DOI: 10.22059/ijswr.2019.266324.668016 تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۷، آذر ۱۳۹۸ (ص ۱۵۷۹-۱۵۶۹)

The Effect of Zeolite and Superabsorbent on Reduction of Nitrate Leaching from a Loamy Soil under Unsaturated Conditions

KHODARAHMI YAZDAN[1*], SOLTANI MOHAMMADI AMIR[2], BOROOMAND NASAB SAEED[3], NASSERI ABD ALI[4]

1. MSc. Student, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor, Department, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Professor, Department, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4. Professor, Department, irrigation and Drainage, faculty of Water Sciences Engineering, Shahid Chamran Univrsity of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

(Received: Oct. 14, 2018- Revised: Feb. 27, 2019- Accepted: March. 5, 2019)

ABSTRACT

The application of zeolite and superabsorbent in the soil can be useful in reducing water pollution. For this purpose, this research was carried out in 2018 with two treatments in a completely randomized block design. Each treatment consists of 3 different levels and 4 replications. Totally 24 polyethylene pipes with 10.5 cm in diameter and 50 cm in height were used under unsaturated conditions at research farm of Faculty of Water Sciencs Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. Treatments in this study included potassium zeolite and A200 superabsorbent at three levels of 0, 2 and 5 g/kg of soil. Urea fertilizer was applied to the soil in irrigation 1, 6 and 12 from 15 irrigation events. At the end of each irrigation event, nitrate effluent was measured. The results showed a significant reduction (at 5% level) of nitrate leaching in the superabsorbent and zeolite treatments in all irrigation events (with the exception of No. 6 irrigation event in zeolite). Superabsorbent treatment (2g/kg of soil) had better performance than the zeolite treatment (2g/kg of soil) in terms of preventing nitrate leaching, with the exception of irrigation events of 6 and 7. In general, zeolite and superabsorbent treatments (2 and 5 g/kg of soil) reduced nitrate leaching (20 and 29%) and (48 and 64%), respectively, as compared to the control treatments.

Keywords: A200 superabsorbent, Loamy soil, Nitrate leaching, Potassium zeolite.

* Corresponding Author's Email: khodarahmi1372@gmail.com

اثر زئولیت و سوپر جاذب بر کاهش آبشویی نیترات در یک خاک لوم در شرایط غیر اشباع

یزدان خدارحمی[1*]. امیر سلطانی محمدی[2]. سعید برومند نسب [3]و عبدعلی ناصری[4]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۲. دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۳. استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۴. استاد، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲۲- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۲/۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۲/۱۴)

چکیده

استفاده از زئولیت و سوپرجاذبدر خاک می‌تواند در کاهش آلودگی منابع آب مفید باشد. بدین منظور این تحقیق در سال ۱۳۹۷ و در قالب طرح آماری بلوک‌های کاملاً تصادفی و به‌صورت دو آزمایش مستقل انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل دو تیمار در سه سطح مختلف و چهار تکرار بود و در مجموع با ۲۴ لوله پلی‌اتیلن به قطر ۱۰/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر در شرایط غیر اشباع در مزرعه تحقیقاتی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. تیمارها شامل زئولیت پتاسیمی و سوپر جاذب نوع A200 در سه سطح صفر (شاهد)، ۲ و ۵ گرم در کیلوگرم خاک بود. کود اوره به‌صورت سرک و از بین ۱۵ آبیاری، در آبیاری‌های ۱، ۶ و ۱۲ به ستون‌های خاک اعمال شد. در پایان هر آبیاری نیترات خروجی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اثر سوپرجاذب در تمام آبیاری‌ها و زئولیت غیر از آبیاری ۶ در سطح ۵ درصد بر کاهش آبشویی نیترات معنی‌دار بود. و تیمار ۲ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک غیر از آبیاری‌های ۶ و ۷ نسبت به تیمار ۲ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک عملکرد بهتری را در جلوگیری از آبشویی نیترات داشت. به‌طور کلی تیمارهای ۲ و ۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک به ترتیب ۲۰و ۲۹ درصد و تیمارهای ۲ و ۵ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک به ترتیب ۴۸ و ۶۴ درصد نسبت به تیمار شاهد در جلوگیری از آبشویی نیترات مؤثر بودند.

واژه‌های کلیدی: آبشویی نیترات، زئولیت پتاسیمی، سوپرجاذب A200، کود اوره

مقدمه

آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی به نیترات در بسیاری از مناطق به صورت یک مشکل جدی مطرح است (Dozier *et al.*, 2008). این یون به دلیل احیای آن به نیتریت در بدن انسان، سبب افزایش مشکلاتی مانند اختلال در اکسیژن رسانی به اندام‌ها (Gilbert *et al.*, 2006)، تومورهای معده، مغز، پوست و استخوان (Jahed Khaniki *et al.*, 2008)، فشار خون بالا، افزایش مرگ و میر نوزادان، گواتر و تولید نوزادان نارس می‌شود (Chatterjee *et al.*, 2009؛ Cho *et al.*, 2010). بنابراین جلوگیری از آبشویی این یون (نیترات) اهمیت خاصی پیدا می‌کند. تاکنون راهکارهای متعددی بدین منظور ارائه شده است. در سال‌های اخیر کاربرد زئولیت به عنوان روشی مناسب بدین منظور پیشنهاد شده است (Kapoor and Viraraghavan, 1997؛ Dozer *et al.*, 2008؛ Faghihian *et al.*, 2001 و Polat *et al.*, 2004؛ Soleimani *et al.*, 2008). زئولیت‌ها عمدتاً از آلومینوسیلیکات‌ها تشکیل شده‌اند و جهت افزایش کارایی کودها استفاده می‌شوند (Tsintskaladze *et al.*, 2016). به علت ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و نیز قابلیتی که در نگه‌داری آب و صرفه‌جویی آن دارند به عنوان اصلاح‌کننده خاک مناسب می‌باشند (Zaghloul *et al.*, 2016). زئولیت‌ها به دو دسته طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شوند. زئولیت‌های طبیعی در ابتدا به صورت یک جزء فرعی اما به صورت گسترده در حفره‌های بازالتی شناسایی شدند. از نظر صنعتی زئولیت‌های طبیعی دارای کاربردهای کمی می‌باشند که دلیل آن یکنواخت نبودن خواص آن‌ها است. ایران پتانسیل بالایی در زمینه استخراج زئولیت دارا می‌باشد. کانسارهای زئولیت ایران در نواحی دماوند، سمنان، کرمان، گردنه نعل شکن (جاده قم-تهران) کوه‌های جنوبی تهران (کوه مره) و اطراف حوض سلطان شناسایی شده‌اند. مساعدترین نواحی معادن زئولیت، جنوب دماوند، اطراف ورامین، جنوب کوه‌های طلحه و همچنین سمنان می‌باشد (Sadeghi Lari *et al.*, 2010). زئولیت‌های مصنوعی مواد شیمیایی ویژه‌ای با خلوص

* نویسنده مسئول: khodarahmi1372@gmail.com

بالا هستند که دامنه‌ی کاربرد وسیعی دارند. تشکیل زئولیت‌ها مستلزم ایجاد درجه حرارتی در حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد و ده‌ها اتمسفر می‌باشد. نوع زئولیت به دست آمده به واسطه شرایط تولید تعیین می‌شود. افزودن زئولیت به خاک‌های شنی، قابلیت نگهداری آب و نیتروژن قابل جذب را افزایش می‌دهد. همچنین این کانی طبیعی در نگهداری پتاسیم، کلسیم، منیزیم و سایر عناصر ریزمغذی نیز مؤثر می‌باشد (Polat *et al*., 2004). کانی‌های زئولیتی به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، مقدار زیادی از یون‌های آمونیوم را جذب می‌کنند (Celik *et al*., 2001). مطالعه و بررسی نسبت‌های متفاوت زئولیت (۰، ۲، ۴ و ۸ گرم زئولیت بر کیلوگرم خاک) در بررسی میزان آبشویی نیترات و آمونیوم از خاک لوم شنی نشان داد که استفاده از این کانی می‌تواند در جلوگیری از آبشویی نیترات و آمونیوم مؤثر باشد (Sepaskhah and Yousefi, 2007). در تحقیق دیگری اثر زئولیت (۰، ۰/۵، ۱، ۲، ۳ و ۴ گرم زئولیت بر کیلوگرم خاک) بر کاهش آبشویی نیترات مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج نشان داد این کانی (زئولیت) علاوه بر کاهش آبشویی نیترات (بالاترین کاهش آبشویی مربوط به تیمار ۴ گرم زئولیت بر کیلوگرم خاک بود) سبب کاهش نیاز به کوددهی نیز شد (Perez *et al*., 2008). یکی از مشکلات در کشاورزی، پایین بودن کارآیی مصرف آب و کود می‌باشد. بیشتر کودهای شیمیایی مصرفی از خارج وارد می‌شود که این مسئله باعث بالا رفتن هزینه تولید محصول و آلودگی محیط زیست مخصوصاً آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. از مهم‌ترین راهکارهای افزایش راندمان کاربرد آب و کود، حل کردن کودها در آب آبیاری در روش‌های آبیاری بارانی یا سطحی، کاربرد هیدروژل‌های غنی شده با مواد غذایی مورد نیاز گیاه است. هیدروژل‌های سوپرجاذب یا ژل‌های پلیمری آب دوست، هیدروژل‌هایی هستند که می‌توانند مقادیر فوق‌العاده زیادی آب را جذب کنند (Barvenik, 2007). ذرات هیدروژل سوپرجاذب بدون حل شدن تا رسیدن به حجم تعادلی خود متورم می‌شوند. از ویژگی‌های سوپرجاذب‌ها می‌توان به توانایی جذب آب زیاد، سرعت زیاد جذب و استحکام ژل اشاره کرد. اصلاح محیط ریشه به‌وسیله پلیمرها نتایجی مانند افزایش نگهداشت آب در محیط رشد گیاه، بهبود بافت خاک و افزایش دور آبیاری را به دنبال دارد (Abedi-Koupai *et al*., 2008). با توجه به pH سوپرجاذب که بین ۶ تا ۷ است، اثر سوء بر خاک نداشته و هیچ‌گونه سمیتی نیز ندارد. سوپرجاذب‌ها به علت تغییر حجم مداوم، میزان هوا را در خاک افزایش می‌دهند. عمر مفید سوپرجاذب‌ها در خاک تا ۵ سال گزارش شده است (Koupai and Asadkazemi, 2006). استفاده از مواد سوپرجاذب به عنوان مخزن ذخیره، جهت جلوگیری از اتلاف آب و افزایش راندمان آبیاری است (Abedi koupai *et al*., 2010). عموماً سوپرجاذب‌ها، بی‌رنگ، بی‌بو، بدون خاصیت آلایندگی در خاک یا آب‌های سطحی و زیرزمینی و بافت‌های گیاهی می‌باشند. از نظر بار الکتریکی، دارای انواع آنیونی، کاتیونی و خنثی بوده که نوع آنیونی آن در کشاورزی حائز اهمیت بیشتری می‌باشد. پلیمرهای سوپرجاذب با بالا بردن ظرفیت نگهداری آب در خاک، بهبود دانه‌بندی و ساختمان خاک و نیز افزایش قابلیت ثبات خاکدانه‌ها و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شرایط بهتری را برای رشد و نمو گیاه زراعی خصوصاً در شرایط تنش خشکی فراهم می‌کنند (Abedi Koupai *et al*., 2010). وقتی پلیمر در مقابل اکسیژن موجود در آب قرار می‌گیرد، دافعه شدیدی بین آن‌ها ایجاد می‌گردد و در نتیجه زنجیرهای پلیمر از هم فاصله بیشتری گرفته و آب بیشتری در خود جای می‌دهند. بدین ترتیب پلیمر از حالت کلافی خارج و آب محیط اطراف خود را تا چندین برابر جذب می‌کند. وقتی محیط اطراف ماده عاری از آب شد عکس حالت فوق اتفاق می‌افتد. بر خلاف مواد اسفنجی که جذب آب در آن‌ها فیزیکی است، جذب آب در هیدروژل‌ها به صورت شیمیایی صورت می‌گیرد، به همین دلیل سوپرجاذب‌ها قادر به نگهداری آب جذب کرده خود می‌باشند، ولی به محض خشک شدن خاک (وارد شدن مکش از سمت خاک به سوپرجاذب) و نیاز ریشه، آب را به سهولت در اختیار آن قرار می‌دهند (Movahedi Naeini, 2004). هیدروژول سوپرجاذب می‌تواند وظیفه‌ی سیستم‌های آزادسازی کنترل‌شده مواد شیمیایی را به‌وسیله‌ی کمک در نگهداشت اجزای مواد غذایی، حفاظت کامل آن‌ها و تأخیر در زمان انحلالشان انجام دهد (Liu *et al*., 2005). هیدروژول‌های به کار رفته در کشاورزی از نوع پلی اکریل آمید می‌باشند. در بررسی کاربرد سوپرجاذب، آبشویی نیترات از خاک کاهش یافته و میزان جذب آن بیشتر شده است (Egrinya Enejiv *et al*., 2013). گرچه تاکنون مطالعاتی روی اثر زئولیت بر کاهش آبشویی نیترات در شرایط اشباع خاک انجام شده است ولی تاکنون اثر کاربرد زئولیت و سوپر جاذب بر آبشویی نیترات تحت یک شرایط آزمایشی و در شرایط غیر اشباع بررسی نشده است که این موضوع هدف این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش ها

این پژوهش در دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز در ماه پایانی بهار و دو ماه اول تابستان سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل دو تیمار زئولیت و سوپر جاذب، هر کدام در سه سطح (M0، M2 و M5 به ترتیب شامل

صفر، دو و پنج گرم در هر کیلوگرم خاک یا ۰، ۰/۲ و ۰/۵ درصد وزنی و M0 به عنوان شاهد در نظر گرفته شد) و چهار تکرار بود. آزمایش در قالب یک طرح بلوک کاملاً تصادفی و به‌صورت دو آزمایش مستقل انجام شد. منظور از آزمایش مستقل این بود که هر تیمار بعد از آبیاری با تیمار شاهد به صورت منفرد مقایسه شد. در ماه‌هایی که آزمایش انجام شد بارش نداشتیم. برای تعیین درصد عناصر کربن و نیتروژن موجود در زئولیت و سوپر جاذب از دستگاه تحلیل عنصری مدل (vario ELIII-elementar) ساخت کشور آلمان استفاده گردید. با توجه به اینکه طول مدت این آزمایش و میزان کود وارد شده به ستون‌های خاک مطابق دوره کشت گیاه ذرت بود، لذا توضیحات مختصری در مورد گیاه ذرت ارائه می‌شود. ذرت یکی از گیاهان زراعی است که اغلب در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب گرمسیری کشت می‌شود اما این گیاه قدرت سازگاری زیادی داشته و امکان کشت آن در مناطق سردسیر نیز وجود دارد و از لحاظ تولید جهانی، بعد از گندم در رتبه دوم قرار دارد. در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای کشور حدود ۲۳۳ هزار هکتار برآورد شده است که میزان تولید این محصول راهبردی در کشور حدود ۱/۶۶ میلیون تن با میانگین معادل ۷/۱ تن در هکتار در کشور است (Agricultural Jihad Organizathion Statistical., 2017)

ستون‌های مورد استفاده:

ستون‌های مورد استفاده در این پژوهش، لوله‌های پلیکا به قطر ۱۰/۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر بودند. به منظور جلوگیری از خروج خاک، انتهای استوانه‌ها توسط کاغذ صافی و توری پلاستیکی، مفتول سیمی و درپوش پلاستیکی که روی آن سوراخ‌هایی تعبیه شده بود، مسدود گردید. سپس قیف‌هایی برای سهولت خروج زهاب به انتهای ستون‌های خاک وصل گردید. برای زهکشی آزاد خاک، پنج سانتی‌متر اول ستون‌ها از کف با شن به قطر پنج تا ۱۰ میلی‌متر پر گردید. به منظور کاهش جریان ترجیحی، قبل از ریختن خاک در ستون‌ها، دیواره آن‌ها به وسیله گریس چرب گردید. آماده سازی خاک نیز به این ترتیب انجام شد که ابتدا خاک در هوای آزاد خشک و پس از کوبیده شدن از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. با توجه به جرم مخصوص ظاهری خاک مزرعه با بافت لوم (۱/۴۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و حجم ستون خاک (۳۲۴۱ سانتی‌متر مکعب)، مقدار ۴۷۹۷ گرم خاک برای پر کردن هر ستون تا ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری لازم بود. میزان زئولیت و سوپرجاذب به‌صورت مجزا برای هر ستون محاسبه و با خاک مخلوط شد. در مجموع ۹/۶ گرم برای تیمار دو گرم بر کیلوگرم خاک و ۲۴ گرم برای تیمار پنج گرم بر کیلوگرم خاک از زئولیت و سوپرجاذب به‌صورت مجزا وزن و هر یک با خاک وزن شده برای هر ستون (۴۷۹۷ گرم) مخلوط گردید و در کل آزمایش شامل چهار ستون تیمار دو گرم زئولیت، چهار ستون تیمار پنج گرم زئولیت، چهار ستون تیمار دو گرم سوپرجاذب، چهار ستون تیمار پنج گرم سوپرجاذب بر کیلوگرم خاک و مابقی ستون‌های خاک شاهد بودند. برای جلوگیری از فشردگی خاک هنگام پر کردن ستون‌ها، از یک قیف بلند استفاده شد و هم‌زمان به ستون خاک به طور منظم ضرباتی زده شد تا یکنواختی قرارگیری ذرات خاک در ستون حفظ شود. شکل (۱) ستون‌های مورد آزمایش و نحوه پر کردن آن‌ها از خاک را نشان می‌دهد. برای وارد کردن نیترات به ستون‌های خاک از کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص استفاده شد. میزان کود اوره مطابق نیاز کودی گیاه ذرت در منطقه که ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن یا ۴۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار می‌باشد، در نظر گرفته شد. کود اوره به صورت سرک برای هر ستون محاسبه و در هفته‌های یک، شش و ۱۲ام (هم‌زمان با برنامه کود دهی در منطقه برای کشت ذرت) به ستون‌های خاک اضافه گردید. سپس ستون‌های خاک روی شبکه فلزی با پایه‌های ۱۲۰ سانتی‌متر قرار داده شدند و برای جمع‌آوری زهاب خروجی از ستون‌ها یک صفحه فلزی زیر شبکه فلزی قرار گرفت و سپس ظرف‌هایی بر روی صفحه زیر هر قیف متصل به ستون‌ها قرار گرفتند. آبیاری ستون‌ها به وسیله آب شهری انجام شد. همچنین برای سهولت در اعمال آبیاری، سرم‌هایی در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری، آویخته به میله‌های فلزی که روی شاسی تعبیه شده بود، روی ستون‌ها قرار گرفتند (استفاده از سرم قابلیت تعیین زمان آبیاری و اعمال میزان آبیاری به طور دقیق را فراهم کرد). آبیاری ستون‌های خاک نیز بر اساس وزن از دست رفته ستون خاک شاهد (روش وزنی) و اعمال ۱۵ درصد آبشویی (جهت خروج زهاب) انجام شد؛ بدین صورت که یک ستون مجزا (ابعاد دقیقاً مطابق لوله‌های آزمایش) با خاک شاهد پر گردید و با داشتن اطلاعات خاک از قبیل رطوبت ظرفیت زراعی موجود (FC) و رطوبت نقطه پژمردگی دائم (PWP) و با خارج شدن رطوبت سهل‌الوصول (MAD=٪۵۰) اقدام به آبیاری گردید. تعداد آبیاری‌ها شامل ۱۵ آبیاری (به‌طور متوسط هفته‌ای دو آبیاری) و میزان آب وارد شده به هر ستون در هر آبیاری حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر بود. بعد از هر آبیاری نمونه‌های زهاب به آزمایشگاه منتقل و به منظور تعیین غلظت نیترات محلول‌های مورد مطالعه، از دستگاه اسپکتروفتومتری مدل (DR5000) و در طول موج ۴۰۰ میکرومتر و از روش ماوراء بنفش استفاده گردید (Mulvaney, 1996). سپس روند حرکت نیترات در خاک تحت تأثیر کاربرد سطوح مختلف زئولیت و سوپرجاذب و در طول آبیاری‌ها بررسی و نتایج آزمایش و مقایسه اثرات فاکتورها با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. مشخصات

خاک و خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در تحقیق به ترتیب در جدول‌های (۱) و (۲) آورده شده است.

زئولیت مورد استفاده در تحقیق از نوع زئولیت پتاسیمی از معدن زئولیت آبگرم در استان سمنان و سوپر جاذب مورد استفاده از نوع A200 تولید شده توسط شرکت نانو هورسان واقع در کرج تهیه شد. خصوصیات زئولیت پتاسیمی و برخی از خصوصیات کلی سوپر جاذب A200 به ترتیب در جدول‌های (۳) و (۴) آورده شده است.

شکل ۱- ستون‌های آزمایشگاهی مورد استفاده در پژوهش

جدول ۱- مشخصات خاک مورد استفاده

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	تخلخل (درصد)	جرم مخصوص واقعی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	بافت	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)
۷/۷۷	۲/۴۳	۴۲	۲/۶	۱/۴۸	لوم	۱۲/۳	۴۷/۷	۴۰

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده

کلسیم	منیزیم	سدیم	کلر	سولفات	بی کربنات	کربنات	نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر)	SAR
(میلی اکی والان بر لیتر)									–
۷/۷۹	۶/۸۵	۵/۲۳	۱۳	۹/۸	۱۰	۰	۷/۵	۲/۲	۴/۶۲

جدول ۳- ترکیبات زئولیت پتاسیمی مورد استفاده (Malekian *et al.*, 2011)

پنتا اکسید دی فسفر	منیزیم اکسید	تیتانیوم اکسید	پتاسیم اکسید	سدیم اکسید	کلسیم اکسید	دی فرو تری اکسید	دی آلومینیوم تری اکسید	سیلیسیم اکسید
(درصد)								
۰/۰۰۶	۰/۰۱۷	۰/۱۵۳	۳/۴۳	۳/۱۰	۱/۱۲	۰/۹۱	۶/۶۷	۷۰/۲۵
کروم	نیکل	سرب	روی	مس	استرانسیوم	باریوم	کلر	گوگرد تری اکسید (درصد)
(قسمت در میلیون)								
۶	۵	۲۷	۲	۵۶	۶۶۶	۱۱۵۸	۲۰۴۹	۰/۶۰

جدول۴- برخی از خصوصیات کلی سوپر جاذب A200 (Kent *et al.*, 2009)

مشخصات	A200
رطوبت (درصد)	۷-۵
چگالی (مگا گرم بر متر مکعب)	۱/۱-۴/۵
اسیدیته محلول آبی	۷-۶
اندازه ذرات (میکرومتر)	۲۵۰-۱۰۰
ظرفیت جذب آب مقطر (گرم بر گرم)	۲۲۰
ظرفیت جذب آب شهر (گرم بر گرم)	۱۹۰

نتایج و بحث

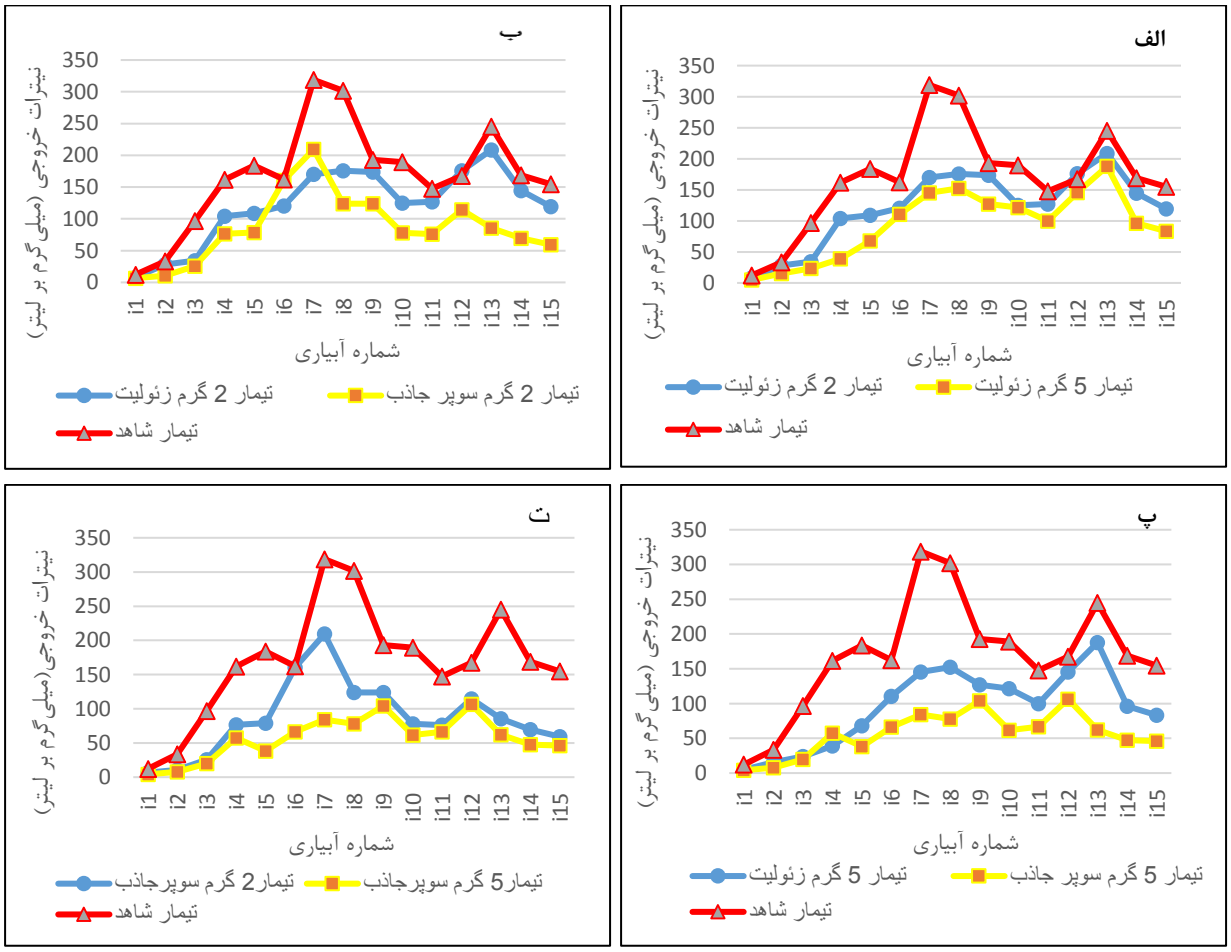
مقایسه نتایج مقادیر کربن، نیتروژن و هیدروژن زئولیت پتاسیمی و سوپرجاذب A200 در جدول (۵) نشان می‌دهد که سوپرجاذب A200 نسبت به زئولیت پتاسیمی دارای مقادیر بیشتری کربن می‌باشد. این نتایج نیز بر اساس مورفولوژی و ساختار منظم‌تر شبکه خلل و فرج سوپرجاذب که با دستگاه الکترونی روبشی در بزرگنمایی ۵۰۰ مشاهده شد، نسبت به زئولیت قابل پیش‌بینی بود. بالاتر بودن نسبی میزان نیتروژن در سوپرجاذب نسبت به زئولیت نیز می‌تواند بیانگر حضور بیشتر گروه‌های آمونیوم در سوپرجاذب باشد. بدیهی است وجود گروه‌های آمونیوم در یک جاذب به علت دارا بودن بار مثبت، باعث افزایش توانایی آن، برای جذب یون‌هایی با بار منفی می‌گردد.

سوپرجاذب با جذب آب متورم می‌شود. در تحقیق حاضر نیز تورم سوپرجاذب با جذب آب سبب تورم خاک در ستون‌های حاوی سوپرجاذب شد اما با توجه به کم بودن مقدار سوپرجاذب در خاک (دو و پنج گرم بر کیلوگرم خاک) این میزان تورم چشمگیر نبود.

شکل (۲) مقایسه میزان نیترات خروجی تیمار شاهد با تیمارهای دو و پنج گرم زئولیت در کیلوگرم خاک (شکل (۲)-الف)، دو گرم سوپر جاذب و دو گرم زئولیت (شکل ۲-ب)، پنج گرم سوپر جاذب و پنج گرم زئولیت (شکل ۲-پ) و دو و پنج گرم سوپر جاذب (شکل ۲-ت) را نشان می‌دهد.

جدول۵- مقادیر کربن، نیتروژن و هیدروژن زئولیت پتاسیمی و سوپرجاذب A200

خصوصیت	زئولیت پتاسیمی	سوپرجاذب A200
کربن (درصد)	۲۷	۲۹/۸۳
نیتروژن (درصد)	۰/۴	۰/۵
هیدروژن (درصد)	۱/۲۷	۴/۳۷

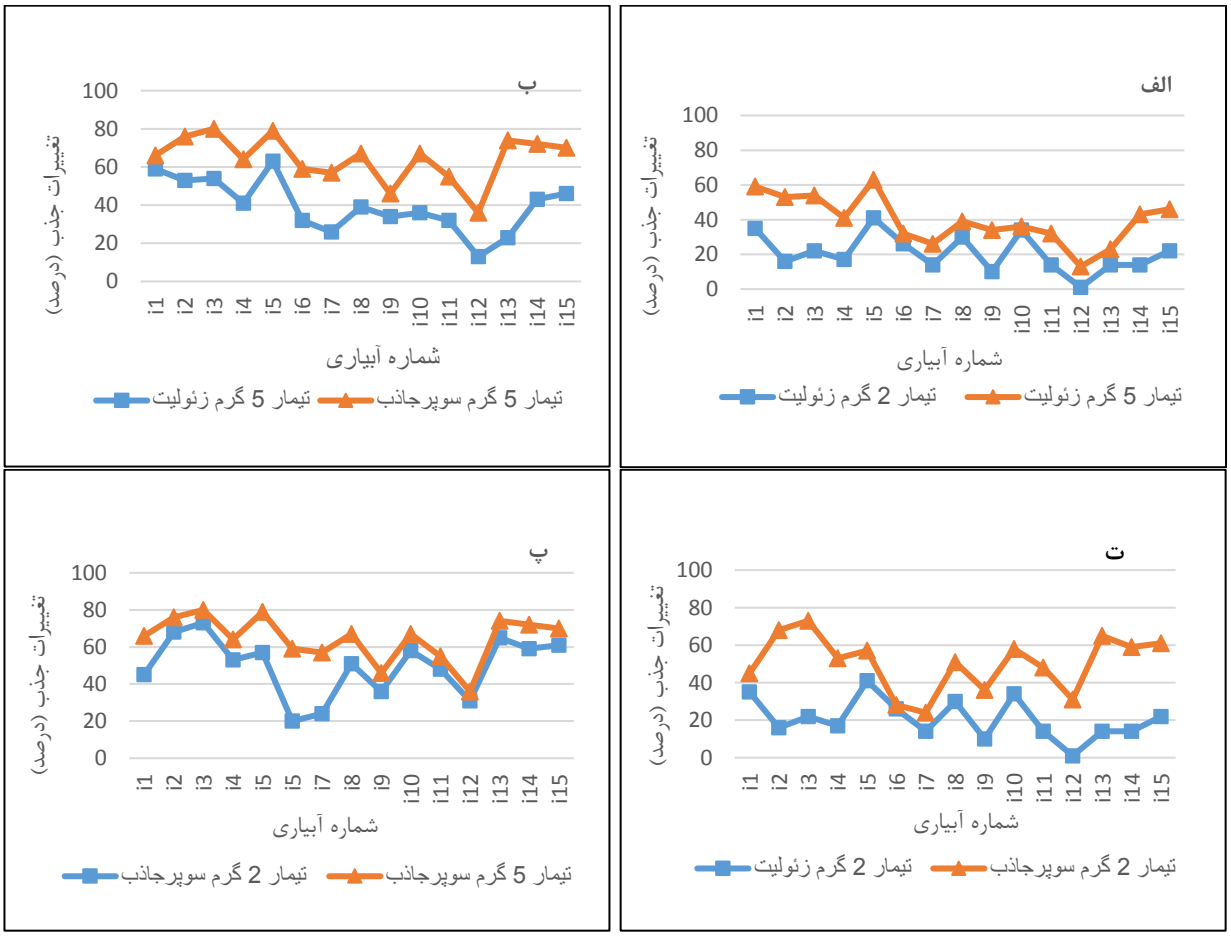


شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف زئولیت و سوپر جاذب در جلوگیری از آبشویی نیترات و مقایسه اثر تیمارها با یکدیگر

مطابق شکل (۲) بیشترین آبشویی نیترات مربوط به تیمار شاهد بوده و همچنین نقاط اوج این نمودار نشان دهنده بالاترین خروجی نیترات است که در آزمایش‌های (آبیاری‌ها) ۷ و ۱۳ رخ داده است، که علت این امر می‌تواند کوددهی در آبیاری‌های ۶ و ۱۲ باشد. شیب نمودار نیترات خروجی در کوددهی اول (آبیاری اول) همانند هفته‌های ۷ و ۱۳ نبوده و نمودار یک روند صعودی ملایم تا آبیاری ۴ را نشان می‌دهد که به نظر می‌رسد علت این پدیده ظرفیت بالای جذب جاذب‌ها (۶۰ درصد جذب) در اوایل آزمایش‌ها (آبیارها) باشد. برای تیمار ۵ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک نیز با وجود عملکرد بسیار مطلوب نسبت به تیمار شاهد، نوسانات نموداری این تیمار (شکل ۲- ت) تقریباً مشابه تیمار شاهد بوده، با این تفاوت که نقاط اوج خروجی نیترات در حضور سوپرجاذب در آبیاری‌های ۹ و ۱۲ بوده و همچنین بین آبیاری‌های ۵ تا ۶ و ۸ تا ۹ نمودار روندی وارونه را نسبت به کل نشان می‌دهد (نوسانات جذبی در حضور سوپرجاذب) که به نظر می‌رسد علت این امر پر شدن ظرفیت جذبی سوپرجاذب در بازه‌های زمانی ذکر شده باشد. نمودار تیمار ۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک نیز در فرایند جذب نیترات روندی مشابه را نشان

می‌دهد و نقاط اوج (بیشترین) نیترات خروجی در حضور این تیمار در آبیاری‌های ۸ و ۱۳ (به ترتیب ۲ و ۱ هفته پس از کوددهی) رخ داده است. از آبیاری ۸ (دو هفته پس از کوددهی) تا آبیاری ۱۱ نمودار نیترات خروجی در حضور زئولیت ۵ گرم در کیلوگرم خاک روندی نزولی داشته و بین آبیاری ۱۱ تا ۱۲ روندی وارونه (صعودی) را نشان می‌دهد و از آبیاری ۱۲ روند صعودی بوده که علت این پدیده، کوددهی در آبیاری ۱۲ است. به‌طور کلی تیمار ۵ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک نسبت به تیمار ۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک در جلوگیری از آبشویی نیترات عملکرد بهتری را از خود نشان داده است (شکل ۲-پ). در خصوص تیمار سوپرجاذب و زئولیت (۲ گرم در کیلوگرم خاک) نیز مشاهده گردید که تیمار سوپرجاذب در تمامی آبیاری‌ها به جز آبیاری‌های ۶ و ۷ نسبت به تیمار زئولیت عملکرد بهتری در جلوگیری از آبشویی نیترات دارد (شکل ۲-ب). به نظر می‌رسد دلیل این اتفاق پر شدن ظرفیت جذبی سوپر جاذب در این دو آبیاری باشد.

شکل (۳) مقایسه میزان جذب نیترات بر حسب درصد بین تیمارهای دو و پنج گرم زئولیت (شکل ۲-الف)، پنج گرم سوپر جاذب و پنج گرم زئولیت (شکل ۲-ب)، دو و پنج گرم سوپر جاذب (شکل ۲-پ) و دو گرم سوپر جاذب و دو گرم زئولیت در کیلوگرم خاک (شکل ۲-ت) را نشان می‌دهد.



شکل ۳- جذب نیترات در حضور تیمارهای زئولیت و سوپرجاذب بر حسب درصد

مطابق شکل (۳-الف و پ) مشاهده می‌شود که سطح ۵ گرم در کیلوگرم خاک از مواد زئولیت و سوپرجاذب نسبت به سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک از این مواد، تقریباً در تمام آبیاری‌ها درصد جذب بالاتری از نیترات را داشته است. برای تیمار ۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک به طور میانگین ۳۹ درصد جذب (کاهش) نیترات مشاهده می‌شود. در همین تیمار بالاترین و پایین‌ترین میزان جذب نزدیک به ۶۰ درصد (آبیاری‌های یک و پنج) و ۱۷ درصد (آبیاری ۱۲) نسبت به تیمار شاهد قابل مشاهده است. همچنین در تیمار ۵ گرم سوپر جاذب در کیلوگرم خاک به طور میانگین ۶۴ درصد جذب (کاهش) نیترات مشاهده می‌شود. در همین تیمار، بالاترین و پایین‌ترین میزان جذب تا حدود ۸۰ درصد (در آبیاری‌های یک و پنج) و ۴۰ درصد (در آبیاری ۱۲) نسبت به تیمار شاهد قابل مشاهده است. با کم شدن میزان مواد زئولیت و سوپر جاذب در خاک (از پنج گرم به دو گرم در کیلوگرم

خاک) میزان جذب نیترات نیز کاهش پیدا کرده است.

همچنین نتایج تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد که اثر زئولیت در تمام ۱۵ آبیاری (به جز آبیاری ۶) و سوپرجاذب در تمام آبیاری‌ها برای تیمارهای ۵ گرم در کیلوگرم خاک در سطح ۵ درصد بر کاهش آبشویی نیترات معنی‌دار بود. مقایسه میانگین (جدول ۷) بین سطوح مختلف ۲ و ۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک نشان داد که در آبیاری‌های (آزمایش‌ها) ۶، ۸ و ۱۰ تفاوت معنی‌داری وجود نداشته و در مابقی آبیاری‌ها تفاوت بین این دو سطح در جلوگیری از آبشویی نیترات معنی‌دار بود (جدول ۷). بین سطوح مختلف ۲ و ۵ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در آبیاری‌های ۳، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ تفاوت معنی‌داری وجود ندارد، اما در مابقی آبیاری‌ها این تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۷).

جدول۶- تجزیه واریانس اثر زئولیت و سوپرجاذب بر جلوگیری از آبشویی نیترات

تیمار زئولیت			تیمار سوپرجاذب	
شماره آبیاری	درجه آزادی	میانگین مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات
۱	۲	۵۴*	۲	۶۹*
۲	۲	۳۳۷*	۲	۷۷۷*
۳	۲	۶۴۵۲*	۲	۷۳۵۰*
۴	۲	۱۵۰۴۸*	۲	۱۲۳۰۹*
۵	۲	۱۳۸۰۳*	۲	۲۲۷۷۷*
۶	۲	۳۰۳۹ns	۲	۱۲۱۱۲*
۷	۲	۸۱۲۴*	۲	۱۹۲۰۱*
۸	۲	۱۰۵۷۴*	۲	۳۵۵۹۲*
۹	۲	۶۱۷۸*	۲	۱۱۱۸۹*
۱۰	۲	۶۵۷۰*	۲	۱۹۴۶۴*
۱۱	۲	۲۲۴۸*	۲	۷۸۰۱*
۱۲	۲	۳۲۵۴*	۲	۴۴۳۲*
۱۳	۲	۳۳۵۳*	۲	۲۶۱۵۴*
۱۴	۲	۸۶۹۴*	۲	۱۶۶۶۰*
۱۵	۲	۵۰۸۷*	۲	۱۴۰۶۶*

***و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵ درصد و عدم معنی‌داری**

در حالت کلی، آبشویی نیترات در سطح پایین زئولیت و سوپرجاذب بیشتر بوده و با افزایش مقدار این دو ماده، آبشویی کاهش داشته است (شکل ۲). نتایج نشان داد که تیمار ۲ و ۵ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک به ترتیب به میزان ۲۰ و ۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد در جلوگیری از آبشویی نیترات موفق بودند. نتایج حاضر با مشاهدات Abedi koupai ، Perez *et al*. (2008) *et al*. (2010) و Sadeghi Lari *et al*. (2010) مطابقت دارد، اگرچه آنها اثر زئولیت بر آبشویی نیترات را در شرایط اشباع مورد بررسی قرار دادند. در تحقیق دیگری Moradzadeh *et al*. (2012) تأثیر زئولیت پتاسیمی بر نگهداشت نیترات و آمونیوم در یک خاک لوم شنی در شرایط اشباع را مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل تیمار شاهد، ۲، ۴ و ۸ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک بودند که نیترات خارج شده به‌طور میانگین به ترتیب برابر ۹۳/۸۸، ۷۳/۹۱، ۵۹/۶۲ و ۵۳/۶۱ درصد مقدار اضافه شده به سطح خاک بودند. نتایج نشان داد که با افزایش کاربرد زئولیت، درصد نیترات خارج شده از ستون خاک به صورت خطی کاهش می‌یابد و همچنین تیمار ۲ و ۵ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک به ترتیب ۴۸ و ۶۴ درصد نسبت به تیمار شاهد در جلوگیری از آبشویی نیترات مؤثر بودند (شکل ۳). Mikkelsen *et al*. (1993) گزارش دادند که کاربرد کود ازت همراه با پلیمر سوپرجاذب نوع A200 به میزان ۱۰ درصد وزنی در مزرعه، تلفات آبشویی نیتروژن از ستون خاک را تا ۴۵ درصد طی چهار آبشویی سنگین در مقایسه با کاربرد کود ازت بدون پلیمر کاهش می‌دهد. Islam *et al*. (2011) آزمایشی را با هدف تعیین مقدار آبشویی نیترات در خاک لوم شنی و کشت گیاه ذرت در سه سطح کود ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره با سه مقدار سوپرجاذب (صفر، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم بر هکتار) انجام دادند. نتایج تحقیقات آن‌ها حاکی از آن بود که استفاده از سوپرجاذب به مقدار ۳۰ کیلوگرم بر هکتار به همراه کاربرد کود در سطح ۱۵۰ کیلوگرم اوره، ۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، می‌تواند آبشویی نیترات را به میزان ۶۱/۱ درصد کاهش دهد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر زئولیت و سوپرجاذب بر جلوگیری از آبشویی نیترات

شماره آبیاری	تیمار زئولیت	غلظت نیترات خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)	شماره آبیاری	تیمار سوپر جاذب	غلظت نیترات خروجی (میلی‌گرم بر لیتر)
۱	$M0^a$	۱۳	۱	$M0^a$	۱۳
	$M2^b$	۸		$M2^b$	۷
	$M5^c$	۵		$M5^c$	۴
۲	$M0^a$	۳۴	۲	$M0^a$	۳۴
	$M2^a$	۲۸		$M2^b$	۱۱
	$M5^b$	۱۶		$M5^c$	۸
۳	$M0^a$	۹۸	۳	$M0^a$	۹۶
	$M2^b$	۳۵		$M2^b$	۲۶
	$M5^c$	۲۱		$M5^b$	۱۹
۴	$M0^a$	۱۶۲	۴	$M0^a$	۱۶۱
	$M2^b$	۱۰۴		$M2^b$	۷۶
	$M5^c$	۳۹		$M5^c$	۵۸
۵	$M0^a$	۱۸۳	۵	$M0^a$	۱۸۴
	$M2^b$	۱۰۸		$M2^b$	۷۷
	$M5^c$	۶۸		$M5^c$	۳۸
۶	$M0^a$	۱۶۳	۶	$M0^a$	۱۶۲
	$M2^a$	۱۴۰		$M2^a$	۱۶۰
	$M5^a$	۱۲۰		$M5^b$	۶۶
۷	$M0^a$	۱۹۸	۷	$M0^a$	۲۱۰
	$M2^a$	۱۷۰		$M2^a$	۱۹۸
	$M5^b$	۱۱۰		$M5^b$	۸۵
۸	$M0^a$	۲۵۰	۸	$M0^a$	۲۵۰
	$M2^b$	۱۷۵		$M2^b$	۹۹
	$M5^b$	۱۵۲		$M5^b$	۷۷
۹	$M0^a$	۱۹۳	۹	$M0^a$	۱۹۳
	$M2^a$	۱۷۳		$M2^b$	۱۰۴
	$M5^b$	۱۱۷		$M5^b$	۹۹
۱۰	$M0^a$	۱۹۰	۱۰	$M0^a$	۱۸۹
	$M2^b$	۱۲۴		$M2^b$	۷۸
	$M5^b$	۱۱۵		$M5^b$	۶۱
۱۱	$M0^a$	۱۴۷	۱۱	$M0^a$	۱۴۷
	$M2^a$	۱۲۷		$M2^b$	۷۶
	$M5^b$	۱۰۰		$M5^b$	۶۶
۱۲	$M0^a$	۱۷۶	۱۲	$M0^a$	۱۶۷
	$M2^a$	۱۶۷		$M2^b$	۱۱۴
	$M5^b$	۱۲۲		$M5^b$	۱۰۶
۱۳	$M0^a$	۲۴۵	۱۳	$M0^a$	۲۴۵
	$M2^a$	۲۰۸		$M2^b$	۱۸۷
	$M5^b$	۱۵۷		$M5^c$	۸۵
۱۴	$M0^a$	۱۶۸	۱۴	$M0^a$	۱۶۸
	$M2^a$	۱۴۴		$M2^b$	۶۹
	$M5^b$	۷۸		$M5^c$	۴۷
۱۵	$M0^a$	۱۵۵	۱۵	$M0^a$	۱۵۵
	$M2^a$	۱۲۰		$M2^b$	۵۹
	$M5^b$	۸۳		$M5^c$	۴۶

حروف مشابه به معنی عدم معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن می‌باشد (M0، M2 و M5 به ترتیب صفر (شاهد)، ۲ و ۵ گرم در کیلوگرم خاک زئولیت و سوپر جاذب را نشان می‌دهد).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر بیانگر مؤثر بودن اثر کاربرد زئولیت و سوپرجاذب در کاهش آبشویی نیترات از خاک در حالت غیر اشباع است. با ثابت در نظر گرفتن سایر عوامل به کار رفته در این آزمایش، سوپرجاذب A200 اثر بیشتری بر کاهش آبشویی نیترات نشان داد ولی با تفکیک مقدار به کار رفته از مواد سوپرجاذب و زئولیت، مشاهده شد که بیشترین کاهش آبشویی نیترات با کاربرد ۵ گرم سوپرجاذب در کیلوگرم خاک به دست آمد. همچنین میزان جذب نیترات در مقادیر کمتر زئولیت و سوپرجاذب نیز مشاهده شد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر و تحقیقات مشابه قبلی، با افزودن کود اوره به خاک آبشویی نیترات نیز افزایش می‌یابد ولی می‌توان با استفاده از زئولیت و سوپرجاذب تا حدودی، حاشیه اطمینان بیشتری برای کاربرد این کودها از نظر انتقال آلودگی ایجاد کرد. گرچه برای انتخاب نوع جاذب‌های سوپرجاذب و زئولیت برای افزودن به مزارع کشاورزی می‌بایست عوامل متعددی از جمله اثر آن‌ها بر تغییرات فیزیکوشیمیایی خاک، گیاه، مسایل زیست‌محیطی و اقتصادی را هم در نظر گرفت. بر اساس نتایج حاصله از این تحقیق مشاهده شد که کاربرد زئولیت پتاسیمی و سوپرجاذب نوع A200 در سطح ۵ درصد وزنی تأثیر بیشتری نسبت به ۲ درصد داشته است و به ترتیب تا ۳۹ و ۶۴ درصد از تلفات کود اوره از خاک کاسته شد.

REFERENCES

Abedi Koupai, J. Mousavi, S.F. Motamedi, A. (2010). Effect of clinoptilolite zeolite application on reducing urea leaching from soil. *Journal of Water & Wastewater*, 21(3), 51-57.

Abedi Koupai, J. Sohrab, F. Swarbrick, G. (2008). Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. *Journal of Plant Nutr*, (31), 317-331.

Agricultural Jihad Organizathion Statistical., 2017.

Abedi Koupai, J. Asadkazemi. J. (2006). Effects of hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant under reduced irrigation regimes. *Water Science and Water Technology*, (15), 715-725.

Barvenik, F. W. (2007). Polyacrylamide characteristics related to soil applications. *Journal Soil Sci*, (158), 235-243.

Celik, M. S. Ozdemir, B. Turan, M. (2001). Removal of ammonia by natural clay mineral using fixed and fluidized bed column reactors, *Water Science and Water Technology*, 1(1), 81-88.

Chatterjee, S. Lee, D. S. Lee, M.W. Woo S.H. (2009). Nitrate removal from aqueous solutions by crosslinked chitosan beads conditioned with sodium bisulfate. *Journal of Hazardous Materials*, 16(1), 508-513.

Cho, D.W. Chon, C.M. Jeon, B.H. Kim, Y. Khan, M.A. Song, H. (2010). The role of clay minerals in the reduction of nitrate in groundwater by zero-valent iron. *Journal soil and water sciences*, 81(5), 611-616.

Dozier, M.C. Morgan, G. Sij J. (2008). BMPs to reduce nitrate impacts in groundwater and to assess atrazine and arsenic occurrences in private water wells. *Texas State Soil and Water Conservation Board*, 122(4), 25-30.

Egrinya Enejiv, A. Islam, R. An, P. Amalu, U.C. (2013). Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. *Cleaner Production*, 16(52), 474-480.

Faghihian, H. Mostafavi, A. Mohammadi, A. (2001). Surface modification of analcime for removal of nitrite and nitrate from aqueous solutions, *Journal of Science. Islamic Republic of Iran*, 12(4), 327-332.

Gilbert, P. M. Harrison, J. Heil, C. Seitzinger, S. (2006). Escalating worldwide use of urea – a global change contributing to coastal eutrophication, Biogeochemistry. *Water Science and Water Technology* , (77), 441-463.

Islam, M. R. Mao, S. Xue, X. Eneji, A. E. Zhaoe, X. Hub, Y. (2011). a. A lysimeter study of nitrate leaching, optimum fertilisation rate and growth responses of corn (Zeamays L.) following soil amendment with water-saving super-absorbent polymer. *Science Food Agriculture*, (91), 1990-1997.

Jahed Khaniki, G. Mahdavi, M. Ghasri, A. Saeednia, S. (2008). Investigation of Nitrate Concentrations in Some Bottled Water Available in Tehran. *Iranian Journal of Health and Environment*, 1(1), 45-50.

Kapoor, A. Viraraghavan, T. (1997). Nitrate removal from drinkingwater. *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, (123), 371-380.

Kent, G. A. Douglqss, F. Kasten Dumerose, R. (2009). Root desiccation and drought stress responses of bareroot Quercus rubra seedlings treated with a hydrophililc polymer root dip. *Journal of Agricultural and Biologicaln Science*, (315), 229-240.

Liu, M. Z. Liang, R. Zhan, F. L. Niu, A.(2005). Preparation and Water Absorbent Behavior of Superabsorbent Polyaspartic Acid Resin. *Journal of Polymer Research*, (13), 145-152.

Mikkelsen, R. L., Behel Jr, A. D. Williams, H. M. (1993). Addition of gel-forming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer solutions. *Fertilizer Research*, (36), 55-61.

Moradzadeh, M. Maazed, M. Mohammadzadeh haji khanloo, H. Sadeghi, Lari. (2012). Effect of pthios Zeolite applicathion on storage Nitrate and Ammonium sandy loom soil in saturathion condition. *Soil Research Journal soil and water*

sciences, (1), 100-108. (In Farsi).

Mulvaney R.L. (1996). Nitrogen-inorganic forms. In: Sparks DL (ed). Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods-SSSA Book Series No. 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison. 1123–1184 p.

Movahedi naeini, S. A. (2004). factors offecting Aquasorb polyacryamid Hydration in soil. *Journal of Health and Environment*, 21(5), 61-68.

Perez, R. Caballero, J. Gil, C. Benitez, J. Gonazalez, L. (2008). The effect of adding zeolite to soilsin order to improve the N-K nutrition of olive trees, Preliminary results. *American Journal of Agricultural and Biologicaln Science*, 2(1), 321-324.

Polat, E. Karaca, M. Demir, H. Naci Onus, A. (2004). Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, (12), 183-189.

Sepaskhah, A.R. Yousefi, F. (2007). Effects of zeolite application on nitrate and ammonium retention of a loamy soil under saturated conditions. *Australian Journal of Soil Research*, 45(5), 368-373.

Sadeghi Lari, A. Moazed, H. Hooshmand, A. R. Chorom, M. (2010). Effect of na-zeolite application on nitrate and ammonium retention in a silty loam soil under saturated conditions. *Irrigation Science and Engineering (Scientific Journal of Agriculture*), 33(1), 31-43.

Soleimani, M. Ansari, A. Haj Abbasi, M. A. Abedi-Kopai, J. (2008). Investigation of Nitrate and Ammonium Removal from Groundwater by Mineral Filters. *Water & Wastewater*, 19(3), 18-26.

Tsintskaladze, G. Eprikashvili, L. Urushadze, T. Kordzakhia, T. Sharashenidze, T. Zautashvili, M. Burjanadze, M. (2016). Nanomodified natural zeolite as a fertilizer of prolonged activity. *annals of agrarian science*, (14), 163-168.

Zaghloul, R.A. Mohamed, Y.F.Y. Rasha, M. (2016). Influential Cooperation between Zeolite and PGPR on Yield and Antimicrobial Activity of Thyme Essential Oil. *International Journal of Plant & Soil Science*, 13(1), 1-18.