با توجه به کم بودن قابلیت تحرک یون آمونیم در مقایسه با یون نیترات و همچنین تبدیل سریع آمونیم به نیترات طی فرایند نیتریفیکاسیون (نیترات‌سازی)، مدت زمانی که یون آمونیم در خاک حضور دارد کوتاه است و بنابراین پتانسیل زیادی برای شستشوی این یون وجود ندارد و همچنین یون آمونیم به دلیل بار مثبت به ذرات کلوئیدی خاک جذب شده و به مقدار کمتری نسبت به نیترات شسته می‌شود (شوگلا و همکاران، 2006). هانگ و پترویچ (1994) نیز بیان کردند زئولیت با جذب یون آمونیم، مانع تبدیل سریع آن به نیترات و در نتیجه سبب کاهش هدرروی نیتروژن می‌شود که این اثر در زمین‌های شنی به دلیل کم بودن ظرفیت تبادل کاتیونی، بیشتر می‌باشد. کاهش آبشویی نیتروژن در اثر کاربرد زئولیت‌های طبیعی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است. در پژوهش دیگری در آریزونا آمریکا، کاربرد زئولیت به-طور معنی‌داری در افزایش جذب و قدرت نگهداری

آمونیم و کاهش شستشوی آن موثر بود و با افزایش مقدار زئولیت اثر بخشی آن نیز افزایش یافت (ماکن و توکر، 1985). در پژوهشی که با هدف بررسی زئولیت در افزایش راندمان کودی نیتروژن در یک خاک شنی انجام شد، نتایج نشان داد که توانایی و نگهداری یون آمونیم در تیمار 12 درصد وزنی مصرف زئولیت افزایش یافت (هرناندز و ایلما، 2006). در آزمایش دیگری که به منظور بررسی سرنوشت کود آمونیمی در خاک‌های شالیزار انجام شده بود نشان داده شد اضافه نمودن زئولیت 0/1 کیلوگرم زئولیت در کیلوگرم خاک سبب تثبیت یون آمونیم در فضا و منافذ درونی کانی زئولیت شد و در نتیجه غلظت یون آمونیم در محلول خاک حاوی زئولیت نسبت به خاک بدون زئولیت کمتر بود (آندو و همکاران، 1996).

نتایج نشان داد کاربرد 150 میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن از منابع کودی اوره، سولفات آمونیم و کلات نیتروژن به ترتیب سبب افزایش آمونیم خاک به میزان 23/33، 20 و 36/66 درصد در مقایسه با شاهد شد (جدول 3). در بین کودها، بیشترین مقدار آمونیم مربوط به کلات نیتروژن بود ضمن اینکه اثر سایر منابع کودی نیز بر میزان آمونیم خاک معنی‌دار بود. سیکوا و سزیمات (2001) بیان کردند یون‌های آمونیم که طی عمل نیترات-سازی قابل تبدیل به نیترات هستند به دلیل سطح بیشتر در کلات نیتروژن، جذب ذرات رس با بار منفی می‌شوند و ماندگاری آنها مانع از آبشویی نیترات می‌شود، اما در تیمار کود اوره جذب سطحی کمتر آمونیم و انجام عمل نیترات-سازی عاملی برای آبشویی نیترات به سمت پایین می‌باشد که با نتایج مطالعات میلر و گاردینر (2001) و پیرزنسکی و همکاران (2005) نیز هم‌خوانی دارد.

جدول 3، مقایسه اثرات متقابل نوع کودهای مصرفی و سطوح زئولیت بر مقدار آمونیم خاک را به

تفکیک نشان می‌دهد. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد در تمام سطوح زئولیت به کاربرده شده، آمونیوم خاک در تیمار کاربرد کلات نیتروژن در مقایسه با سایر کودها به-طور معنی‌داری افزایش یافت و همچنین مقدار آمونیوم خاک در تیمار کود اوره کمتر از مقدار آمونیوم خاک در تیمار کلات نیتروژن بود.

### جدول 3- اثر سطوح زئولیت و منابع مختلف کود نیتروژن بر غلظت آمونیوم خاک (میلی گرم در کیلوگرم)

منابع مختلف نیتروژن (هر یک به میزان 150 میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)					
زئولیت (گرم بر کیلوگرم)	بدون کود	اوره	سولفات آمونیوم	کلات نیتروژن	میانگین
0	31/01 fg <sup>†</sup>	30fg	33/9 ef	36/5 b-e	32/8 C
15	36/4 cde	38/2 bcd	34/2 ef	40/4 bc	37/3 AB
30	28/5 g	41b	35/8 de	40/2 bcd	36/4 B
45	27/2 g	39/6 bcd	41b	48/8 a	39/2 A
میانگین	30/8 C	37/2 B	36/2 B	41/5 A	

†. اعدادی که در بدنه جدول در یک حرف لاتین کوچک و میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

### نیترات خاک

نتایج (جدول 4) نشان داد که کاربرد زئولیت سبب افزایش معنی‌دار نیترات خاک شد. به طوری که کاربرد مقادیر 15، 30 و 45 گرم بر کیلوگرم زئولیت به-ترتیب سبب افزایش نیترات خاک به میزان 50، 130 و 170 درصد در مقایسه با شاهد شد (هرچند بین اثر کاربرد سطوح 30 و 45 گرم بر کیلوگرم زئولیت بر میزان نیترات خاک تفاوت معنی‌دار آماری وجود ندارد). تأثیر اضافه کردن زئولیت به خاک در نگهداری یون نیترات نشان داد که افزایش استفاده از زئولیت در خاک سبب نگهداشت بیشتر یون نیترات در خاک می‌شود. دلیل را می‌توان ساختار قفس مانند زئولیت و در نتیجه به دام افتادن یون نیترات در شبکه‌های آن جستجو کرد. همچنین عامل دیگر را می‌توان به توانایی زئولیت در جذب و نگهداشت آب تا 70 درصد وزنی خود نسبت داد. استفاده از زئولیت، توانایی جذب نیترات را توسط خاک افزایش داده و در فصل رشد گیاه می‌تواند سبب کاهش نیاز به کود نیترات شود و به دنبال آن از آلودگی آب‌های زیرزمینی به دلیل آبهشویی جلوگیری خواهد نمود. مالکیان و همکاران (2011) با کاربرد زئولیت در سطح خاک، جذب بیشتر نیترات و آمونیاک در خاک سطحی و عمقی را نسبت به تیمار شاهد (بدون زئولیت) گزارش و بیان کردند که با افزایش میزان زئولیت، میزان نیترات جذب شده در خاک سطحی نیز افزایش یافت. در آزمایش دیگری در کلرادو آمریکا، استفاده از زئولیت در خاک‌هایی با بافت متوسط سبب افزایش رشد گیاه تربچه، افزایش نیترات و همچنین افزایش باقیمانده آمونیوم در خاک شد. در خاک سبک نیز باقیمانده نیترات در خاک افزایش و مقدار شستشوی آن

کاهش یافت که نشان می‌دهد زئولیت می‌تواند به عنوان یک ماده کندرها عمل کند (آلن و مانگ، 1995).

نیتروژن در خاک به شکل نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن نیتراته، نیتروژن نیتریتی و نیتروژن آلی وجود دارد. تقریباً تمام نیترات در محلول خاک است. بخش عمده نیتروژن مورد نیاز گیاه به‌صورت نیترات و آمونیوم جذب می‌شود. البته جذب به شکل نیترات به‌مراتب بیشتر از آمونیم است (هاولین و همکاران، 2013). حتی هنگامی که کودهای آمونیومی به خاک داده می‌شود، یون آمونیوم به سرعت به نیترات تبدیل می‌شود (هاولین و همکاران، 2013). از جمله عوامل مؤثر بر میزان نیترات خاک، تثبیت نیتروژن و افزایش نیتروژن به‌وسیله کودهای شیمیایی می‌باشد (محمودی و حکیمیان، 1393). ریزجانداران خاک عناصر غذایی را به شکل‌های قابل‌استفاده برای ریزجانداران و گیاهان در می‌آورند. در نواحی با میزان مواد آلی قابل دسترس، باکتری‌ها از طریق تولید آنزیم قادر به معدنی کردن ازت آلی و تبدیل آن به نیتريت و نیترات هستند که این شکل‌های ازت توسط گیاه جذب می‌شوند (میرانصاری، 2011). افزایش کود شیمیایی نیز موجب افزایش نیترات خاک می‌شود (لی، 2010).

نتایج نشان داد کاربرد 150 میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن از منابع کودی مختلف شامل اوره، سولفات-آمونیم و کلات نیتروژن سبب افزایش نیترات خاک به-ترتیب به میزان 144، 187 و 360 درصد در مقایسه با شاهد شد (شکل 5). لازم به ذکر است که نیترات باقی‌مانده در خاک یکی از ویژگی‌هایی است که معمولاً تحت تأثیر عوامل محیطی نظیر شرایط آب و هوایی، بافت خاک و مقدار آب آبیاری قرار می‌گیرد. از آنجا که شرایط آزمایش

می‌توان بیان نمود که استفاده از کلات نیتروژن مورد مطالعه می‌تواند تا حدودی از نگرانی‌های ناشی از مشکلات مرتبط با آبشویی نیترات و سلامت محیط زیست بکاهد.

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان می‌دهد که اثر برهمکنش نوع کود و سطوح زئولیت بر نیترات خاک در سطح 1 درصد معنی‌دار است. با ملاحظه نتایج مقایسه میانگین (جدول 4) مشخص می‌شود در تمام سطوح زئولیت، کاربرد کلات نیتروژن در مقایسه با سایر کودها به‌طور معنی‌داری میزان نیترات خاک را افزایش داد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با کاربرد 45 گرم زئولیت در کیلوگرم خاک میزان نیترات باقیمانده در خاک‌های تیمار شده با کلات نیتروژن به شدت افزایش یافت (جدول 4).

برای همه تیمارها یکسان بوده، لذا تغییرات نیترات خاک و به‌همین ترتیب تغییرات در آبشویی نیترات تحت تأثیر نوع کود می‌باشد. غلظت نیترات خاک در تیمار کلات نیتروژن به‌طور معنی‌داری بیشتر از غلظت نیترات در سایر تیمارها می‌باشد. این مسئله می‌تواند به سبب آزادسازی تدریجی آن برای گیاه باشد که کمتر آبشویی شده و گیاه به تدریج آن را مصرف می‌کند. از آنجا که تغییرات نیترات خاک و آبشویی نیترات در تیمار کلات نیتروژن کمتر از تیمار کود اوره است می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تغییرات غلظت نیترات آزاد شده در خاک و آبشویی نیترات در خاک‌های تیمار شده با کلات نیتروژن یکنواخت‌تر از کود اوره است. این امر ضمن نشان دادن نگرانی‌های ناشی از شکل مرسوم کود مصرفی، مطلوبیت کلات نیتروژن را نسبت به کود اوره نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این پژوهش

جدول 4- اثر سطوح زئولیت و منابع مختلف کود نیتروژن بر غلظت نیترات خاک (میلی‌گرم در کیلوگرم)

منابع مختلف نیتروژن (هر یک به میزان 150 میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)					
زئولیت (گرم بر کیلوگرم)	بدون کود	اوره	سولفات آمونیوم	کلات نیتروژن	میانگین
0	6/9 f <sup>†</sup>	11/8 ef	10/6 ef	13/6 def	10/7 B
15	8/5 ef	10/7 ef	17/1 c-f	25/4 bcd	15/5 B
30	8/2 ef	20/8 cde	28/6 bc	36/3 b	23/5 A
45	4/1 f	26/10 bcd	26/3 bcd	55/2 a	27/9 A
میانگین	6/9 C	17B	20B	32A	

†. اعدادی که در بدنه جدول در یک حرف لاتین کوچک و میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

#### نیتروژن کل خاک

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول 2) اثر سطوح مختلف زئولیت و منابع نیتروژن بر نیتروژن کل خاک در سطح 5 درصد معنادار است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد مقادیر 30 و 45 گرم زئولیت بر کیلوگرم خاک به ترتیب سبب افزایش میانگین نیتروژن کل خاک به میزان 42 و 28 درصد در مقایسه با شاهد شد. تفاوت بین نیتروژن کل در تیمارهای 15 و 30 گرم زئولیت

در کیلوگرم خاک از نظر آماری معنی‌داری نبود (جدول 5).

نتایج نشان داد که تنها کاربرد 150 میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن از منبع کودی کلات نیتروژن، میزان نیتروژن کل خاک را به‌طور معنی‌داری به میزان 42 درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول 5). هر چند کاربرد دو منبع دیگر نیتروژن نیز میزان نیتروژن کل خاک را به میزان حدود 14 درصد افزایش دادند که افزایش‌ها از نظر آماری در مقایسه با شاهد معنی‌دار نبود (جدول 5).

جدول 5- اثر سطوح زئولیت و منابع مختلف کود نیتروژن بر غلظت نیتروژن کل خاک (درصد)

منابع مختلف نیتروژن (هر یک به میزان 150 میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)					
میانگین	کلات نیتروژن	سولفات آمونیوم	اوره	بدون کود	زئولیت (گرم بر کیلوگرم)
0 /07 B	0 /1 abc	0 /06 c	0 /06 bc	0 /07 †abc	0
0 /07 B	0 /07 abc	0 /07 abc	0 /08 abc	0 /06 c	15
0 /10 A	0 /11 a	0 /1 a	0 /09 abc	0 /07 abc	30
0 /09 AB	0 /11 ab	0 /1 abc	0 /07 abc	0 /08 abc	45
	0 /10 A	0 /08 AB	0 /08 B	0 /07 B	میانگین

†. اعدادی که در بدنه جدول در یک حرف لاتین کوچک و میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

### آبهشویی نیترات

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر زئولیت، منابع مختلف نیتروژن و برهمکنش آنها بر مقدار آبهشویی نیترات (غلظت نیترات در زه آب خروجی) در هر چهار مرحله آبهشویی در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول 2). به طور کلی بیشترین غلظت نیترات خروجی در زه آب مربوط به تیمارهای بدون زئولیت و کمترین آن در تیمار کاربرد 45 گرم بر کیلوگرم زئولیت حاصل شد (جدول 6 و شکل 2). همچنین نتایج نشان داد در تمام تیمارهای زئولیت و کودهای نیتروژن غلظت نیترات در زه آب اول به طور معنی‌داری بیشتر از زه آب سایر مراحل بود (شکل 2). نتایج مقایسه میانگین (جدول 6) نشان می‌دهد که با وجود اینکه تیمار بدون زئولیت دارای بیشترین مقدار غلظت نیتروژن در زه آب می‌باشد ولی بین شاهد و سطوح 15 و 30 گرم زئولیت تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. کاربرد مقادیر 15، 30، 45 گرم زئولیت در کیلوگرم خاک به ترتیب سبب کاهش نیترات زه آب به میزان 1/5، 5/97 و 23/35 درصد در مرحله اول آبیاری، 10/72، 1/5 و 19/15 درصد در مرحله دوم آبیاری، 1/68، 7/5 و 24 در مرحله سوم آبیاری و 3/48، 12/43، 36/31 درصد در مرحله چهارم آبیاری در مقایسه با شاهد شد. کاهش غلظت نیترات در حضور زئولیت می‌تواند ناشی از ویژگی‌های مثبت زئولیت مصرفی از قبیل ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد، قدرت جذب آمونیوم و آزادسازی کنترل شده آن باشد. با توجه به قابلیت تبادل کاتیونی زئولیت و از طرفی جاذب انتخابی بودن این ماده برای یون آمونیوم (پولات و همکاران، 2004). هنگامی که در اثر مصرف کود، یون آمونیوم خاک افزایش می‌یابد، توسط زئولیت جذب شده و لذا از دسترس مستقیم آنزیم‌های تولیدکننده نیترات خارج می‌شود، در حالی که در تیمارهای بدون

زئولیت افزایش فراهمی یون آمونیوم، در اثر فعالیت آنزیم اوره‌آز سبب تولید مقدار قابل توجهی نیترات می‌شود که با توجه به بار منفی آن توسط ذرات خاک جذب نشده و در اثر آبیاری و یا بارندگی به طبقات پائین‌تر پروفیل خاک حرکت کرده و در نهایت غلظت آن در زه آب افزایش می‌یابد. اگرچه با افزایش مقدار کاربرد زئولیت در خاک، هزینه‌های مرتبط با خرید و اختلاط آن با خاک نیز افزایش می‌یابد ولی به دلیل کاهش آلودگی‌های زیست محیطی و اثرات مثبت آن بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، کاربرد آن در کشاورزی می‌تواند از نظر اقتصادی توجیه داشته باشد.

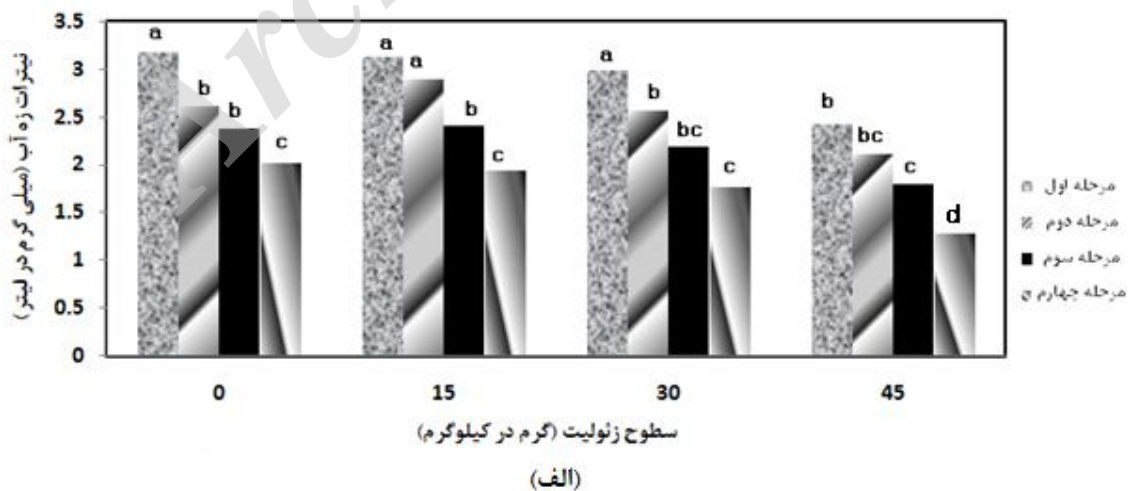
نتایج این پژوهش با یافته‌های پرز و همکاران (2008)، عابدی کوپایی و همکاران (1389) و صادقی لاری و همکاران (1389) مطابقت دارد. این محققان نیز افزایش جذب نیترات را با افزایش میزان زئولیت گزارش کردند. مطالعات انجام شده بر روی گیاه زیتون نیز تأثیر مثبت زئولیت در کاهش آبهشویی نیترات و افزایش قدرت نگهداری آب در خاک را نشان داد (پرز- کابارلو و همکاران، 2008). غلامحسینی و همکاران (1387) در بررسی تأثیر زئولیت در کاهش آبهشویی نیتروژن در یک خاک شنی تحت کشت کلزای علوفه‌ای گزارش کردند بین مقادیر مختلف زئولیت از نظر غلظت نیترات در نمونه زه آب تفاوت معنی‌داری وجود دارد به طوری که غلظت نیترات در تیمارهای بدون مصرف زئولیت، کاربرد 3 و 9 تن در هکتار زئولیت به ترتیب 12/۱۲، ۳۰/۲۳ و 7/8 میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. آنان نیز کاهش 26 درصدی آبهشویی نیترات در تیمار 9 تن در هکتار زئولیت در مقایسه با شاهد (عدم مصرف زئولیت) را ناشی از ویژگی‌های مثبت استفاده از زئولیت در هدر رفت نیترات عنوان نمودند.

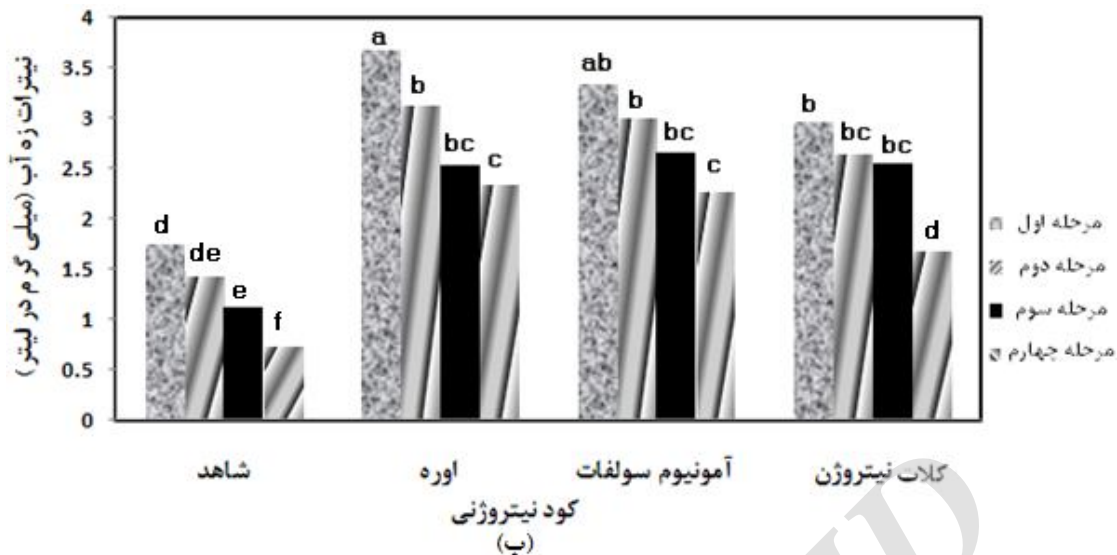


جدول 6- اثر سطوح زئولیت و منابع مختلف کود نیتروژن بر غلظت نیترات زه آب در مراحل مختلف (میلی گرم در لیتر)

منابع مختلف نیتروژن (هر یک به میزان 150 میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک)					
زئولیت (گرم بر کیلوگرم)	بدون کود (شاهد)	اوره	سولفات آمونیوم	کلات نیتروژن	میانگین
مرحله اول					
0	0/99 h <sup>†</sup>	4/65 a	3/76 bc	3/32 b-e	3/18 A
15	2/15 fg	3/89 b	3/56 bcd	2/93 c-f	3/13 A
30	2/15 fg	3/35 b-e	3/36 b-e	3/09 b-e	2/99 A
45	1/68 gh	2/82 def	2/68 ef	2/52 ef	2/43 B
میانگین	1/74 C	3/67 A	3/34 A	2/96 B	
مرحله دوم					
0	0/9 i	3/63 ab	3/11 b-e	2/77 c-f	2/61 A
15	1/84 gh	2/47 d-g	4/03 a	3/25 a-d	2/89 A
30	1/73 gh	3/47 abc	2/55 d-g	2/51 d-g	2/57 A
45	1/22 hi	2/92 b-e	2/30 efg	2/01 fgh	2/11 B
میانگین	1/42 C	3/12 A	3 AB	2/64 B	
مرحله سوم					
0	0/52 j	3/35 ab	3/00 bc	2/60 cde	2/37 A
15	1/46 hi	1/89 fgh	3/64 a	2/65 cde	2/41 A
30	1/55 gh	2/39 def	1/90 fgh	2/93 bcd	2/19 A
45	0/97 j	2/54 cde	2/11 fg	1/56 a	1/80 B
میانگین	1/13 B	2/54 A	2/66 A	2/56 A	
مرحله چهارم					
0	0/51 f	2/97 a	2/93 ab	1/63 de	2/10 A
15	1/03 ef	3/10 a	2/03 cd	1/62 de	1/94 A
30	0/61 f	1/41 de	2/69 ab	2/32 bc	1/76 A
45	0/75 f	1/86 cd	1/38 de	1/13 ef	1/28 B
میانگین	0/72 C	2/33 A	2/26 A	1/68 B	

†. اعداد مربوط به هر مرحله که در بدنه جدول در یک حرف لاتین کوچک و میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون در یک حرف لاتین بزرگ مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.





شکل 2 - اثر سطوح زئولیت (الف) و کودهای نیتروژنی (ب) بر میانگین غلظت نیترات زه‌آب در مراحل مختلف (در هر قسمت حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال 1 درصد براساس آزمون دانکن می‌باشند)

زه‌آب خروجی در تیمار کلات نیتروژن در مقایسه با سایر کودها به‌طور معنی‌داری کمتر است.

#### نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد افزودن زئولیت به خاک سبب کاهش شستشوی نیترات و آمونیوم و افزایش نگهداشت آنها در خاک شد. همچنین نتایج نشان داد آبشویی نیترات در خاک‌های تیمار شده با کلات نیتروژن مورد استفاده در مقایسه با سولفات آمونیوم و اوره به‌طور معنی‌داری کمتر بود. به‌طور کلی نتایج نشان داد می‌توان با بکارگیری زئولیت در ترکیب با کودهای شیمیائی نیتروژن‌دار به‌ویژه کلات نیتروژن از هدررفت این ماده غذایی جلوگیری کرده و مانع آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شد. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان با کاربرد 45 گرم زئولیت در کیلوگرم خاک همراه با کلات نیتروژن یا سایر منابع کودی مورد استفاده، علاوه بر افزایش حفظ و نگهداری برخی عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه در محیط ریشه، مانع از افزایش غلظت نیترات در زه‌آب خروجی، هدررفت سرمایه و همچنین جلوگیری از آلودگی‌های زیست محیطی شد. بنابراین به‌طور کلی پیشنهاد می‌شود از زئولیت برای افزایش کارایی کودهای نیتروژنه استفاده شود و همچنین طی آزمایش‌های طولانی‌مدت بازیافت نیتروژن اضافه شده به خاک از منابع مختلف کودی و تحت کشت گیاهان مختلف که با زئولیت تیمار شده ارزیابی شوند و از نتایج پژوهش‌های مذکور در تصمیم‌گیری‌های مدیریت حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه استفاده شود.

نتایج مقایسه میانگین (جدول 6 و شکل 2) نشان می‌دهد در هر 4 مرحله آبشویی، بیشترین مقدار نیترات متعلق به تیمارهای کود اوره و سولفات آمونیوم می‌باشد. به‌طوری که کاربرد 150 میلی‌گرم بر کیلوگرم نیتروژن از منابع کودی اوره، سولفات آمونیوم و کلات نیتروژن سبب افزایش نیترات زه‌آب خروجی به‌ترتیب به میزان 111، 92 و 78 درصد در مرحله اول؛ 120، 86 درصد در مرحله دوم؛ 125، 135 و 157 درصد در مرحله سوم و 224، 111 و 133 درصد در مرحله چهارم مقایسه با شاهد شد. سیکوا و سزیمات (2001) ویژگی کی‌لیت بودن یعنی پیوند ذرات را عامل آبشویی کمتر نیترات عنوان نمودند. وجود چنین شرایطی سبب افزایش برهمکنش در کلات نیتروژن با گیاه و خاک و غلبه رفتار اتم‌های واقع در سطح ذره به رفتار اتم‌های درونی است. کمتر شدن آبشویی عناصر غذایی در مقیاس‌های مزرعه‌ای و بزرگ، علاوه بر آلودگی کمتر منابع آب و خاک، نقش اقتصادی با ارزشی دارد. براساس بررسی انجام شده در کانادا مشخص شد که مصرف انواع جدید و کندرهای کودهای نیتروژنی مانند نانوکودها می‌تواند از اتلاف 200 میلیون دلار سرمایه به دلیل کم بودن راندمان کودهای معمولی جلوگیری نماید (مونرال، 2010).

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان می‌دهد که برهمکنش منبع کود و سطوح زئولیت بر غلظت نیترات در زه‌آب خروجی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان می‌دهد در تمام سطوح زئولیت به کار برده شده، غلظت نیترات در

فهرست منابع:

1. صادقی لاری، ع.، ه. معاضد، ع. ر. هوشمند و م. چرم. 1389. تأثیر کاربرد زئولیت سدیمی بر نگهداشت نیترات و آمونیوم در یک خاک اشیاع لوم سیلتی. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، جلد 33، شماره 1، صفحات 31 تا 43.
2. صالحی ورنوسفادرائی، ب. 1392. اثر کاربرد زئولیت و ماده آلی بر برخی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و هیدرولیکی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
3. عابدی کوپایی، ج.، ف. موسوی و آ. معتمدی. 1389. بررسی تأثیر کاربرد زئولیت کلینوپتیلولایت در کاهش آبشویی کود اوره از خاک. مجله‌ی آب و فاضلاب، جلد 3، صفحات 51 تا 57.
4. غلامحسینی، م.، م. آقاعلیخانی و م. ج. ملکوتی. 1387. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی علوفه کلزای پاییزه. علوم آب و خاک، جلد 12، شماره 45، صفحات 537 تا 548.
5. محمودی، ش. و م. حکیمیان. 1393. مبانی خاکشناسی، چاپ نهم. انتشارات دانشگاه تهران.
6. Allen, E. and D. W. Ming. 1995. Recent progress in the use of natural zeolites in agronomy and horticulture. *Natur. Zeolites*, 93: 477-490 .
7. Ando, H., C. Mihara, K. Kakuda and G.Wada. 1996. The fate of ammonium nitrogen applied to flooded rice as affected by zeolite addition. *Soil Sci. Plant Nutr.* 42(3): 531-538 .
8. Bremner, J. 1996. Nitrogen-Total. pp. 1085- 1122. In: D. L. Sparks et al. (Eds), *Method of Soil Analysis. Part 3. 3rd Ed.*, ASA and SSSA, Madison WI, USA.
9. Bremner J. M. and V. Mulvaney. 1982. Total-nitrogen. pp: 595-624. In: A. L. Page (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part. II. 2nd ed. Monograph no. 9. Am. Soc. Agron. Madison, WI.*
10. Celik, M., B. Özdemir, M.Turan, I. Koyuncu, G. Atesok and H. Sarikaya. 2001. Removal of ammonia by natural clay minerals using fixed and fluidised bed column reactors. *Water Sci. Technol.* 1(1): 81-88 .
11. Chapman H.D. and P.F. Pratt 1982. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters.* Agric. Sci., Univ. Calif. Agriculture & Natural Resources publication.
12. Chinnamuthu, C. and P. M. Boopathi. 2009. Nanotechnology and agroecosystem. *Madras Agric J.* 96: 17-31.
13. Corradini, E., M. De Moura and L. Mattoso. 2010. A preliminary study of the incorporation of NPK fertilizer into chitosan nanoparticles. *Express.Polymer Letters*, 4(8): 509-515 .
14. Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383- 411. In: A. Klute (ed.), *Methods of soil analysis. Part 1. 2nd Ed. Agron. Monogr. No. 9, ASA and SSSA, Madison WI.*
15. Havlin, J. L., S. L. Tisdale, W. L. Nelson and J. D. Beaton. 2013. *Soil Fertility and Fertilizers.* 8th Ed. Pearson, USA.
16. Hernandez, J. and Yilma, G. 2006. Zeolite soil amendment to increase nitrogen fertilizer efficiency sand-based root zone mixes. *Illinois Univ. Mail Code. 4415: 62901-64415 .*
17. Huang, Z. and Petrovic, A. 1994. Physical properties of sand as affected by Clinoptilolite zeolite particle size and quantity. *J.Turfgrass Manage.* 1(1): 1-15 .
18. Lee, J. 2010. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Hort.* 124(3): 299-305 .
19. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42: 421-428.

20. MacKown, C. and Tucker, T. 1985. Ammonium nitrogen movement in a coarse-textured soil amended with zeolite. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49(1): 235-238 .
21. Malekian, R., J. Abedi-Koupai and S. S. Eslamian. 2011. Influences of Clinoptilolite and surfactant-modified Clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. *J. Hazard. Mat.* 185(2): 970-976 .
22. Miransari, M. 2011. Soil microbes and plant fertilization. *Appl. Microb. Biotech.* 92(5): 875-885 .
23. Monreal, C. 2010. Nanofertilizers for increased N and P use efficiencies by crops. Summary of information currently provided to MRI concerning applications for round, 5: 12-13 .
24. Mumpton, F. A. 1999. Uses of natural zeolites in agriculture and industry. *Proc. Nat. Academy Sci.* 96: 3463-3470 .
25. Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp. 961-1010. In: D.L. Sparks et al. (Eds.). *Method of soil analysis. Part 3.* 3rd Ed. ASA and SSSA, Madison WI.
26. Oh, J. M., T. T. Biswick and J. H. Choy. 2009. Layered nanomaterials for green materials. *J. Mat. Chem.* 19: 2553-2563 .
27. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe, and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Cir. 939. U. S. Gov. Print. Office, WI.
28. Perez-Caballero, R., J. Gil, C. Benitez and J. Gonzalez. 2008. The effect of adding zeolite to soils in order to improve the NK nutrition of olive trees. Preliminary results. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 3(1): 321-324 .
29. Pierzynski, G. M., G. F. Vance and J. T. Sims. 2005. *Soils and Environmental Quality:* CRC Press.
30. Polat, E., M. Karaca, H. Demir and A. N. Onus. 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. *J. Fruit Ornamen. Plant Res.* 12: 183-189 .
31. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved salts. pp. 417-436. In: D.L. Sparks et al. (Eds.). *Methods of soil analysis. Part 3.* 3rd Ed. ASA and SSSA, Madison WI.
32. Romano, N. and A. Santini. 2002. Water retention and storage: field. pp. 721-738, In: J. H. Dane and G. C. Topp (eds) *Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical methods.* Am. Soc. Agron. Madison, WI.
33. Sikora, L. J., and R. A. Szmids. 2001. Nitrogen sources, mineralization rates, and nitrogen nutrition benefits to plants from composts. *Compost utilization in horticultural cropping systems.* PP. 287-305, CRC Press, Boca Raton, FL.
34. Shukla, S., E. A. Hanlon, F. H. Jaber, P. J. Stoffella, T. A. Obreza and M. Ozores-Hampton. 2006. Groundwater nitrogen: behavior in flatwoods and gravel soils using organic amendment for vegetable production. *Univ. Florida Ext. Ser. Pub# CIR,* 1494 .

## Effect of Zeolite and Nitrogen Sources on Nitrogen Leaching from a Calcareous Soil under *Ocimum basilicum* Planting and Greenhouse Conditions

S. Kavayan, A. A. Moosavi<sup>1</sup>, Z. Bolhasani, and S. Sharareh

M.Sc. student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;

E-mail: s\_kavian@shirazu.ac.ir

Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;

E-mail: aamousavi@gmail.com

M.Sc. student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;

E-mail: z\_bolhasavi@shirazu.ac.ir

M.Sc. student, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University;

E-mail: s\_sharareh@shirazu.ac.ir

Received: July, 2017 and Accepted: January, 2018

### Abstract

The effect of zeolite as a soil conditioner that is used for improving physico-chemical soil properties, improving nitrogen use efficiency, and decreasing nitrogen losses has not been studied on leaching of nitrogen from different sources. Therefore, this study was conducted as a factorial greenhouse experiment using a completely randomized design with 3 replications. The objective was to evaluate the effect of 4 levels of zeolite (0, 15, 30 and 45 g zeolite kg<sup>-1</sup> soil) on leaching of nitrogen from different nitrogen fertilizers (control and application of 150 mg N kg<sup>-1</sup> soil from urea, ammonium sulfate and nano- N- fertilizer) in a calcareous soil under *Ocimum basilicum* (var. Green Ardestani) planting. At 4 stages, the leachate of experimental pots was collected and nitrate concentration was determined. After harvesting, ammonium, nitrate, and total nitrogen concentrations of postharvest soils were also determined. Application of 15, 30 and 45 g zeolite kg<sup>-1</sup> soil increased ammonium concentration of soil by 16%, 13%, and 22 %, and nitrate concentration by 50%, 130%, and 170 % as compared to control, respectively. Application of 30 and 45 g zeolite kg<sup>-1</sup> soil increased total nitrogen concentration by 42% and 28 %, respectively. Among the applied levels of zeolite, only application of 45 g zeolite kg<sup>-1</sup> soil significantly decreased nitrate concentration in leachates at different stages. The amount of ammonium, nitrate, and total nitrogen were the highest for soils that received nano-N-fertilizer. Furthermore, nitrate concentration in leachate at different stages was the least when soils received nano-N- fertilizer. In general, zeolite increased nitrogen retention from the studied fertilizers and resulted in lower nitrate leaching through soils. Among the studied treatments, application of 45 g zeolite kg<sup>-1</sup> soil and using nano- N- fertilizer were the most effective in nitrogen retention and decreasing nitrogen in leachate. Therefore, it is recommended that these treatments be used in field conditions if complementary field trials confirm the results of this greenhouse experiment.

**Keywords:** Basil, Nitrogen from leachate, Ammonium sulfate, Urea, Clinoptilolite, Nano-nitrogen fertilizer, Nitrate

<sup>1</sup> Corresponding author: Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz.