Archive of SID
DOI: 10.22059/ijswr.2018.263434.667987

تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۵۰، شماره ۵، مهر ۱۳۹۸ (ص ۱۲۳۰-۱۲۱۹)

The Effect of Super Absorbent Polymer A, Perlite, and Zeolite on Physical Properties of Sandy Loam Soil

MARZIEH MORADIYAN[1], ABBAS MALEKI[*2], AFSANEH ALINEJADIAN BIDABADI[3]

1. MS Student in Water Engineering, Faculty of Agriculture Water Engineering Department Lorestan University, Khoramabad, Iran.
2. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Water Engineering Department. Lorestan University, Khoramabad, Iran.
3. Assistant Professor Faculty of Agriculture, Soil Science Department, Lorestan University, Khoramabad, Iran.

(Received: Aug. 19, 2018- Revised: Dec. 29, 2018- Accepted: Dec. 31, 2018)

ABSTRACT

One of the improvement approaches for irrigation efficiency in arid and semi-arid regions is to use soil amendments. The purpose of this study was to investigate the effects of different levels (0, 0.5, 1, 1.5 and 2 g/kg of soil) of superabsorbent polymers A, perlite and zeolite on the physical properties of sandy loam soil in factorial randomized complete block design with four replications. Soil moistures were determined at seven suction points from 10 to 1500 kPa. The results of this study showed that the 2g super adsorbent polymer per kg of soil increased soil porosity, mean weight diameter of aggregates and available water for plant up to 2.6, 2.71 and 1.40 times, and reduced the bulk density of the soil up to 0.82 times, as compared to the control. Also, the results showed that in all suction points, the soil moisture content increased significantly as compared to the control.

Key Words: Crop available water, Bulk density, Porosity, Soil moisture curve

[*]Corresponding Author's Email: maleki.a@lu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر پلیمر سوپر جاذب بلور آب A، پرلیت و زئولیت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک لوم شنی

مرضیه مرادیان[۱]، عباس ملکی[*۲]، افسانه عالی نژادیان بیدآبادی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری-زهکشی، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

۲. نویسنده مسئول و استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

۳. استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۵/۲۸- تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۱۰/۸- تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۱۰/۱۰)

چکیده

یکی از راهکارهای افزایش بازده آبیاری در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده از اصلاح‌کننده‌های خاک است. تحقیق حاضر با هدف تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب بلور آب A، پرلیت و زئولیت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک لوم-شنی، در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه نوع ماده‌ی اصلاحی پلیمر سوپر جاذب A، پرلیت و زئولیت در پنج سطح (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵، و ۲ گرم در کیلوگرم خاک) در چهار تکرار اجرا شد. رطوبت خاک در مکش‌های ۱۰ تا ۱۵۰۰ کیلو پاسکال در ۷ مکش تعیین شد. نتایج پژوهش نشان داد در بین اصلاح‌کننده‌ها، پلیمر سوپر جاذب در سطح ۲ گرم در کیلوگرم در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب سبب افزایش تخلخل خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده گیاه به میزان ۲/۶، ۲/۷۱ و ۱/۴۰ برابر و کاهش ۰/۸۲ برابر جرم مخصوص ظاهری خاک شد. همچنین نتایج نشان داد که در همه‌ی مکش‌ها در تمام تیمارهای آزمایشی، میزان رطوبت نگهداری شده در خاک به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: آب قابل استفاده گیاه، تخلخل، جرم مخصوص ظاهری، منحنی رطوبتی خاک

مقدمه

میزان کل آب مصرفی سالیانه کشور ایران حدود ۸۶/۵ میلیارد مترمکعب است. از این مقدار ۸۰ میلیارد مترمکعب (یعنی بیش از ۹۰ درصد) آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. ۶۵ درصد از این مقدار (یعنی بیش از ۵۰ میلیارد مترمکعب)، به علت شیوه‌های غلط و سنتی آبیاری هدر می‌رود (Syadat, 1998). افزودن مواد اصلاحی به خاک برای افزایش کارایی مصرف آب و بهبود خواص فیزیکی خاک یکی از مهم‌ترین راه‌های مقابله با کمبود آب بشمار می‌رود. از جمله این مواد اصلاحی می‌توان به پلیمرهای سوپر جاذب، زئولیت و پرلیت اشاره کرد.

سوپر جاذب‌ها پلیمرهایی با پیوندهای عرضی هستند که به دلیل خصوصیات یونی و نوع به هم‌پیوستگی آن‌ها در ساختار پلیمر حفره‌هایی به وجود می‌آید که باعث می‌شود مقدار زیادی آب و محلول‌های آبی را بدون اینکه در آن‌ها حل شوند، به خود جذب نمایند (Azizi and Lakouraj, 2008; Pour Esmaeel *et al.*, 2010). ساختار این مواد به گونه‌ای است که می‌توانند در شرایط یونی، وجود فشار و حضور میکروارگانیسم‌های خاک، چندین سال مانند یک مخزن، آب و مواد محلول را جذب و نگهداری کرده و برحسب نیاز ریشه (بر اثر اختلاف اسمزی) در اختیار گیاه قرار دهند (El-Hady and Wanas, 2006). در تحقیقی نتایج نشان داد افزودن هیدروژل جاذب رطوبت و نیز افزایش سطح استفاده سبب افزایش انواع تخلخل خاک به‌ویژه تخلخل مویینه به میزان سه برابر نسبت به شاهد و همچنین باعث افزایش توانایی جذب آب هیدروژل و در نتیجه افزایش میزان آب قابل استفاده گیاه شده است (Parvanak Broujeni, 2009). در پژوهشی محققان از آثار متفاوت حاصل از پنج نوع ماده جاذب رطوبت بر ظرفیت نگهداشت آب در بافت‌های مختلف خاک نتیجه گرفتند که پلیمرهای ابرجاذب در هر مکش از منحنی مشخصه رطوبتی خاک با توجه به مقادیر سطح استفاده از آن‌ها تا چند برابر درصد حجمی رطوبت خاک را افزایش می‌دهند. با توجه به رطوبت قابل‌دسترس، بهترین نتیجه در مورد بافت لومی و کاربرد پلیمر آکوازورب[۱] در سطوح استفاده ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک به دست آمد. همچنین مقدار رطوبت در این شرایط به ترتیب ۲ تا ۴ برابر نسبت به شاهد افزایش داشت (Ghayur *et al.*, 2005). پژوهشگران گزارش کردند در خاک‌های لوم شنی آهکی با افزایش درصد هیدروژل تا ۰/۴ درصد، وزن مخصوص ظاهری خاک

* نویسنده مسئول: maleki.a@lu.ac.ir

۱. Aquasorb

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش یافت. هیدروژل‌ها با توجه به کاهش ظرفیت هیدراسیون، باعث تغییر در وزن مخصوص ظاهری خاک شده که این کاهش بین ۱۰ تا ۱۵ درصد در سال گزارش گردیده است (Al-Harbi *et al*., 1994). در پژوهشی دیگر با کاربرد انواع مختلف سوپر جاذب در خاک شنی و در سطح‌های متفاوت دریافتند که استفاده از سوپر جاذب باعث افزایش رطوبت خاک شد، درحالی‌که جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت (Bai *et al*., 2010).

زئولیت‌ها آلومینوسیلیکات‌های کریستاله طبیعی و جز کانی‌های غالب در سنگ‌های رسوبی هستند. زئولیت‌ها در سنگ‌های با سن، سنگ‌شناسی و ژئولوژی مختلف ایجاد می‌شوند و به‌عنوان یک شاخص ارزشمند در سنگ‌های مادری رسوبی و رسوبات محیط هستند. از لحاظ ساختاری زئولیت‌ها تکنوسیلیکات‌هایی هستند که نشان‌دهنده یک ساختار سه‌بعدی شامل کاتیون‌های موردنیاز برای تعادل بار الکتریکی واحدهای تتراهدرال آلومینیوم و سیلیسیم می‌باشند (Sohrabi and Mikhak, 2013). نتایج تحقیقاتی که تاکنون انجام شده است حاکی از نقش مفید و کارآمد زئولیت‌ها در بهبود ویژگی‌های خاک از طریق تغییر ساختمان خاک، افزایش میزان دسترسی گیاه به آب و کاهش چسبندگی ذرات خاک می‌باشد (Xiubin and Zhanbin, 2001). برخلاف کانی‌های رسی، در زئولیت‌ها چارچوب ساختمانی به‌اندازه کافی باز است و می‌تواند مولکول‌های آب را مشابه کاتیون‌ها در خود جای دهد. این ویژگی یعنی باز بودن ساختمان خاک، باعث به وجود آوردن خواص ویژه و منحصر به فرد زئولیت‌ها شده است (Yasuda *et al*., 1998). پژوهشگران گزارش کردند که کاربرد ۶ درصدی زئولیت در خاک، مقدار رطوبت قابل استفاده گیاه را افزایش داده و باعث کاهش ۳۰ درصدی نیاز آبی سرو نقره‌ای در سطح استفاده ۶ درصد شده است (Abedi Kupaei and Assad Kazemi, 2005). زئولیت علاوه برافزایش ظرفیت نگهداری آب به‌عنوان یک تعدیل کننده زیان شوری برای گیاهان تحت آبیاری با آب شور، معرفی شده است (Yasuda *et al*., 1998). در پژوهشی Xiubin and Zhanbin (2001) مشاهده کردند که افزودن زئولیت به خاک باعث افزایش نفوذپذیری از ۷ تا ۳۰ درصد در شیب‌های آرام و بیش از ۵۰ درصد در شیب‌های تند و همچنین منجر به افزایش رطوبت از ۰/۴ تا ۱/۸ درصد در شرایط خشک و ۵ تا ۱۵ درصد در شرایط معمولی گردید. Benkova *et al*. (2005) در مطالعه‌ی خود گزارش کردند که تیمارهای زئولیتی باعث افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه شدند. Zarehaghi *et* al. (2015) تأثیر مقادیر مختلف پومیس بر میزان نگهداری آب در خاک را بررسی و گزارش کردند که پومیس به طور معنی‌داری نگهداشت رطوبت خاک را افزایش داد. زئولیت در اثر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله افزایش کربن آلی و پایداری خاکدانه‌ها و تأثیر بر ساختمان خاک، باعث کاهش فرسایش خاک نیز می‌شود (Andry *et al*., 2009).

پرلیت ماده‌ای معدنی بر پایه شیشه از سنگ آتش‌فشانی (با ژنز ماگمائی) و با ترکیب ریولیتی است که در محیط آبی و با انجماد سریع ماگمای اسیدی (گدازه آتش‌فشان) به‌صورت آمورف (غیر کریستالی) تشکیل می‌شود. به دلیل وجود ۲ تا ۶ درصد آب ترکیبی در آن با حرارت دادن سریع (شوک حرارتی) در دمای ۱۱۰۰-۸۰۷ درجه سانتی‌گراد افزایش حجم شدیدی معادل ۴ تا ۲۰ برابر بر اساس نوع و ترکیب شیمیایی و شرایط انبساط پیدا می‌کند و ماده پفکی با چگالی حدود ۱۰۰-۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب ایجاد می‌شود. پرلیت شامل ۷۰ تا ۷۵ درصد دی‌اکسید سیلیسیم و ۱۲ تا ۱۶ درصد آلومینیوم است و دیگر ترکیبات آن اکسید سدیم، اکسید پتاسیم، اکسید آهن، اکسید منگنز، اکسید تیتانیوم و سولفید می‌باشد (Munsuz *et al*., 1985). پرلیت منبسط‌شده دارای ساختمان سلولی بسته‌ای است که آب و عناصر غذایی را در سطح خود نگهداری و به مرور آن را در اختیار ریشه گیاه قرار می‌دهد (Maloupa *et al*., 1993). پرلیت به دلیل خصوصیات تسریع‌کنندگی زهکشی، تهویه خاک را بهبود می‌بخشد و همچنین میزان خشک شدن خاک را کاهش می‌دهد (Munsuz *et al*., 1985).

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف پلیمر سوپر جاذب بلور آب A، پرلیت و زئولیت بر ویژگی‌های فیزیکی خاک لوم شنی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در خاکی با بافت لوم شنی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در قالب آزمایش فاکتوریل با سه نوع ماده‌ی اصلاحی پلیمر سوپر جاذب (S)، پرلیت (P) و زئولیت (Z) در پنج سطح (صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵، و ۲ گرم در کیلوگرم خاک) در چهار تکرار زیر کشت گیاه هویج به صورت گلدانی اجرا گردید. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، از مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی به عمل آمد و نمونه‌ها برای تجزیه‌ی شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه منتقل و با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی مرسوم پارامترهای موردنظر در خاک تعیین شدند (جدول ۱). واکنش خاک در گل اشباع و شوری خاک در عصاره گل اشباع خاک به ترتیب با دستگاه pH متر و EC متر، میزان فسفر قابل‌جذب بر اساس روش اولسن و به

www.SID.ir

Archive of SID

کمک دستگاه اسپکتروفتومتر، میزان پتاسیم قابل‌جذب به کمک دستگاه شعله‌سنجی و بافت خاک بر اساس روش هیدرومتری اندازه‌گیری گردید (Tandon, 2005). نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در هوای آزاد، از الک چهار میلی‌متری عبور داده شده و با توجه به مقادیر مواد اصلاح‌کننده در تیمارهای مختلف، این مواد به نمونه‌های خاک اضافه و به خوبی مخلوط شدند. در کف هر گلدان مقداری شن درشت به‌عنوان زهکش ریخته شد و بقیه حجم گلدان از نمونه‌های خاک آماده شده بر اساس هر تیمار پر شدند. خاطر نشان می‌شود که بعد از آماده‌سازی نمونه‌های خاک در گلدان، بذر هویج کشت گردید و به مدت چهار ماه تا اتمام دوره‌ی رشد گیاه، گلدان‌ها با دور آبیاری پنج روز به روش وزنی آبیاری گردیدند.

جدول۱ – برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

ویژگی	واحد	مقدار
هدایت الکتریکی	$dS.m^{-1}$	۰/۹۰۱
واکنش خاک	-	۸/۰۴
جرم مخصوص ظاهری خاک	$g.cm^{-3}$	۱/۵۴
نیتروژن	%	۰/۰۳۵
فسفر قابل‌جذب	$mg.kg^{-1}$	۵/۸
پتاسیم قابل‌جذب	$mg.kg^{-1}$	۱۰۰
روی	$mg.kg^{-1}$	۰/۳۹
آهن	$mg.kg^{-1}$	۱/۹۲
منگنز	$mg.kg^{-1}$	۶/۵۴
مس	$mg.kg^{-1}$	۰/۷۸
رس	%	۱۵
سیلت	%	۲۷
شن	%	۵۸
بافت خاک	-	لوم شنی

برای تعیین جرم مخصوص ظاهری خاک از روش استوانه فلزی استفاده شد. بدین صورت که پس از پایان دوره رشد گیاه، از هر گلدان با استفاده از استوانه، نمونه‌ی خاک تهیه و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد (Blake and Hartge, 1986). بعد از این مدت زمان، وزن خاک خشک در استوانه توزین و با تقسیم بر حجم استوانه که با کولیس محاسبه گردید، جرم مخصوص ظاهری نمونه‌ی خاک به دست آمد. تعیین میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (Kemper and Rosenau, 1986) از روش الک تر طبق رابطه (۱) و برای به دست آوردن تخلخل (Danielson and Sutherland, 1986) از رابطه (۲) استفاده شد:

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} (Xi.Wi) \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که در این رابطه X_i میانگین قطر خاکدانه‌های باقیمانده بر روی هر الک (میلی‌متر)، W_i نسبت وزنی خاکدانه‌ها در هر الک به وزن کل نمونه خاک، n تعداد الک موجود در آزمایش، MWD میانگین وزنی خاکدانه‌ها برحسب میلی‌متر می‌باشند.

$$f = 1 - \left(\frac{\rho_b}{\rho_s}\right) * 100 \qquad \text{(رابطه ۲)}$$

که در این رابطه f میزان تخلخل بر حسب درصد، ρ_b جرم مخصوص ظاهری خاک و ρ_s جرم مخصوص حقیقی می‌باشد.

جهت به دست آوردن منحنی رطوبتی خاک، نمونه‌های خاک اشباع شده تمامی تیمارها، در دستگاه صفحات فشاری در مکش‌های مورد نظر در پژوهش (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۱، ۳، ۵ و ۱۵ بار) قرار گرفتند. پس از توقف جریان خروجی آب از دستگاه که برای مکش‌های مختلف متفاوت بود (از ۲۴ تا ۱۲۰ ساعت)، نمونه‌ها از دستگاه خارج و بلافاصله توزین شد و سپس در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد جهت خشک شدن و رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند.

رطوبت وزنی نمونه‌ها طبق رابطه (۳) تعیین گردید (Klute, 1986).

$$\theta_m = \left(\frac{W_1 - W_2}{W_2}\right) \times 100 \qquad \text{(رابطه ۳)}$$

که در این رابطه W_1 وزن خاک مرطوب برحسب گرم، W_2 وزن خاک خشک برحسب گرم و θ_m رطوبت وزنی برحسب درصد می‌باشند.

تجزیه‌ی آماری

برای تجزیه آماری از نرم‌افزارهای SPSS Version 22 و Microsoft Office Excel 2013 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

تأثیر اصلاح‌کننده‌ها بر جرم مخصوص ظاهری خاک، تخلخل، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده گیاه

تجزیه واریانس اثر اصلاح‌کننده و سطوح مختلف بر برخی خصوصیات فیزیکی خاک نشان داد که اثر جداگانه اصلاح‌کننده‌ها و سطوح اصلاح کننده‌ها روی جرم مخصوص ظاهری خاک، تخلخل، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد دارد. همچنین اثر متقابل اصلاح‌کننده×سطوح بر همه‌ی شاخص‌های اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲).

www.SID.ir

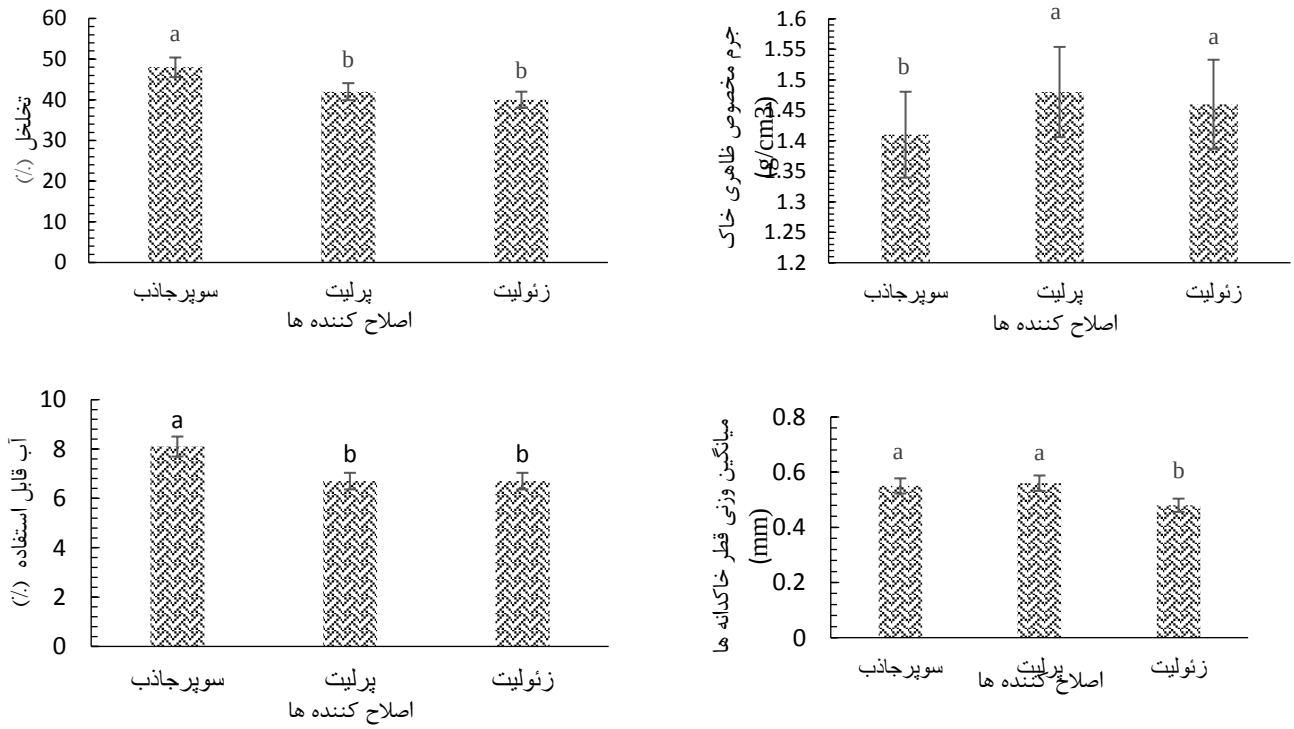
Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کاربرد نوع مواد اصلاحی، سطوح مختلف و اثر متقابل آن‌ها بر جرم مخصوص ظاهری، تخلخل، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده گیاه

منبع تغییرات	درجه آزادی	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	تخلخل (%)	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (mm)	آب قابل استفاده گیاه (%)
نوع اصلاح‌کننده	۲	۲۶/۳۵۵**	۳۳/۵۷**	۱۲/۹۸**	۱۶/۴۲**
سطوح اصلاح کننده	۴	۷۹/۱۳۴**	۲۱۳/۰۴**	۱۴۲/۷۸**	۴۵/۰۵**
اصلاح‌کننده×سطوح	۸	۲/۹۹**	۴/۸۴**	۲/۳۹*	۲/۹۹**
خطا	۴۵	-	-	-	-
کل	۵۹	-	-	-	-

ns: عدم معنی‌داری، **: معنی‌دار در سطح یک درصد ، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد.

با به‌کارگیری اصلاح‌کننده‌های سوپر جاذب بلور آب A، پرلیت و زئولیت در نمونه‌ها، تخلخل، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده افزایش و جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت. کاربرد سوپر جاذب‌ها در خاک موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گردید که علت این امر می‌تواند ناشی از انبساط خاک و کمتر بودن جرم مخصوص ظاهری ماده‌ی اصلاحی نسبت به خاک باشد (Zangouei Nasab *et al*., 2012). در اصلاح‌کننده‌ی سوپر جاذب، تخلخل با ۴۸ درصد، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها ۰/۵۵ میلی‌متر و آب قابل استفاده با ۸/۱۰ درصد بیشترین مقدار را داشتند ولی این میزان تغییر در شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده تحت تأثیر سوپر جاذب، در میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با پرلیت تفاوت معنی‌داری نشان نداد. همچنین در اصلاح‌کننده‌ی سوپر جاذب جرم مخصوص ظاهری خاک با میانگین ۱/۴۱ گرم در سانتی‌مترمکعب کمترین مقدار را نشان داد (شکل ۱).



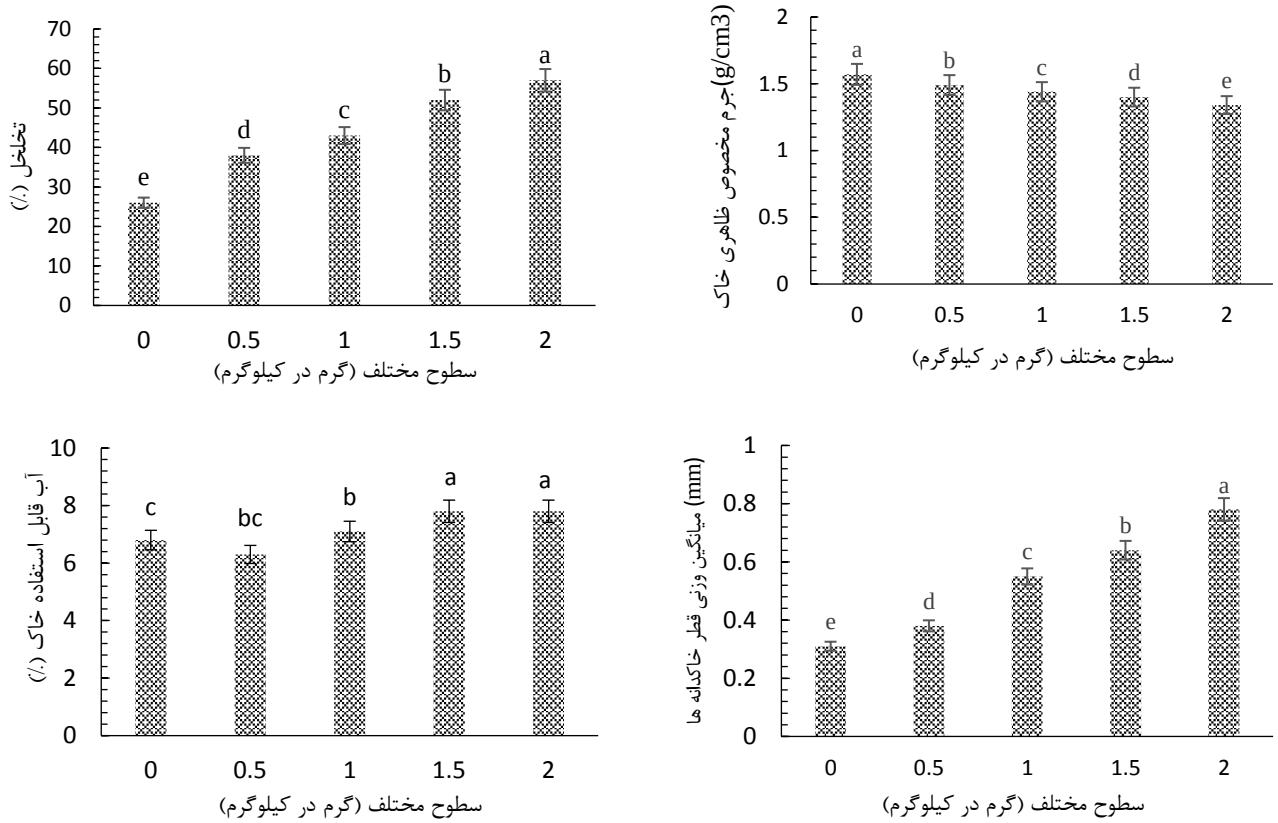
شکل ۱- اثر اصلاح کننده‌ها بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

مطابق شکل (۲) با افزایش مقدار اصلاح‌کننده‌ها هر یک از خصوصیات فیزیکی خاک به‌جز جرم مخصوص ظاهری افزایش یافت و بین سطوح مختلف اصلاح‌کننده‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده گردید. به‌طوری‌که در بین سطوح مختلف اصلاح‌کننده‌ها، سطح ۲ گرم بر کیلوگرم خاک بیشترین تخلخل، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده گیاه و کمترین جرم مخصوص ظاهری را نشان داد. در این سطح تخلخل با میانگین ۵۷ درصد، میانگین وزنی قطر خاکدانه با میانگین

www.SID.ir

Archive of SID

۰/۷۸ میلی‌متر و آب قابل استفاده با میانگین ۷/۸۰ درصد افزایش و جرم مخصوص ظاهری خاک با میانگین ۱/۳۴ گرم بر مترمکعب کاهش یافت. همچنین کمترین تخلخل، میانگین وزنی قطر خاکدانه و آب قابل استفاده و بیشترین جرم مخصوص ظاهری آب مربوط به سطح صفر (شاهد) به دست آمد (شکل ۲). افزایش میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها با نتایج پژوهش‌های Benkova *et al.* (2005) و Andry *et al.* (2009)، افزایش آب قابل استفاده با نتایج تحقیقات Parvanak Broujeni and Beigi (2009) و Harchegani and Haghshenas Gorgabi (2011) هم‌خوانی داشت. Behbahani *et al.* (2009) بیان کردند که با جذب و از دست دادن رطوبت توسط پلیمر سوپر جاذب قرار گرفته بین ذرات خاک و انبساط و انقباض آن، ذرات خاک به یکدیگر نزدیک‌تر شده و با ایجاد خاکدانه‌ها، باعث پایداری ساختمان خاک، افزایش تخلخل خاک و کاهش جرم مخصوص ظاهری می‌گردند. همچنین Zeineldin and Aldakheel (2006) گزارش نمودند که ظرفیت بالای جذب آب توسط پلیمر سوپر جاذب منجر به افزایش بیشتر تخلخل ریز، اثر مویینگی و کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک می‌گردد. پژوهشگران مختلفی از جمله Zangouei *et al.* (2012)، Nasab Kaghazchi (2010) و Kamran Samani (2011) نیز این موضوع را تائید کرده‌اند.



شکل ۲- اثر سطوح مختلف اصلاح‌کننده‌ها (گرم بر کیلوگرم) بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

بررسی اثر متقابل اصلاح‌کننده‌ها و سطوح آن‌ها بر برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک

مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح‌کننده و سطوح مختلف طبق جدول (۳) نشان می‌دهد که بیشترین تخلخل خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و آب قابل استفاده گیاه مربوط به تیمار S_2 (سوپر جاذب در سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک) با میانگین به ترتیب (۶۵ درصد، ۰/۸۴ میلی‌متر و ۹/۵۰ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین به ترتیب (۲۶ درصد، ۰/۳۱ میلی‌متر و ۶/۸۰ درصد) به دست آمد. از طرفی بین تیمارهای S_1، S_2 و S_3 از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در آب قابل استفاده گیاه مشاهده نگردید. همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که کمترین جرم مخصوص ظاهری خاک مربوط به تیمار S_2 (سوپر جاذب در سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک) با میانگین ۱/۲۸ گرم بر مترمکعب و بیشترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۱/۵۶ گرم بر مترمکعب می‌باشد. افزایش رطوبت قابل استفاده گیاه در تیمارهای حاوی پلیمر نسبت به شاهد را می‌توان به ساختمان پلیمر و خواص آب‌دوستی آن نسبت داد. Oester *et al.* (1995) پلیمرها را بر دو نوع تقسیم کرده‌اند. گروه اول دارای ساختمان شبکه‌ای بوده و در هنگام بارندگی و آبیاری تمایل برای جذب آب داشته و در موقع خشکی با تخلیه آب، آن

www.SID.ir

Archive of SID

را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. گروه دوم پلیمرهای غیر آبدوست بوده که تمایلی به جذب آب نداشته و ذرات خاک را به هم می‌چسبانند. در خاک مورد آزمایش ساختمان شبکه‌ای سوپر جاذب بلور آب A منجر به جذب و نگهداری بیشتر آب نسبت به تیمار شاهد گردیده است. افزایش آب قابل استفاده در این پژوهش با نتایج حاصل از تحقیقات Parvanak Broujeni (2009)، Rajaei and Raiesi (2010)، Seyed Dorraji et al. (2010) و Kheiri Shalamzari and Boroomand Nasab (2012) مطابقت داشت.

از طرفی با افزایش سطوح پلیمر سوپر جاذب، تخلخل خاک نسبت به شاهد افزایش یافته است. تغییر در تخلخل خاک می‌تواند بدین دلیل باشد که فرایند تورم پلیمر در حضور آب منجر به افزایش حجم خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل کل می‌گردد که پژوهشگران مختلفی از جمله Ebrahimi *et al*. (2005)، Rajaei and Raiesi (2010)، Seyed Dorraji et al. (2010) و Kheiri Shalamzari and Boroomand Nasab (2012) این موضوع را تائید کرده‌اند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح‌کننده‌ها و سطوح بر ویژگی‌های فیزیکی خاک

تیمار	سطح (g/kg)	جرم مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3)	تخلخل (%)	میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها (mm)	آب قابل‌استفاده گیاه (%)
شاهد	۰	۱/۵۶a	۲۶/۰۰h	۰/۳۱f	۶/۸۰b
سوپر جاذب (S)	۰/۵	۱/۴۷cd	۴۰/۵۰Fg	۰/۳۸ef	۶/۰۰b
	۱	۱/۳۸fg	۴۷/۵۰de	۰/۵۷d	۹/۰۰a
	۱/۵	۱/۳۳gh	۵۸/۷۵b	۰/۶۶cd	۹/۵۰a
	۲	۱/۲۸h	۶۵/۰۰a	۰/۸۴a	۹/۵۰a
پرلیت (P)	۰/۵	۱/۵۳abc	۳۶/۷۵g	۰/۴۰ef	۶/۵۰b
	۱	۱/۴۸bcd	۴۲/۲۵efg	۰/۶۳cd	۶/۰۰b
	۱/۵	۱/۴۳def	۵۱/۲۵cd	۰/۶۷cd	۷/۰۰b
	۲	۱/۳۵g	۵۵/۲۵bc	۰/۷۸ab	۶/۸۰b
زئولیت (Z)	۰/۵	۱/۴۸bcd	۳۷/۲۵g	۰/۳۷ef	۶/۵۰b
	۱	۱/۴۶de	۴۰/۵۰fg	۰/۴۴e	۶/۰۰b
	۱/۵	۱/۴۳def	۴۵/۷۵def	۰/۵۷d	۷/۰۰b
	۲	۱/۳۹efg	۵۱/۵۰cd	۰/۷۱bc	۷/۳۰b

تأثیر اصلاح‌کننده‌ها بر رطوبت وزنی خاک در مکش‌های مختلف

رطوبت وزنی خاک در مکش‌های ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ بار

تجزیه واریانس اثر اصلاح‌کننده و سطوح مختلف بر رطوبت خاک نشان‌دهنده این است که اثر جداگانه اصلاح‌کننده‌ها و سطوح بر همه‌ی مکش‌ها در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری دارد.

همچنین اثر متقابل اصلاح‌کننده×سطوح بر رطوبت خاک در مکش‌های ۰/۳، ۱ و ۳ بار در سطح یک درصد (P>0.01) و در مکش ۰/۲ بار در سطح پنج درصد (P>0.05) تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول ۲).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کاربرد نوع مواد اصلاحی، سطوح مختلف و اثر متقابل آن‌ها بر رطوبت خاک در مکش‌های مختلف

منبع تغییرات	درجه آزادی	رطوبت وزنی خاک (%)						
		مکش ۰/۱ (bar)	مکش ۰/۲ (bar)	مکش۰/۳ (bar)	مکش ۱ (bar)	مکش ۳ (bar)	مکش ۵ (bar)	مکش ۱۵ (bar)
اصلاح‌کننده	۲	۱۵/۶۵**	۲۴/۶۷**	۳۸۱/۸۰**	۱۵۱/۳۲**	۳/۴۴**	۸/۵۷**	۷/۳۹**
سطوح	۴	۱۳۱/۴۰**	۱۵/۲۲**	۳۶۳/۴۵**	۲۷۲/۹۳**	۱/۷۵**	۲۳/۷۳**	۵۲/۸۶**
اصلاح‌کننده×سطوح	۸	۱/۷۵ns	۲/۶۸*	۵۸/۷۱**	۱۳/۲۳**	۰/۸۲**	۱/۳۲ns	۱/۴۳ns
خطا	۴۵	-	-	-	-	-	-	-
کل	۵۹	-	-	-	-	-	-	-

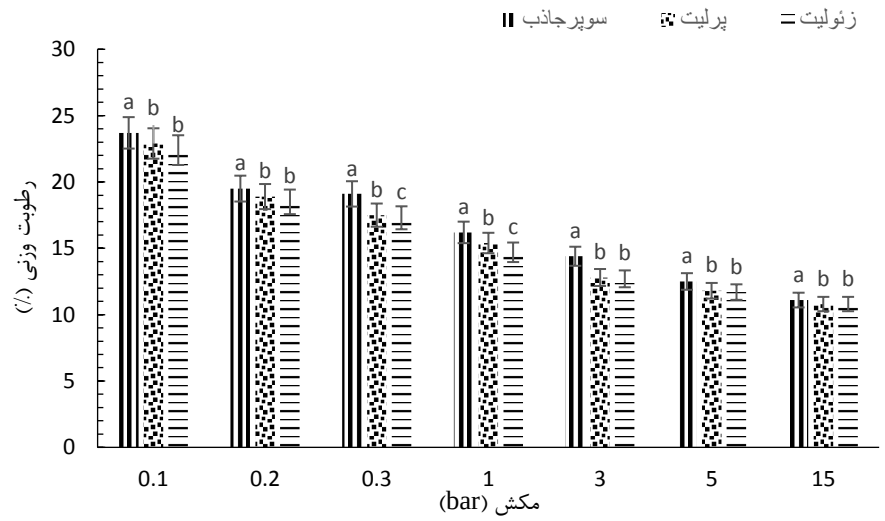
ns: عدم معنی‌داری، **: معنی‌دار در سطح یک درصد، *: معنی‌دار در سطح پنج درصد.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر اصلاح‌کننده‌ها بر رطوبت وزنی خاک در مکش‌های ۰/۱، ۰/۲و ۰/۳ بار مطابق شکل (۳) نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک در این مکش‌ها مربوط به تیمار سوپر جاذب با میانگین به ترتیب (۲۴، ۲۰ و ۱۹

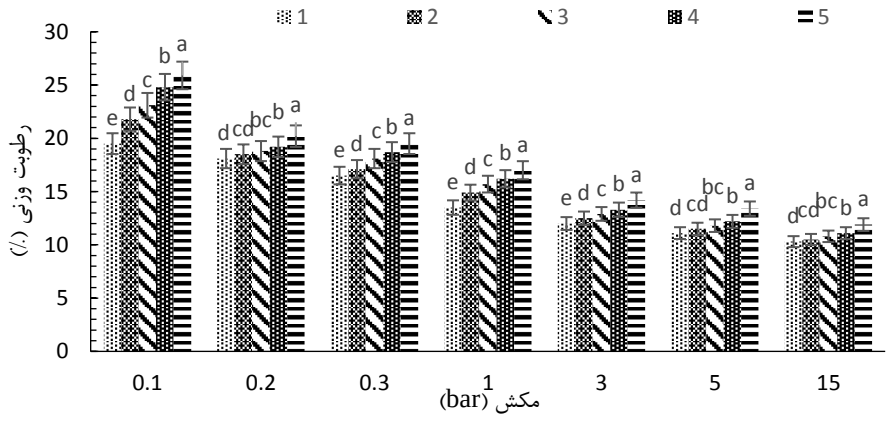
www.SID.ir

Archive of SID

درصد وزنی) و کمترین آن مربوط به تیمار زئولیت با میانگین به ترتیب (۲۲، ۱۹و ۱۷ درصد وزنی) می‌باشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف مواد اصلاحی بر رطوبت وزنی خاک در این مکش‌ها نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک مربوط به سطح ۲ گرم در هر کیلوگرم خاک مواد اصلاحی و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (بدون مواد اصلاحی) مشاهده شد (شکل۴). مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح‌کننده و سطوح مختلف طبق جدول (۵) نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک در این مکش‌ها مربوط به تیمار S_2 (سوپر جاذب در سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک) با میانگین به ترتیب (۲۷، ۲۲و ۲۲ درصد وزنی) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین به ترتیب (۲۰، ۱۸و ۱۷ درصد وزنی) است. از طرفی در مکش ۰/۱ بار بین تیمارهای Z_2، P_2، $S_{1/5}$ و $P_{1/5}$ و در مکش ۰/۲ بار بین تیمارهای P_2، $S_{1/5}$، Z_2، $P_{1/5}$، S_1، $S_{.5}$ و P_1 از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دیده نشد. افزایش رطوبت خاک در اثر کاربرد سوپر جاذب را می‌توان به خواص آب‌دوستی سوپر جاذب که منجر به تغییر خواص خاک می‌گردند نسبت داد. ظرفیت بالای جذب آب پلیمر منجر به افزایش بیشتر خلل و فرج ریز و تأثیر مویینگی گردید (Zeineldin and Aldakheel, 2006). همچنین با افزایش مکش میزان رطوبت وزنی کاهش یافت. مطالعات Abedi Koupai (2004) نشان داد که اگرچه در مکش‌های پایین میزان قابل‌توجهی از رطوبت جذب شده توسط ابر جاذب‌ها آزاد می‌شود اما در مکش‌های بالا میزان آزادسازی رطوبت از مواد جاذب به خاک کاهش می‌یابد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات Al-Abedi Koupai *et al*. (2005)، Bai *et al*. (2010)، Boroomand Nasab (2012)، Kashkuli and Zohrabi (2013)، Mohammadi Torkashvand and Shadparvar (2013) و Omran *et al*. (1987)، Sivapalan (2006)، Kheiri Shalamzari and همخوانی داشت.



شکل۳- اثر نوع اصلاح‌کننده‌ها بر رطوبت وزنی خاک در مکش‌های مختلف



شکل ۴- اثر سطوح مختلف اصلاح‌کننده‌ها (گرم بر کیلوگرم) بر رطوبت وزنی خاک در مکش‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح‌کننده‌ها و سطوح آن‌ها بر منحنی رطوبتی خاک در مکش‌های مختلف

تیمار	سطح (g/kg)	رطوبت وزنی خاک (%) مکش ۰/۱ (bar)	مکش ۰/۲ (bar)	مکش ۰/۳ (bar)	مکش ۱ (bar)	مکش ۳ (bar)	مکش ۵ (bar)	مکش ۱۵ (bar)
شاهد	۰	۱۹/۵۰h	۱۸/۱۰d	۱۶/۵۰h	۱۳/۴۰h	۱۲/۰۰H	۱۱/۰۰e	۱۰/۳۰g
سوپر جاذب (S)	۰/۵	۲۲/۹۰def	۱۸/۹۰bcd	۱۷/۳۰fg	۱۶/۰۰cd	۱۲/۷۰efg	۱۱/۹۰cde	۱۰/۶۰efg
	۱	۲۳/۹۰bcd	۱۹/۱۰bcd	۱۹/۶۰c	۱۶/۸۰b	۱۳/۳۰d	۱۲/۳۰cde	۱۱/۱۰cde
	۱/۵	۲۵/۴۰b	۱۹/۷۰bc	۲۰/۶۰b	۱۷/۲۰ab	۱۴/۰۰b	۱۳/۰۰abc	۱۱/۳۰bcd
	۲	۲۷/۴۰a	۲۱/۶۰a	۲۱/۵۰a	۱۷/۶۰a	۱۵/۴۰a	۱۴/۱۰a	۱۲/۳۰a
پرلیت (P)	۰/۵	۲۱/۸۰fg	۱۸/۵۰cd	۱۷/۳۰g	۱۴/۶۰fg	۱۲/۵۰fgh	۱۱/۵۰de	۱۰/۵۰efg
	۱	۲۳/۰۰Cde	۱۸/۹۰bcd	۱۷/۵۰efg	۱۵/۵۰de	۱۲/۸۰ef	۱۱/۶۰cde	۱۰/۸۰defg
	۱/۵	۲۶/۷۰bc	۱۹/۲۰bcd	۱۷/۹۰e	۱۶/۳۰c	۱۳/۱۰de	۱۲/۰۰cde	۱۱/۱۰cde
	۲	۲۵/۳۰b	۱۹/۹۰b	۱۸/۵۰d	۱۷/۴۰ab	۱۳/۷۰bc	۱۲/۵۰bcd	۱۱/۶۰bc
زئولیت (Z)	۰/۵	۲۱/۰۰Gh	۱۸/۱۰d	۱۶/۷۰h	۱۴/۰۰gh	۱۲/۳۰gh	۱۱/۱۰e	۱۰/۴۰fg
	۱	۲۲/۱۰efg	۱۸/۴۰d	۱۷/۲۰g	۱۴/۷۰f	۱۲/۷۰efg	۱۱/۵۰de	۱۰/۶۰efg
	۱/۵	۲۴/۳۰bc	۱۸/۸۰bcd	۱۷/۷۰ef	۱۵/۰۰ef	۱۲/۸۰ef	۱۱/۸۰cde	۱۰/۹۰def
	۲	۲۵/۱۰b	۱۹/۲۰bcd	۱۸/۵۰d	۱۶/۱۰c	۱۳/۵۰cd	۱۲/۵۰ab	۱۱/۷۰b

رطوبت وزنی خاک در مکش ۱، ۳ و ۵ بار

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر اصلاح‌کننده‌ها بر رطوبت وزنی خاک در مکش‌های ۱، ۳ و ۵ بار مطابق شکل (۳) نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک در این مکش‌ها مربوط به تیمار سوپر جاذب با میانگین به ترتیب (۱۶، ۱۴و۱۳ درصد وزنی) و کمترین آن مربوط به تیمار زئولیت با میانگین (۱۵، ۱۳و ۱۲ درصد وزنی) مشاهده شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف مواد اصلاحی بر رطوبت وزنی خاک در این مکش‌ها حاکی از آن است که بیشترین رطوبت وزنی خاک مربوط به سطح ۲ گرم در هر کیلوگرم خاک مواد اصلاحی و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (بدون مواد اصلاحی) می‌باشد (شکل۴). مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح‌کننده و سطوح مختلف طبق جدول (۵) نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک در مکش‌های ۱، ۳ و ۵ بار مربوط به تیمار S_2 (سوپر جاذب در سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک) با میانگین به ترتیب (۱۸، ۱۵و ۱۴ درصد وزنی) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین به ترتیب (۱۳، ۱۲و ۱۱ درصد وزنی) است. البته در مکش‌های ۱ و ۵ بار بین تیمارهای S_2، $S_{1/5}$ و P_2 از نظر آماری اختلاف معنی‌داری دیده نشد. همان‌طور که گفته شد پلیمرهای سوپر جاذب ده‌ها تا صدها برابر وزن خود، آب یا محلول‌های آبی را جذب می‌کنند. افزایش رطوبت خاک می‌تواند به دلیل بهبود پارامترهای فیزیکی خاک ازجمله افزایش تراکم خاک، کاهش جرم مخصوص ظاهری و افزایش تخلخل خاک باشد. یافته‌های Seyed Dorraji *et al.* (2010) و Emami *et al.* (2016) با نتایج تحقیق حاضر در این زمینه هم‌خوانی داشتند.

رطوبت وزنی خاک در مکش ۱۵ بار

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر اصلاح‌کننده‌ها بر رطوبت وزنی خاک در مکش ۱۵ بار مطابق شکل (۳) نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک در این مکش مربوط به تیمار سوپر جاذب با میانگین (۱۱ درصد وزنی) و کمترین آن مربوط به تیمار زئولیت با میانگین (۱۰ درصد وزنی) مشاهده شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف مواد اصلاحی بر رطوبت وزنی خاک در این مکش نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک مربوط به سطح ۲ گرم در هر کیلوگرم خاک مواد اصلاحی و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (بدون مواد اصلاحی) مشاهده شد (شکل ۴). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل اصلاح‌کننده و سطوح مختلف مطابق جدول (۵) نشان داد که بیشترین رطوبت وزنی خاک در این مکش مربوط به تیمار S_2 (سوپر جاذب در سطح ۲ گرم در کیلوگرم خاک) با میانگین ۱۲/۳۰ درصد وزنی و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۱۰/۳۰ درصد وزنی است. پلیمرهای سوپر جاذب به دلیل توانایی‌شان در جذب مقدار زیاد آب به‌عنوان مخازن کوچک آب عمل نموده و می‌توانند این آب را

www.SID.ir

Archive of SID

برای گیاه قابل استفاده و سبب تأخیر در نقطه پژمردگی گردند. در پژوهشی اثر هیدروژل ویترا (نوعی سوپر جاذب) بر پژمردگی و تنش رطوبتی دو گیاه آهار و جعفری بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش میزان هیدروژل، سبب افزایش زمان رسیدن به نقطه پژمردگی گردید (Gehring and Lewis 1980). در یک پژوهش دیگر، اثر هیدروژل روی رشد و پژمردگی سه گیاه زینتی مورد بررسی قرار گرفت. نتـایج نشـان داد که هیدروژل اثر مفیدی روی رشد گیاهان نداشته امـا زمـان لازم برای رسیدن به نقطه پژمردگی را تا سه روز افزایش داد (Wang and Gregg, 1992). همچنین نتایج به دست آمده در این پژوهش با نتایج Dasht Bozorg *et al*. (2013)، Shokuohifar *et al*. (2016) و Mohammadi Torkashvand *et al*. (2016) هم‌خوانی داشت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که در همه‌ی مکش‌ها، تیمارهای آزمایشی میزان رطوبت نگهداری شده در خاک را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند. همچنین با افزودن پلیمر سوپر جاذب بلور آب A، زئولیت و پرلیت میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها و تخلخل خاک نسبت به شاهد افزایش یافتند و این افزایش در پلیمر سوپر جاذب بلور آب A نسبت به زئولیت و پرلیت بیشتر بود. از طرفی با افزودن اصلاح‌کننده به خاک جرم مخصوص ظاهری خاک کاهش یافت که بیانگر تأثیر مثبت اصلاح کننده‌ها در تشکیل خاکدانه‌ها، بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش تخلخل و منافذ درشت خاک می‌باشد. همچنین کاربرد اصلاح کننده‌ها باعث افزایش رطوبت قابل استفاده گیاه شد که این افزایش را می‌توان به ساختمان پلیمر و خواص آب‌دوستی آن نسبت داد. بنابراین استفاده از سوپر جاذب‌ها در بافت سبک این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان در این خاک‌ها برای کشت گیاهان به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک بهره گرفت.

REFERENCES

Abedi Koupai, A. (2004). Evaluating the Application of Superabsorbent Polymers on Soil Water Capacity and Potential on Three Soil Textures. *Iranian Journal of Polymer Science and Technology*, 17(3).

Abedi Koupai, J. and Assad Kazemi, J. (2005). Effect of zeolite application in soil on optimization of water for green area. *Proceedings of the workshop on Mechanized surface irrigation*, pp. 151-158. (In Farsi).

AL-Harbi, A. R., AL-Omran, A. M., Wahdan H. and Shalaby, A.A. (1994). Impact of irrigation regime and addition of a soil conditioner on tomato seedling growth. *Arid soil Research and Rehabilitation*, 8(3), 285-290.

Al-Omran, A. M., Mustafa, M. A. and Shalaby, A. A. (1987). Intermittent evaporation from soil columns as affected by a gel-forming conditioner. *Soil Science Society of America Journal*, 51(6), 1593-1599.

Andry, H., Yamamoto, T. and Inoue, M. (2009). Influence of artificial zeolite and hydrated lime amendments on the erodibility of an acidic soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40(7-8), 1053-1072.

Azizi, S. and Mannsour Lakouraj, M. (2008). Synthesis and swelling behavior optimization of acrylic superabsorbent polymers for medical, pharmaceutical and hygienic applications. *Journal of Babol University of Medical Sciences*, 10(2), 36-43. (In Farsi).

Bai, W., Zhang, H., 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.

Beigi Harchegani, H.A. and Haghshenas Gorgabi, M. (2011). Interaction effect of mianeh zeolite and taravat® A200 polymer on water retention and available water in a coarse-textured soil. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 19(4), 679-692. (In Farsi).

Behbahani, M. R., Mashhadi, R., Rahimi Khob, A. and Nazarifar, M. H. (2009). Study of super absorption polymer (SAP) stakasorb on moisture front of trickle and irrigation physical properties of soil. *Iranian. Journal of Irrigatioj and Drainage*, 3(1), 91-100. (In Farsi).

Benkova, M., Filcheva, E., Raytchev, T., Sokolovska, Z., Hajnos, M. and Jozefaciuk, G. (2005). Impact of different ameliorants on some characteristics of acid soil polluted with heavy metals. II. Effect on the soil aggregate stability. In: "Physicochemical management of acid soils polluted with heavy metals". T. Raytchev, G. Józefaciuk, Z. Sokolovska, M. Hajnos (Eds.), Centre of excellence for applied physics in sustainable agriculture agrophysics, Nikola Poushkarov ISS, Institute of agrophysics PAS, (pp.46-59), ISBN 83-89969-00-9.

Blake, G. R. and Hartge, K. H. (1986). Bulk density 1. Methods of soil analysis: part 1_physical and mineralogical mwthods, (methodsofsofsoilan1), 363-375.

Dasht Bozorg, A., Sayyad, G. A. and Kazeminejad, I. (2013). Assessing the effect of water absorption type on water storage capacity of soil. *Journal of Irrigation Science & Engineering*, 35(4),33-38. (In Farsi).

Danielson, R. E., & Sutherland, P. L. (1986). Porosity. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods*, (methodsofsoilan1), 443-461.

Ebrahimi, S., Homaei, M. and Vashghani Farahani, E.

www.SID.ir

Archive of SID

(2005). Investigation of super absorbent polymorphic behavior in more cyclic and drying cycles. In proceedings of *9th Soil Science Congress of Iran*, 28-31 Agu., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, (In Farsi).

El-Hady, O. A. and Wanas, Sh. A. (2006) Water and fertilizer use efficiency by cucumber grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(12), 1293-1297.

Emami, H., Astaraei, A. R., Mohajerpour, M., and Farahbaksh, A. (2016). The effects of soil conditioners on water retention content at different matric suctions in a saline-sodic soil. *Agroecology*, 4(2), 104-111. (In Farsi).

Gehring, J. M. and Lewis, A. J. (1980). Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of bedding plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(4), 511-513.

Ghayur, F., Eskandari, Z. and Sharbaf, A. H. (2005). Investigation and comparison of several moisture absorbing materials on the storage capacity and water potential in the soil. In proceedings of *9th Soil Science Congress of Iran*, 28-31 Agu., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, (In Farsi).

Kamran Samani, S. (2011*). Effect of natural zeolite on some physical and mechanical properties of soil*. Master's dissertation, Isfahan University of Technology, Isfahan, (In Farsi).

Kashkuli, H. A. and Zohrabi, N. (2013) The Effect of superabsorbent polymers on the water holding capacity and water potential of Karkhe Noor sandy soils. *International Journal of Scientific Research in Knowledge (IJSRK)*, 1(9), 317-324.

Kaghazchi, N. (2010). Effect of zeolite and hydrogel on soil hydraulic properties and cucumber growth indices in salinity conditions. *Master's dissertation, Isfahan University of Technology, Isfahan*, (In Farsi).

Kemper, W. D., & Rosenau, R. C. (1986). Aggregate stability and size distribution.

Klute, A. 1986. Water Retention: Laboratory Methods, pp. 635–666, In: A. Klute, ed., Methods of Soil Analysis, Part 1. *American Society of Agronomy, Madison, WI*.

Kheiri Shalamzari, K. and Boroomand Nasab, S. (2012). The effect of different levels of superabsorbent A300 in some physics and hydraulic properties of a silty loam Sosl. *Irrigation Science and Engineering (Scientific Journal of Agriculture)*, 36(4), 63-71. (In Farsi).

Maloupa, E., Mitsios, I., Martines, P. F. and Bladenopouiou, S. (1993). Study of substrate use in Gerbera soilless culture grown in plastic greenhouses. *Acta Horticulturae*, 323, 139-144.

Mohammadi Torkashvand, A. and Shadparvar, V. (2013). Effect of some organic waste and zeolite on water holding capacity and PWP delay of soil. *Current Biotica*. 6(4): 459-465.

Mohammadi Torkashvand, A., Sedaghat Hoor, S. and Jamalpour, H. (2016). Effects of some organic matter and an artificial moisture absorbent on soil available water, delay of permanent wilting point and the growth of lysimachia nummularia cv. Aurea. *Journal of water and Soil Sci*ence, 20(75), 87-99. (In Farsi)

Munsuz, N., Ataman, Y. and Unver, I. (1985) *Substrates and perlite in Agriculture*. Perl. Inst. Basic fact about perlite. Pub, BF. 76. Perl. Inst. New York.

Oester, C., Singer, M.J., Fulton, A. and Prichard, T. (1995). The difficulty of water penetration in the soil. *Translation Hagh niya, GH. H.* Mashhad: ferdowsi University. (In Farsi)

Parvanak Broujeni, K. (2009) Effect of moisture absorbent hydrogel A200 on porosity, water holding capacity and hydraulic conductivity of soil under field conditions. *Plant and Ecosystem*, 5(18), 102-118. (In Farsi).

Pour Esmaeel, P., Habibi, D., Tavasoli, A., Zahedi, H. and Tohidi Moghaddam, H. (2010). Effect of super absorbent polymer on physiological agronomic traits of red bean varieties under drought stress in greenhouse conditions. *Plant and Ecosystem*, 5(21), 75-91. (In Farsi).

Rajaei, F. and Raiesi, F. (2010). The role of superabsorbent Superab A200 in alleviating drought stress and its influence on nitrogen dynamics and soil alkaline phosphatase and urease activities. *Iranian Water Research Journal*, 4(7), 13-24. (In Farsi)

Seyed Dorraji, S., Golchin, A. and Ahmadi, S. (2010). The Effects of different levels of a super absorbent polymer and soil salinity on water holding capacity with three textures of sandy, loamy and clay. *Journal of Water and Soil* 24(2): 306-316. (In Farsi)

Shokuohifar, M., Boroomand Nasab, S., Soltani Mohammadi, A. and Hooshmand, A.R. (2016). The effect of salinity of irrigation water and super absorbent polymer on some hydraulic and physical properties of sandy loam soil. *Irrigation Science & Engineering*. 39(2), 101-113. (In Farsi).

Sivapalan, S. (2006). Some benefits of treating a sandy soil with a cross-linked type polyacrylamide. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, (45): 1-25.

Syadat, H. (1998). Matters on agricultural options for irrigation and drainage issues in the country. *In proceedings of 9th Seminar of Iranian National Committee on Irrigation and Drainage*, 23-24 Oct., National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran, Iran, pp. 381-394. (In Farsi).

Sohrabi, A. and Mikhak, A. (2013). *Zeolite and its Importance in Agriculture*. Isfahan: Kankash. (In Farsi)

Tandon, H. L. S. (2005). *Methods of analysis of soils, plants, waters, fertilisers & organic manure*. (Translete by Toully, H. and Semnani, A.). Ahvaz, Shahid Chamran University of Ahvaz Publications. (In Farsi).

Wang, Y.T. and Gregg, L.L. (1992). Hydrophilic polymers- their response to soil amendments and

www.SID.ir

Archive of SID

effect on properties of soilless potting mix. *Journal of American. Society for Horticultural Science*. 115(6), 943-948.

Xiubin, H. and Zhanbin, H. (2001). Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil, *Resource, Conservation and Recycling*, 34(1): 45-52.

Yasuda, H., Takuma, K., Fukuda, T., Araki, Y., Suzuka, J. and Fuku Yongma, Y. (1998). Effect of Zeolite on Water and Salt Control in Soil. *Tottori Daigaku Nogakubu Kenkyu Hokoku*, 51, 35-42.

Zarehaghi, D., Neyshabouri, M.R., Sadeghzadeh Reyhan, M.E. and Hassanpour, R. (2015). Effect of pumice on water holding capacity in soil, growth and yield of spring Safflower in dry land conditions. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 5(3): 191-204.

Zangouei Nasab, Sh., Emami, H., Astarai, A.S, and Yari, A.S. (2012). Effects of Streglot Hydrogel and Irrigation Round on Some Soil Properties and Growth of Seedlings, *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 3(1): 167-182. (In Farsi)

Zeineldin, F.I. and Aldakheel, Y.Y. (2006). Hydrogel polymer effects on available water capacity and percolation of sandy soils at Al-Hassa, Saudi Arabia. *CSBE/SCGAB 2006 Annual Conference.*

www.SID.ir