

نقش سوپر جاذب Superab A200 در تعدیل تنش‌های رطوبتی خاک و اثر آن بر پویایی نیتروژن و فعالیت‌های آنزیمی آلکالاین فسفاتاز و اوره‌آز خاک

فرشته رجایی^{۱*} و فایز رئیسی^۲

چکیده

رشد و فعالیت ریز جانداران در خاک‌های خشک و نیمه خشک همواره با تنش‌های دائم خشکی روبه‌رو است. هدف این مطالعه بررسی نقش سوپر جاذب Superab A200 در کاهش تنش‌های خشکی و اثر آن بر پویایی نیتروژن و فعالیت آنزیمی خاک‌های شنی و رسی است. این آزمایش به صورت فاکتوریل شامل سه فاکتور: (۱) بافت خاک (رسی و شنی)، (۲) سوپر جاذب در ۴ سطح (۰، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد وزنی) و (۳) رطوبت خاک (۳۰٪ و ۷۰٪ ظرفیت مزرعه) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار تحت شرایط انکوباسیون اجرا شد. مصرف سوپر جاذب بر تمام شاخص‌های بیولوژیک اندازه‌گیری شده اثر مثبت و معنی‌دار داشت، ولی شدت تأثیر به مقدار مصرف آن، نوع بافت و میزان رطوبت خاک بستگی دارد. معدنی شدن نیتروژن، آمونیفیکاسیون، نیتریفیکاسیون، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم‌ها در خاک رسی با رطوبت ۷۰٪ ظرفیت مزرعه بیشترین مقدار را نشان دادند. فعالیت‌های بیولوژیکی در خاک رسی (احتمالاً به دلیل دارا بودن کربن آلی بیشتر) و در رطوبت بهینه حداکثر بود. اثر رطوبت و بافت خاک بر تمامی فعالیت‌های بیولوژیکی اندازه‌گیری شده معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که مقدار آمونیفیکاسیون و نیتریفیکاسیون جمعاً با افزایش سطوح سوپر جاذب افزایش یافت و کاربرد آن در سطوح پایین اثر بیشتری داشت. تولید نیترات و آمونیوم با افزودن ۰/۱ درصد سوپر جاذب با سرعت بیشتری نسبت به سطوح دیگر افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های خاک، پویایی نیتروژن، تنش خشکی، سوپر جاذب، مناطق خشک و نیمه خشک و معدنی شدن نیتروژن.

ارجاع: رجایی ف. و رئیسی ف. ۱۳۸۹. نقش سوپر جاذب Superab A200 در تعدیل تنش‌های رطوبتی خاک و اثر آن بر پویایی نیتروژن و فعالیت‌های آنزیمی آلکالاین فسفاتاز و اوره‌آز خاک. مجله پژوهش آب ایران. ۴(۷): ۱۳-۲۴.

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- دانشیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

* نویسنده مسئول: frajaei88@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۳۰

مقدمه

آب یکی از مهمترین و اساسی‌ترین عوامل حیات و پیشرفت است و بخش لاینفک هر موجود زنده و حتی جزو زنده و اصلی هر خاک حاصل‌خیز می‌باشد. عمده‌ترین مصرف‌کننده منابع آب کشور بخش کشاورزی است و نتایج برخی گزارش‌ها حاکی از این است که بیش از ۹۰ درصد از حجم آبی که در کشور استفاده می‌شود، صرف تولیدات کشاورزی می‌شود و در نتیجه بیشترین حجم تلفات آب نیز مربوط به این بخش است (دراجی و همکاران، ۱۳۸۹). مهم‌تر اینکه میانگین بارندگی سالانه کشور کمتر از ثلث میانگین بارندگی سالانه کره زمین است. بر این اساس، استفاده معقول از آب در کشاورزی نیاز به برنامه‌ریزی و سرمایه‌گذاری صحیح دارد (سلامت و توکلی، ۱۳۷۸).

از سوی دیگر، اغلب میکروبیوم‌های خاک برای فعالیت معمول خود به ۸۰-۶۰٪ رطوبت ظرفیت مزرعه، آب نیاز دارند و هرگونه افزایش یا کاهش رطوبت خاک از دامنه مطلوب آن باعث کاهش فعالیت آن‌ها می‌شود (کیلهم، ۱۹۹۴؛ کنانت و همکاران، ۲۰۰۰). وجود رطوبت کافی در خاک برای رشد و فعالیت این موجودات ضروری است تا واکنش‌های متابولیک و بیوشیمیایی خاک دچار اختلال جدی نشود. به طوری که ثابت شده است تنش‌های خشکی می‌توانند نقش این موجودات را در خاک و حاصل‌خیزی آن کم رنگ کنند (روپر و گوپتا، ۱۹۹۵؛ کنانت و همکاران، ۲۰۰۰). رطوبت خاک هم به طور مستقیم بر میزان آب موردنیاز موجودات خاک برای انجام فعالیت‌های آن‌ها و همچنین تحرک ریزجانداران و هم به طور غیر مستقیم از طریق تغییر وضعیت خلل و فرج و تهویه خاک بر میزان و شدت فعالیت این موجودات مؤثر است (کیلهم، ۱۹۹۴). با توجه به نقش اساسی آب بر فعالیت ریزجانداران خاک، تأمین رطوبت موردنیاز میکروبیوم‌ها برای رشد و فعالیت بهتر امری اجتناب‌ناپذیر است. مهم‌تر اینکه رطوبت خاک عامل محدود کننده فعالیت‌های میکروبی در خاک‌های خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد (کیلهم، ۱۹۹۴). بر این اساس برای فعالیت‌های کشاورزی مقرون به صرفه باید حفاظت و نگهداری آب و خاک در حالت طبیعی آن به موازات هم پیش روند. برای رسیدن به این اهداف اقداماتی از قبیل استفاده از مالچ، کاربرد کود سبز و استفاده از مواد اصلاح کننده نظیر سوپر جاذب‌ها متداول

شده است (دراجی و همکاران، ۱۳۸۹؛ کوچک زاده و همکاران، ۱۳۷۹؛ السعید و همکاران، ۲۰۰۰؛ دراجی و همکاران، ۲۰۱۰؛ آگا و همکاران، ۲۰۱۰). پلیمرهای سوپر جاذب می‌توانند مقادیر زیادی آب یا محلول‌های آبی را جذب نموده و متورم شوند (بوش هلز و گراهام، ۱۹۹۷؛ امیدیان و همکاران، ۲۰۰۵؛ مون و همکاران، ۲۰۱۰؛ امیدیان و پارک، ۲۰۱۰؛ ظهوریان و همکاران، ۲۰۱۰). این مخازن ذخیره کننده آب وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند آب آبیاری و بارندگی را به خود جذب نموده و از فرونشست آن جلوگیری می‌نمایند و پس از خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی و بدون نیاز به آبیاری مجدد، مرطوب می‌ماند (کوچک زاده و همکاران، ۱۳۷۹؛ امیدیان و همکاران، ۲۰۰۵). درباره نقش این مواد در بهبود بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (دراجی و همکاران، ۱۳۸۹؛ نادری و واشقانی فراهانی، ۱۳۸۵؛ مامدوف و همکاران، ۲۰۰۷؛ بی‌هارواج و همکاران، ۲۰۰۷؛ آگا و همکاران، ۲۰۱۰؛ بایی، ۲۰۱۰؛ دراجی و همکاران، ۲۰۱۰) و رشد گیاه (هاترمن و همکاران، ۱۹۹۹؛ عابدی کویایی و اسدی کاظم، ۲۰۰۶؛ آگا و همکاران، ۲۰۱۰؛ بایی، ۲۰۱۰؛ دراجی و همکاران، ۲۰۱۰) مطالعات فراوانی صورت گرفته است. اما در زمینه تأثیر این مواد بر خصوصیات میکروبیولوژیک خاک مطالعات بسیار محدود هستند. افزودن این مواد به خاک باعث تغییراتی در فازهای جامد، گاز و مایع موجود در خاک می‌شود به نحوی که پس از اضافه کردن آن‌ها به خاک درصد بخش‌های جامد و گاز کاهش و درصد بخش مایع افزایش می‌یابد (دراجی و همکاران، ۱۳۸۹؛ آگا و همکاران، ۲۰۱۰؛ بایی، ۲۰۱۰؛ دراجی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین بر اثر اعمال تناوب خشکی و رطوبت، حجم خاک افزایش می‌یابد. پلیمرهای سوپر جاذب با نگهداری آب در خاک شنی، تغییر توزیع اندازه حفرات خاک و کاهش تبخیر فیزیکی، میزان آب در دسترس گیاه را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهند (نادری و واشقانی فراهانی، ۱۳۸۵؛ آگا و همکاران، ۲۰۱۰؛ بایی، ۲۰۱۰؛ دراجی و همکاران، ۲۰۱۰). السعید و همکاران (۲۰۰۰) هم در نتیجه کاربرد سوپر جاذب‌ها بهبود ظرفیت نگهداری رطوبت و افزایش آب قابل استفاده گیاه را گزارش کردند. اختر و

را حتی در خاک لومی و رس سیلتی نیز افزایش داد. به هر ترتیب، اثر کاربرد این مواد بر فعالیت‌های زیستی خاک مورد مطالعه و بررسی دقیق قرار نگرفته است. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش سوپرژادب Superab A200 در کاهش و تعدیل تنش خشکی و اثر آن بر فعالیت‌های میکروبی شامل پویایی نیتروژن، فعالیت آنزیم‌های الکلاین فسفاتاز و اوره‌آز و همچنین بر نیتروژن بیوماس میکروبی در خاک‌های شنی و رسی تیمار شده با این مواد در شرایط آزمایشگاه به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی اثر سوپرژادب Superab A200 بر تعدیل اثرات کمبود آب بر پویایی نیتروژن شامل معدنی شدن نیتروژن، اندازه بیوماس میکروبی خاک و فعالیت آنزیم‌های الکلاین فسفاتاز و اوره‌آز به‌عنوان شاخص‌های فعالیت میکروبی تحت شرایط انکوباسیون آزمایشگاهی در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد اجرا شد. آزمایش شامل سه فاکتور: (۱) بافت خاک (رسی و شنی)، (۲) سوپرژادب در ۴ سطح (۰، ۰/۱، ۰/۳، ۰/۵ درصد وزنی) و (۳) رطوبت خاک (۳۰٪ ظرفیت مزرعه به‌عنوان تیمار تنش خشکی و ۷۰٪ ظرفیت مزرعه به‌عنوان تیمار بدون تنش) در ۳ تکرار در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل اجرا شد. خاک شنی مورد استفاده در این تحقیق از منطقه چلوان سامان و خاک رسی از منطقه دوآب صمصامی بخش چلگرد استان چهارمحال و بختیاری انتخاب شد. نمونه‌برداری از خاک سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) به‌صورت زیگزاک انجام گرفت و یک نمونه مرکب ۲۰ کیلوگرمی از هر دو نوع خاک به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و آزمایش‌های اولیه فیزیکی و شیمیایی در سه تکرار بر روی آن‌ها انجام گرفت (جدول ۱). برای انجام این پژوهش تیمارهای آزمایش از مخلوط کردن مقادیر مختلف سوپرژادب Superab A200 با نوع خاک و اعمال رطوبت‌های مختلف تهیه شد. برای این منظور ابتدا تیمار بافت اعمال گردید سپس مقادیر مختلف ماده سوپرژادب شامل ۰، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد برای ۱۲۰ گرم خاک که به‌ترتیب برابر با ۰، ۰/۱۲، ۰/۳۶ و ۰/۶ گرم

همکاران (۲۰۰۴) نیز بیان نمودند که افزایش ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ درصد سوپرژادب به خاک لومی و لوم شنی منجر به افزایش خطی رطوبت ظرفیت زراعی و افزایش آب قابل استفاده شد. دراجی و همکاران (۱۳۸۹) افزایش انواع تخلخل را در نتیجه استفاده از سوپرژادب بیان کردند. بدین ترتیب که مصرف ۰/۶ درصد وزنی Superab A200 تخلخل موئین و تهویه‌ای خاک شنی را نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۹۹/۲ و ۲۸/۵ درصد، خاک لومی را ۱۰۲/۲ و ۴۹/۶ درصد و خاک رسی را ۲۸/۸ و ۳۳/۸ درصد افزایش داد. این‌گونه تغییرات در وضعیت رطوبت و خلل و فرج خاک، تغییر فعالیت‌های میکروبی را موجب می‌شوند. از آنجایی‌که ماده اصلاحی جاذب‌الرطوبه می‌باشد و در خاک‌های سبک چون آب به سرعت تخلیه شده و خاک سریعاً خشک می‌شود و مسئله اصلی مشکل نگهداری رطوبت در خاک است، افزایش مقادیر مختلف ماده اصلاحی به این‌گونه خاک‌ها موجب افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت می‌شود (آگا و همکاران، ۲۰۱۰؛ بایی ۲۰۱۰؛ دراجی و همکاران، ۲۰۱۰). این مواد کلونیدهایی را تشکیل می‌دهند که برگشت ناپذیر یا به کندی برگشت‌پذیر بوده و همانند سیمان عمل می‌کنند و با ایجاد ساختمان، فضای مناسبی را جهت جذب آب برای خود فراهم می‌کنند از این‌رو در افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت به‌خوبی عمل می‌کنند (مون و همکاران، ۲۰۱۰؛ امیدیان و پارک، ۲۰۱۰؛ ظهوریان و همکاران، ۲۰۱۰). العمران و همکاران (۱۹۸۶) بیان کردند که استفاده از مواد جاذب رطوبت باعث افزایش ذخیره رطوبت در سه نوع بافت شنی، لوم شنی و رسی شد و تأثیر آن در خاک‌های سبک بیشتر بود. همچنین سیواپالان (۲۰۰۶) در مطالعه اصلاح خاک شنی با استفاده از پلی‌اکریل‌آمید، افزایش خطی ظرفیت نگهداری آب خاک با افزایش مقدار ماده جاذب رطوبت گزارش داد. لنتز و سوچکا (۱۹۹۴) نیز بیان کردند که مواد سوپر جاذب باعث پایدار نمودن خاک، افزایش نفوذپذیری، کاهش استفاده از آب و کاهش فرسایش می‌شوند. هاترمن و همکاران (۱۹۹۹) بیان نمودند که افزایش سوپرژادب به خاک شنی در غلظت‌های ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۱۲، ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب متناسب با مقدار ماده مصرفی شد. بیشترین مقدار این ماده (۰/۰۴ درصد) ظرفیت نگهداری آب

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر شاخص‌های پویایی نیتروژن در جدول ۲ و نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر فعالیت آنزیم‌های خاک در جدول ۳ و میانگین این شاخص‌ها و آنزیم‌ها در خاک‌های رسی و شنی مورد آزمایش در سطوح مختلف رطوبت و سوپر جاذب به ترتیب در جدول ۴ و ۵ آمده است. اثرات ساده بافت خاک، مقادیر مختلف سوپر جاذب و رطوبت و اثرات متقابل آن‌ها بر تمامی شاخص‌های پویایی نیتروژن و فعالیت آنزیم‌های آلکالاین فسفاتاز و اوره‌از معنی‌دار شدند.

آمونیم تجمعی

نتایج نشان داد که اضافه کردن سوپر جاذب به هر دو خاک باعث افزایش معنی‌دار تولید آمونیم شد و فقط در خاک شنی در تیمار ۰/۳ درصد سوپر جاذب، تولید آمونیم کاهش و دوباره در سطح ۰/۵ درصد افزایش یافته است. میانگین آمونیم تولید شده در تیمارهای صفر، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد سوپر جاذب به ترتیب برابر با ۴۷/۱، ۱۱۵/۶، ۱۱۲/۸ و ۱۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک است که در مقایسه با تیمار بدون سوپر جاذب به ترتیب برابر با ۱۴۵، ۱۳۹ و ۱۷۰ درصد افزایش در تولید آمونیم دیده شد (جدول ۳).

به‌طور کلی، با افزایش سطح سوپر جاذب تولید آمونیم همواره افزایش یافته است (شکل ۱). کی‌شوماک و همکاران (۲۰۰۰) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده کردند که غلظت آمونیم در خاک‌های تیمار شده با سوپر جاذب پلی‌اکریل‌امید ($1/3 \pm 0/3 \text{ mg kg}^{-1}$) در مقایسه با خاک‌های تیمار نشده ($0/5 \pm 0/2 \text{ mg kg}^{-1}$) بیشتر بود.

است، به‌صورت جامد به خاک‌ها اضافه و پس از آن تیمار رطوبت اعمال شد.

غلظت نیتروژن معدنی (آمونیم و نیترات) هفته‌ای یک‌بار به مدت ۹ هفته در نمونه‌ها به روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV7500) به ترتیب در طول موج ۶۶۰ و ۴۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (آلف و نانپیری، ۱۹۹۵). نیتروژن بیوماس میکروبی به‌روش تدخین با کلروفورم تعیین شد (جنکینسون و لاد، ۱۹۸۱). برای سنجش فعالیت آنزیم‌ها از روش استاندارد ارائه شده توسط آلف و نانپیری (۱۹۹۵) استفاده گردید. اثر تیمارها به کمک جدول تجزیه واریانس مشخص شد و برای مقایسه میانگین شاخص‌های اندازه‌گیری شده از آزمون LSD فیشر در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. به کمک نسخه ۸ نرم‌افزار SAS داده‌ها، تجزیه و تحلیل آماری شد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

خصوصیت	خاک شنی	خاک رسی
کربن آلی C (%)	۰/۱۷	۰/۵۰
نیتروژن کل N (%)	۰/۰۴	۰/۱۰
آهک (%)	۱۵	۵
pH	۷/۶	۶/۹
K (mg/kg)	۱۶۵	۳۵۰
P (mg/kg)	۴/۳	۱۲۱
C/N	۴	۵
CEC (cmol (+)/kg)	۱۸/۶	۴۲/۲
رطوبت اولیه (%)	۲	۴
EC (dS/m)	۰/۳۹	۰/۳۱
رس (%)	۴	۵۳
سیلت (%)	۱۳	۳۷
شن (%)	۸۳	۱۰
F.C (%)	۱۱	۳۵

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات ساده بافت خاک، مقادیر مختلف سوپر جاذب و رطوبت و اثرات متقابل آن‌ها بر شاخص‌های پویایی نیتروژن

منابع تغییرات	درجه آزادی	NH ₄ -N	NO ₃ -N	N _{min}	MBN
سوپر جاذب	۳	۴۱۳۲۰***	۳۷۳۲۰۲***	۳۶۱۹۵۵***	۷۸۰۹***
رطوبت	۱	۱۲۶۲۲***	۳۱۳۴۲***	۴۵۰۸۸***	۹۹۵***
بافت	۱	۸۴۲۶۷***	۲۳۰۲۰***	۱۰۱۱۳۳***	۲۶۲۶۶***
رطوبت × سوپر جاذب	۳	۱۱۵***	۱۹۲۰***	۹۲۲***	۳۲۸۲***
بافت × سوپر جاذب	۳	۱۵۴۶***	۳۲۱۱۳***	۱۶۷۹۰***	۸۵۴***
رطوبت × بافت	۱	۲۷۱۵***	۱۱۷۱***	۳۸۸۸***	۱۱**
رطوبت × بافت × سوپر جاذب	۳	۱۲۱***	۴۳۹***	۲۱۱***	۲۹۶۴***

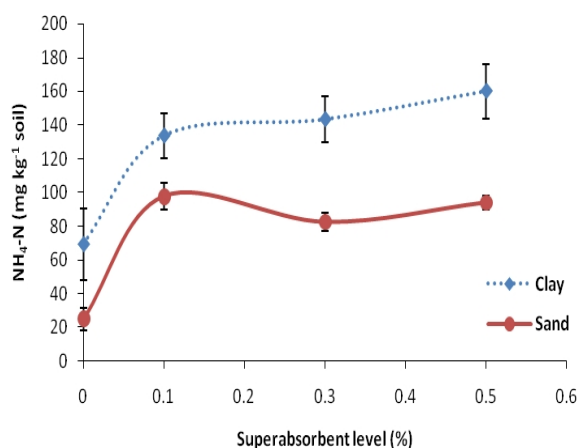
***P < ۰/۰۰۱، **P < ۰/۰۱، *P < ۰/۰۵. N_{min}: نیتروژن نیتراتی، NO₃-N: نیتروژن نیتراتی، NH₄-N: نیتروژن آمونیاکی، MBN: نیتروژن بیوماس میکروبی برحسب mg N kg⁻¹

جدول ۳- میانگین شاخص های پویایی نیتروژن در خاک های رسی و شنی مورد آزمایش در سطوح مختلف رطوبت و مصرف سطوح گوناگون

سوپر جاذب (n=۳)						
MBN	N _{min}	NO ₃ -N	NH ₄ -N	سطح سوپر جاذب	سطح رطوبت	بافت خاک
(mg N kg ⁻¹)				(%)		
۲۹/۵J	۱۵۵N	۱۰۶L	۴۹/۷L	۰		
۳۱/۷E	۴۰۰I	۲۷۹H	۱۲۱/۷E	۰/۱		
۵۲/۷B	۴۰۵H	۲۷۵I	۱۳۰/۹D	۰/۳	٪۳۰FC	
۳۰/۱F	۵۰۶B	۳۶۰C	۱۴۵/۲C	۰/۵		
۳۶ /۰b	۳۶۷ b	۲۵۵ c	۱۱۲ /۰b	متوسط (۳۰٪FC)		
رسی						
۲۶/۱G	۲۲۳M	۱۳۴K	۸۸/۹I	۰		
۳۴/۸C	۴۸۹C	۳۴۴E	۱۴۵/۴C	۰/۱		
۳۵/۲C	۴۶۳D	۳۰۷G	۱۵۵/۶B	۰/۳	٪۷۰FC	
۵۸/۳A	۵۷۲A	۳۹۷A	۱۷۴/۸A	۰/۵		
۳۹/۰ a	۴۳۷ a	۲۹۵ a	۱۴۱ /۰a	متوسط (٪۷۰FC)		
۳۷ /۰a	۴۰۲ a	۲۷۵ a	۱۲۷ /۰a	متوسط		خاک رسی
رسی						
۸/۷L	۷۲O	۵۳N	۱۸/۸N	۰		
۱۵/۲J	۳۲۹L	۲۳۸J	۹۰/۶H	۰/۱		
۲۴/۲H	۴۳۶F	۳۵۸D	۷۷/۷J	۰/۳	٪۳۰FC	
۳۲/۸D	۳۷۰K	۲۸۰H	۹۰/۵H	۰/۵		
۲۰/۰ d	۳۰۲ d	۲۳۲ d	۶۹ /۰d	متوسط (٪۳۰FC)		
شنی						
۹/۴K	۹۲N	۶۱M	۳۰/۹M	۰		
۳۲/۶D	۳۸۵J	۲۸۱H	۱۰۴/۸F	۰/۱		
۲۰/۹I	۴۵۷E	۳۷۰B	۸۷/۳K	۰/۳	٪۷۰FC	
۳۱/۳E	۴۲۵G	۳۲۷F	۹۷/۵G	۰/۵		
۲۴ /۰c	۳۴۰ c	۲۶۰ b	۸۰ /۰c	متوسط (٪۷۰FC)		
۲۲ /۰b	۳۲۱ b	۲۴۶ b	۷۵ /۰b	متوسط		خاک شنی
۱/۲	۵/۱	۲	۱/۶			LSD _(۰/۰۵)

در هر ستون، میانگین هایی که با حروف مشابه مشخص شده است در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی دار ندارند. مقایسه میانگین های سطح رطوبت و بافت خاک با حروف کوچک نشان داده شده است. N: نیتروژن آمونیاکی، NO₃-N: نیتروژن نیتراتی، N_{min}: معدنی شدن نیتروژن، MBN: نیتروژن بیوماس میکروبی

موجودات تجزیه کننده و عوامل غیر زیستی مانند بافت و رطوبت خاک قرار دارد. معدنی شدن نیتروژن فرآیندی است که طی آن ریزجانداران، نیتروژن آلی خاک را به آمونیوم تبدیل می‌کنند. اگر شرایط محیطی مساعد باشد، آمونیوم حاصله بر اثر فرآیند نیترات سازی به نیترات تبدیل می‌شود (انجی و همکاران، ۲۰۰۲). نوریخس و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که میزان معدنی شدن نیتروژن به نیتروژن آلی بستگی دارد. بنابراین در خاکی که میزان کربن و نیتروژن آلی آن بیشتر است (مانند خاک رسی) معدنی شدن نیتروژن نیز بیشتر است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که میانگین نیتروژن معدنی شده در تیمارهای صفر، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد سوپر جاذب به ترتیب برابر با ۱۳۵/۵، ۴۰۰/۹، ۴۴۰/۲ و ۴۶۸/۲ میلی گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک است. به طور کلی در خاک رسی و در هر دو سطح رطوبت با افزایش مقدار سوپر جاذب مقدار نیتروژن معدنی شده افزایش می‌یابد. در خاک شنی در سطوح ۰/۱ و ۰/۳ درصد سوپر جاذب روند معدنی شدن نیتروژن افزایشی است ولی در سطح ۰/۵ درصد میزان نیتروژن معدنی شده نسبت به تیمار ۰/۳ درصد کاهش یافته است که احتمالاً به دلیل کاهش تولید نیترات در این سطح سوپر جاذب است. از این رو مقدار مناسب سوپر جاذب در خاک شنی سطح ۰/۳ درصد است و مقادیر بیشتر تأثیری بر این فرآیند ندارد. کی شوماک و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه اثر سوپر جاذب پلی اکریل آمید بر غلظت نیتروژن معدنی در خاک‌های تحت کشت سیب زمینی و لوبیا نشان دادند که اثر سوپر جاذب بر سرعت این فرآیند میکروبی به نوع پوشش گیاهی بستگی دارد. آن‌ها دریافتند که خاک‌های تیمار شده با سوپر جاذب در کشت سیب زمینی حاوی نیتروژن معدنی بیشتری بودند ولی در کشت لوبیا اختلاف معنی دار مشاهده نشد. شکل ۳ روند تغییرات معدنی شدن نیتروژن را در مقابل سطوح مختلف سوپر جاذب نشان می‌دهد. افزایش سوپر جاذب به خاک در سطح ۰/۱ درصد با شدت بیشتری معدنی شدن نیتروژن را افزایش داده است در حالی که افزایش میزان بالاتر سوپر جاذب معدنی شدن نیتروژن را به طور معنی دار افزایش نداده است.



شکل ۱- رابطه بین سطوح مختلف سوپر جاذب و میزان تولید آمونیوم (آمونیفیکاسیون) در هر دو خاک شنی و رسی

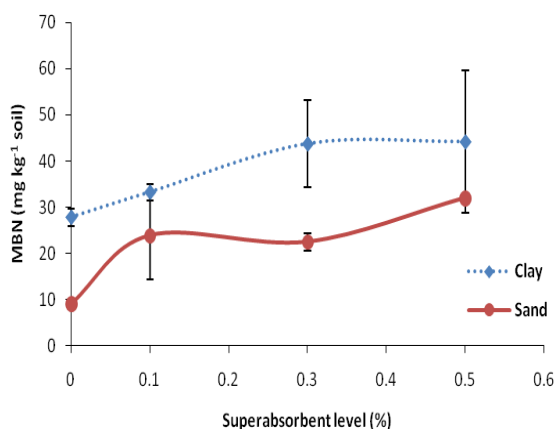
نیترات تجمعی

همانند آمونیوم، تولید نیترات با افزایش سطح سوپر جاذب افزایش چشمگیر یافته است (شکل ۲). میانگین نیترات تولید شده در تیمارهای صفر، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد سوپر جاذب به ترتیب برابر با ۸۸/۵، ۲۸۵/۲، ۳۲۷/۲ و ۳۴۱/۱ گرم بر کیلوگرم خاک بود که در مقایسه با تیمار بدون سوپر جاذب به ترتیب ۲۶۹/۷، ۲۲۲/۳ و ۲۸۵/۴ درصد افزایش نشان می‌دهد (جدول ۳). کی شوماک و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند که خاک‌های تیمار شده با سوپر جاذب پلی اکریل آمید حاوی مقادیر بیشتری از نیترات (mg kg^{-1}) نسبت به خاک‌های تیمار نشده ($36/7 \pm 2/2$) بودند. در خاک شنی روند افزایشی تا تیمار ۰/۳ درصد مشاهده شد ولی در تیمار ۰/۵ درصد تولید نیترات کاهش یافته است. احتمالاً در این سطح سوپر جاذب، به دلیل ایجاد ریزمکان‌های بی‌هوازی عمل دنیتریفیکاسیون صورت گرفته و به همین دلیل تولید نیترات کاهش یافته است (جدول ۳).

معدنی شدن نیتروژن (N_{min})

جدول ۳ نشان می‌دهد که بیشترین میزان نیتروژن معدنی شده در تیمار ۰/۵ درصد سوپر جاذب و رطوبت ۷۰٪ ظرفیت مزرعه خاک رسی و کمترین آن در تیمار بدون سوپر جاذب و رطوبت ۳۰٪ ظرفیت مزرعه خاک شنی دیده می‌شود. وود و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که مقدار معدنی شدن نیتروژن تحت تأثیر عوامل زیستی مانند نوع و مقدار پوشش گیاهی و

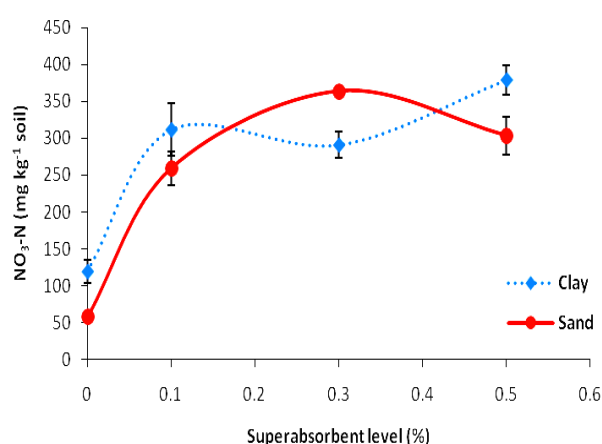
۳۸/۱ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک است که در مقایسه با شاهد به ترتیب ۵۵/۴، ۸۰/۴ و ۱۰۷ درصد افزایش نشان می‌دهد. اسپارلینگ و راس (۱۹۸۸) نشان دادند که خشک شدن خاک باعث کشته شدن مقدار زیادی از بیوماس میکروبی می‌شود و بنابراین افزایش تنش خشکی باعث کاهش جمعیت و فعالیت ریزجانداران می‌شود. شکل ۴ روند تغییرات MBN را در سطوح مختلف سوپرجاذب نشان می‌دهد. به‌طور کلی روند تغییرات آن با افزایش سطوح سوپرجاذب افزایشی است (به استثناء تیمار ۷۰٪ ظرفیت مزرعه خاک شنی). علاوه بر این در تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه خاک رسی این روند افزایشی تا تیمار ۰/۳ درصد سوپرجاذب ادامه داشت ولی پس از آن نیتروژن بیوماس میکروبی کاهش یافته است (جدول ۳).



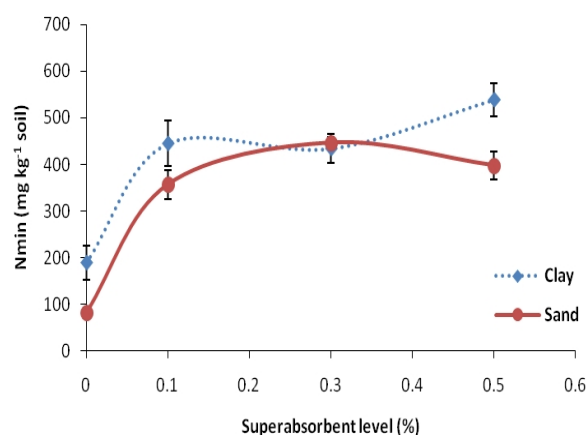
شکل ۴- رابطه بین سطوح مختلف سوپرجاذب و نیتروژن بیوماس میکروبی در هر دو خاک شنی و رسی

فعالیت آنزیم آلکالاین فسفاتاز

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های خاک یک شاخص معمول و برجسته برای بیان فعالیت میکروبی و سرعت تغییر واکنش‌های بیوشیمیایی خاک و در نهایت کیفیت آن است، زیرا اولاً با سایر شاخص‌های کیفیت خاک در ارتباط است و ثانیاً سریع‌تر از بقیه خصوصیات خاک اثر تغییرات مدیریتی و اقلیمی را نشان می‌دهد (دیک و همکاران، ۱۹۹۶). نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که اثرات ساده بافت خاک و مقادیر مختلف سوپرجاذب و رطوبت و اثر متقابل بافت × سوپرجاذب، رطوبت × بافت و رطوبت × بافت × سوپرجاذب بر فعالیت آنزیم آلکالاین فسفاتاز معنی‌دار ($P < 0.001$) است.



شکل ۲- رابطه بین سطوح مختلف سوپرجاذب و میزان تولید نیترات (نیتریفیکاسیون) در هر دو خاک شنی و رسی



شکل ۳- رابطه بین سطوح مختلف سوپرجاذب و معدنی شدن نیتروژن در هر دو خاک شنی و رسی

نیتروژن بیوماس میکروبی (MBN)

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس اثرات تیمارها را بر نیتروژن بیوماس میکروبی نشان می‌دهد. اثرات ساده بافت خاک، مقادیر مختلف سوپرجاذب و رطوبت و اثر متقابل رطوبت × سوپرجاذب، بافت × سوپرجاذب و رطوبت × بافت × سوپرجاذب بر این شاخص میکروبی معنی‌دار ($P < 0.001$) بود، اما اثر متقابل رطوبت × بافت بر این شاخص در سطح احتمال $P < 0.01$ معنی‌دار شد. بیشترین میزان نیتروژن بیوماس میکروبی در تیمار ۷۰٪ ظرفیت مزرعه خاک رسی و کمترین آن در تیمار ۳۰٪ ظرفیت مزرعه خاک یافت شد. میانگین این شاخص در تیمارهای صفر، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد سوپرجاذب به ترتیب برابر با ۱۸/۴، ۲۸/۶، ۳۳/۲ و

جذب سطحی ضعیف این آنزیم بر روی سطوح بیرونی سوپر جاذب می‌تواند از تخریب و هیدرولیز آنزیم آلکالین فسفاتاز توسط پروتئازها ممانعت کند. با این حال ساردانس و پنولانس (۲۰۰۵) به نتایج متفاوتی دست یافتند. آن‌ها گزارش کردند که کاهش رطوبت خاک باعث کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز، پروتئاز و اسید فسفاتاز می‌شود ولی تأثیر معنی‌دار بر فعالیت آلکالین فسفاتاز ندارد.

اثر متقابل رطوبت × سوپر جاذب نیز بر فعالیت این آنزیم معنی‌دار است ($P < 0.01$). بیشترین فعالیت این آنزیم در تیمار ۰/۵ درصد سوپر جاذب و رطوبت ۷۰٪ ظرفیت مزرعه خاک رسی و کمترین آن در تیمار بدون سوپر جاذب و رطوبت ۳۰٪ ظرفیت مزرعه خاک شنی مشاهده شد. به نظر می‌رسد سوپر جاذب از طریق نگهداری رطوبت خاک و افزایش فعالیت میکروبی و در نتیجه تولید و سنتز فسفاتازها باعث افزایش فعالیت این آنزیم شده است. علاوه بر این،

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (آماره F) اثرات ساده بافت خاک، تیمارهای مختلف سوپر جاذب و رطوبت و اثرات متقابل آن‌ها بر فعالیت

آنزیم‌های خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	فعالیت آلکالین فسفاتاز	فعالیت اوره آز
سوپر جاذب	۳	۵۹***	۲۱۷***
رطوبت	۱	۶۱***	۱۵۶۱***
بافت	۱	۵۰۷***	۳۲۷۴***
رطوبت × سوپر جاذب	۳	۷**	۷۳***
بافت × سوپر جاذب	۳	۵۱***	۱۱۹۴***
رطوبت × بافت	۱	۲۹***	۲۳۵۵***
رطوبت × بافت × سوپر جاذب	۳	۱۵***	۲۵۵***

$P < 0.001 = ***$, $P < 0.01 = **$

این آنزیم افزایش می‌یابد در حالی که در خاک رسی و رطوبت ۳۰٪ ظرفیت مزرعه افزایش سوپر جاذب اثر معنی‌دار بر فعالیت این آنزیم ندارد (جدول ۵). بدین معنی که کاربرد سوپر جاذب در خاک شنی در مقایسه با خاک رسی به مقدار بیشتری فعالیت این آنزیم را افزایش می‌دهد. بنابراین، افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک شنی و افزایش میزان خلل و فرج در خاک رسی توسط سوپر جاذب مصرف شده می‌تواند عامل تحریک فعالیت میکروبی و افزایش بیوماس میکروبی و متعاقب آن سنتز و تولید این آنزیم باشد.

فعالیت آنزیم اوره‌آز

همان‌طور که در جدول ۵ آمده است میانگین فعالیت این آنزیم در تیمارهای صفر، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد سوپر جاذب به ترتیب برابر با ۳۱/۴، ۳۱/۷، ۳۳/۹ و ۳۱/۴ میکروگرم نیتروژن آمونیاکی بر گرم در دو ساعت است که در مقایسه با تیمار بدون سوپر جاذب به طور متوسط ۱/۱، ۷/۹ و ۰/۳ درصد افزایش مشاهده می‌شود. حداکثر فعالیت این آنزیم در تیمار ۰/۵ درصد سوپر جاذب و رطوبت ۷۰٪ ظرفیت مزرعه

آنزیم‌های خاک باعث تسریع اغلب واکنش‌های خاک از جمله تجزیه مواد آلی، گردش عناصر غذایی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌شوند (کارلن و همکاران، ۱۹۹۹). فعالیت آنزیم‌های خاک با مقدار مواد آلی خاک ارتباط مستقیم دارد. به طوری که فعالیت‌هایی مانند خاک‌ورزی بی‌رویه باعث کم شدن ضخامت افق سطحی و کاهش مواد آلی در لایه سطحی می‌شود و فعالیت آنزیمی را کاهش می‌دهد. آلف (۱۹۹۵) و گیانفرد و بولج (۱۹۹۶) نشان دادند که افزایش مواد آلی خاک و درصد رطوبت حجمی آن باعث افزایش فعالیت این آنزیم می‌شود. همچنین کرامر و گرین (۲۰۰۰) نشان دادند که فعالیت این آنزیم با میزان رطوبت خاک همبستگی بسیار زیادی دارد. میانگین فعالیت این آنزیم در تیمارهای صفر، ۰/۱، ۰/۳ و ۰/۵ درصد سوپر جاذب برابر با ۲۵۶/۲، ۳۱۹/۲، ۳۵۷/۷ و ۳۶۵/۵ میکروگرم پی‌ان پی در گرم در ساعت است که در مقایسه با تیمار بدون سوپر جاذب به ترتیب ۲۴/۶، ۳۹/۶ و ۴۲/۷ درصد فعالیت این آنزیم افزایش یافته است. به طور کلی، در خاک شنی در هر دو سطح رطوبت با افزایش سوپر جاذب فعالیت

کاهش رطوبت گزارش کردند. این درحالی است که برخی نشان دادند فعالیت اوره‌آز همیشه همبستگی بالایی با میزان رطوبت خاک ندارد (سال و چتی، ۲۰۰۲).

خاک رسی و کمترین آن در تیمار بدون سوپرچادب و رطوبت ۳۰٪ ظرفیت مزرعه خاک شنی دیده می‌شود که نشان دهنده تأثیر رطوبت بر فعالیت این آنزیم است. لی و سارا (۲۰۰۳) کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه نیتروژن را با

جدول ۵- میانگین فعالیت آنزیم‌ها آلکالاین فسفاتاز و اوره‌آز در خاک‌های رسی و شنی مورد آزمایش در سطوح مختلف رطوبت و مصرف

سطوح گوناگون سوپرچادب (n=3)				
بافت خاک	سطح رطوبت	سوپرچادب (%)	فعالیت آلکالاین فسفاتاز (μgPNP g ⁻¹ h ⁻¹)	فعالیت اوره‌آز (μg NH ₄ -N g ⁻¹ 2h ⁻¹)
			۳۶۳CD	۳۳/۵E
		۰/۱	۳۶۱CD	۳۱/۲F
	۳۰٪ FC	۰/۳	۳۶۵CD	۲۸/۷H
		۰/۵	۳۳۰DEF	۲۹/۹G
		متوسط (۳۰٪ FC)	۳۵۴ b	۳۰/۸b
رسی			۳۹۳BC	۳۷/۵C
		۰/۱	۴۸۵A	۳۸/۶B
	۷۰٪ FC	۰/۳	۴۱۱B	۳۵/۳D
		۰/۵	۴۷۴A	۴۰/۵A
		متوسط (۷۰٪ FC)	۴۴۱ a	۳۸/۰ a
خاک رسی		متوسط	۳۹۸b	۳۴/۰ a
			۸۱I	۲۵/۶J
		۰/۱	۲۲۷G	۲۸/۶H
	۳۰٪ FC	۰/۳	۳۴۹DE	۳۷/۸C
		۰/۵	۳۱۷EF	۲۸/۵H
		متوسط (۳۰٪ FC)	۲۴۴ c	۳۰/۱ c
شنی			۱۸۷H	۲۸/۹H
		۰/۱	۲۰۴GH	۲۸/۵H
	۷۰٪ FC	۰/۳	۳۰۶F	۳۳/۶E
		۰/۵	۳۴۱DEF	۲۶/۶I
		متوسط (۷۰٪ FC)	۲۶۰ c	۲۹/۴ d
خاک شنی		متوسط	۲۵۲ b	۳۰/۰ b
	LSD _(۰/۰۵)		۳۷	۰/۴۷

در هر ستون، میانگین‌هایی که با حروف مشابه مشخص شده‌است در سطح احتمال ۰/۰۵ تفاوت معنی‌دار ندارند. مقایسه میانگین‌های سطح رطوبت و بافت خاک با حروف کوچک نشان داده شده است.

توصیه می‌شود در شرایط مزرعه‌ای اثر این نوع مواد هیدروژل سوپرجاذب نیز مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه شهرکرد قدردانی می‌شود.

منابع

- ۱- دراجی س.س. گلچین ا. و احمدی ش. ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپرجاذب (Superab A200) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۴(۲): ۳۱۶-۳۰۶.
- ۲- سلامت ع. و توکلی ع. ۱۳۷۸. اصول آبیاری بارانی. ناشر درج.
- ۳- کوچک‌زاده م. صباغ فرشی ع.ا. و گنجی خرم‌دل ن. ۱۳۷۹. تأثیر پلیمر فراجاذب آب بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. مجله علوم خاک و آب. ۱۴ (۲): ۱۸۵-۱۷۶.
- ۴- نادری ف. و واشقانی فراهانی ا. ۱۳۸۵. حفظ رطوبت خاک با استفاده از پلیمرهای جاذب آب (هیدروژل). مجله علوم خاک و آب. ۲۰ (۱): ۷۲-۶۴.
- 5- Abedi-Koupai J. and Asadkazemi J. 2006. Effect of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant under reduced irrigation regimes. *Iranian Polymer Journal*. 15(9): 715-725.
- 6- Agaba H. Oririkiza L. J. B. Esegu J. F. O. Obua J. Kabasa J. D. and Hüttermann A. 2010. Effects of hydrogel amendment to different soils on plant available water and survival of trees under drought conditions. *CLEAN – Soil, Air, Water*. 38(4): 328-335.
- 7- Akhtar J. Mahmood K. Malik K.A. Ahmad M. and Ighal M.M. 2004. Effect of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant, Soil and Environment*. 50(10): 463-469.
- 8- Alef K. and Nannipieri P. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. New York. USA.
- 9- Al-Omran A. M. Mustafa M. and Shalaby A. A. 1986. Intermittent evaporation from soil columns as affected by a gel-forming conditioner. *SSSAJ*. 51(6): 1593-1599.
- 10- Bai W. Zhang H. Liu B. Wu Y. and Song J. 2010. Effects of super-absorbent polymers on the physical and chemical properties of soil following different wetting and drying cycles. *Soil Use and Management*. 26 (3): 253-260.

با وجود این سردانسی و پنولانس (۲۰۰۵) نشان دادند که کاهش رطوبت خاک به میزان ۲۱٪، فعالیت آنزیم اوره‌آز را به میزان ۶۰-۴۲ درصد کاهش داد و فعالیت این آنزیم شدیداً تحت تأثیر خشکی خاک قرار می‌گیرد. البته همیشه فعالیت آنزیم شدیداً با عمق خاک کاهش می‌یابد و در بهار بیشتر از پاییز است. به‌طور کلی در خاک شنی در هر دو سطح رطوبت فعالیت این آنزیم با افزایش سوپرجاذب تا سطح ۰/۳ درصد افزایش و از سطح ۰/۳ تا ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد. احتمالاً این سطح از سوپرجاذب باعث برقراری ریزمکان‌های بی‌هوازی شده است پس تولید اوره در این سطح کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، افزودن ماده سوپرجاذب به خاک باعث افزایش معنی‌دار اغلب شاخص‌های میکروبی مطالعه شده در این تحقیق شده است. این ماده با نگهداری آب و تأمین رطوبت موردنیاز و احتمالاً بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مانند تهویه در خاک‌های رسی و یا حفظ رطوبت در خاک‌های شنی، بر فعالیت ریزجانداران مؤثر است. با وجود این، میزان تأثیر سوپرجاذب علاوه بر مقدار آن به نوع بافت و میزان رطوبت خاک نیز بستگی دارد. برای مثال تمامی فعالیت‌های میکروبی مطالعه شده در این تحقیق نظیر معدنی شدن نیتروژن، آمونیفیکاسیون، نیتریفیکاسیون، نیتروژن بیوماس میکروبی و فعالیت آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز و اوره‌آز در رطوبت ۷۰٪ ظرفیت مزرعه خاک رسی بیشترین مقدار را نشان می‌دهند در حالی که این روند در خاک شنی مشاهده نشد. علاوه بر این، نتایج تحقیق حاضر حاکی است در بین شاخص‌های بیولوژیکی اندازه‌گیری شده، کاربرد سوپرجاذب فرآیند نیتریفیکاسیون را بیش از سایر فرآیندها افزایش داده است. به‌عبارت دیگر حساسترین شاخص نسبت به کاربرد سوپرجاذب، نیتریفیکاسیون است، زیرا گروه خاصی از باکتری‌های خاک (نیتروزوموناس و نیتروباکترها) در این فرآیند دخالت دارند که احتمالاً به تنش خشکی حساس هستند. از این‌رو، مصرف این مواد در اکوسیستم‌های خشک به بهبود خصوصیات میکروبیولوژیکی و بیوشیمیایی خاک و ارتقاء کیفیت آن فقط در "مقیاس کوچک" کمک می‌کند و

- nitrogen source for soil microorganisms with potential effects on inorganic soil nitrogen in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 30 (8-9):1045-1052.
- 24- Killham K. 1994. *Soil Ecology*, Cambridge University Press. UK.
 - 25- Kramer S. and Green D. M. 2000. Acid and alkaline phosphatase dynamics and their relationship to soil microclimate in a semi-arid woodland. *Soil Biology and Biochemistry*. 32 (2):179-188.
 - 26- Lentz R. D. and Sojka R. E. 1994. Field results using polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. *Soil Science*. 158(4):274-282.
 - 27- Li X. and Sarah P. 2003. Enzyme activities along a climatic transect in the Judean Desert. *Catena*. 53(4):349-363.
 - 28- Mamedov A. I. Beckmann S. Huang C. and Levy G. J. 2007. Aggregate stability as affected by polyacrylamide molecular weight, soil texture, and water quality. *SSSAJ*. 71:1909-1918.
 - 29- Mun G. Suleimenov I. Park K. and Omidian H. 2010. Superabsorbent hydrogels. In: Ottenbrite R. M. Park K. and Okano T. (Eds) *Biomedical Applications of Hydrogels Handbook*, Springer, New York, pp.375-392.
 - 30- Nourbakhsh F. Moneral C. M. Emtiazy G. and Dinel H. 2002. L- Asparaginase activity in some soils of central Iran. *Arid Land Research and Management*. 16 (4):377-384.
 - 31- Omidian H. Rocca J. G. and Park K. 2005. Advances in superporous hydrogels. *Journal of Controlled Release* 102:3-12.
 - 32- Omidian H. and Park K. 2010. Introduction to hydrogels. In: Ottenbrite R. M. Park K. and Okano T. (Eds) *Biomedical Applications of Hydrogels Handbook*, Springer, New York, pp.1-16.
 - 33- Roper M. M. and Gupta V. V. S. R. 1995. Management practices and soil biota. *Australian Journal of Soil Research*. 33(2):321-339.
 - 34- Sall S. N. and Chotte J. L. 2002. Phosphatase and urease activities in a tropical sandy soil as affected by soil water- holding capacity and assay conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 33 (19-20):3745-3755.
 - 35- Sardans J. and Peñuelas J. 2005. Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean *Quercus ilex* L. forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 37(3):455-461.
 - 36- Sivapalan S. 2006. Some benefits of treating a sandy soil with a cross-linked type polyacrylamide. *Australian Journal of Experiment Agriculture*. 46(4):579-584.
 - 37- Sparling G. P. and Ross D. J. 1988. Microbial contributions to the increased nitrogen mineralization after air-drying of soils. *Plant and Soil*. 105(2):163-167.
 - 11- Bhardwaj A. K. Shainberg I. Goldstein D. Warrington D. N. and Levy G. J. 2007. Water retention and hydraulic conductivity of cross-linked polyacrylamides in sandy soils. *SSSAJ*. 71:406-412.
 - 12- Buchholz F. L. and Graham A. T. 1997. *Modern superabsorbent polymer technology*. John Wiley & Sons.
 - 13- Conant R.T. Klopatek J. M. and Klopatek C.C. 2000. Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystems. *SSSAJ*. 64:383-390.
 - 14- Dick R.P. Breakwell D.P. and Turco R.F. 1996. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: Doran J.W. and Jones A.J. (Eds) *Methods for assessing soil quality*. SSSA Special Publication Number 49, SSSA, Madison, WI, pp 247-271.
 - 15- Dorraji S. S. Golchin A. and Ahmadi S. 2010. The effects of hydrophilic polymer and soil salinity on corn growth in sandy and loamy soils. *CLEAN – Soil, Air, Water*, 38 (7): 584-591.
 - 16- El-Saied H. Waley A.I. and Basta A.H. 2000. High water absorbent from lignocelluloses. I: Effect of reaction variables on the water absorbency of polymerized lignocelluloses. *Polymer- Plastics Technology and Engineering*. 39(5): 905-926.
 - 17- Eneji A. E. Honna T. Yamamoto S. Saito T. and Masuda T. 2002. Nitrogen transformation in four Japanese soils following manure+urea amendment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 33 (1-2): 53-66.
 - 18- Gianfreda L. and Bollage. J. M. 1996. Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. In: Stotzky G. and Bollag J. M. (Eds.), *Soil Biochemistry*, Vol. 9, Marcel Dekker, New York, p. 123-194.
 - 19- Huttermann A. Zommodi M. and Reise K. 1999. Addition of hydrogel to soil prolonging the survival of *pinus halepensis* seedling subjected to drought. *Soil & Tillage Research*. 50(3-4): 295-304.
 - 20- Jenkinson D. S. and J. N. Ladd. 1981. Microbial biomass in soil: Measurement and turnover. In: Paul E. A. and Ladd J. N. (Eds.), *Soil Biochemistry*, Vol. 5. Marcel Dekker, New York. p.415-471.
 - 21- Karlen D. L. Rosek M. J. Gardner J. C. Allan D. L. Alams M. J. Bezdieck D. F. Flock M. Huggins D. R. Miller B. S. and Staben M. L. 1999. Conservation reserve program effects on soil quality indicators. *Journal of Soil and Water Conservation*. 54 (1):439-444.
 - 22- Kay Shoemake J. L. Watwood M. E. Kilpatrik L. and Harris K. 2000 Exchangeable ammonium and nitrate from different nitrogen fertilizer preparations in polyacrylamide-treated and untreated agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils*. 31 (3-4):245-248.
 - 23- Kay Shoemake J. L. Watwood M. E. Lentz R. D. and Sojka R. E. 1998. Polyacrylamide as an organic

39- Zohuriaan-Mehr M. J. Omidian H. Doroudiani S. and Kabiri K. 2010. Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel Materials. Journal of Material Science, 45:5711-5735.

38- Wood C. W. Westfall D. G. Peterson G. A. and Bruke I. C. 1990. Impacts of cropping intensity on carbon and nitrogen mineralization under no-till dryland agro-ecosystems. Agronomy Journal. 82(6):1115-1120.