

## اثر متقابل زئولیت میانه و پلیمر طراوت A200 بر ظرفیت نگهداری آب و ضرایب مدل منحنی رطوبتی در یک بافت خاک سبک

حبیب‌الله بیگی هرچگانی<sup>۱\*</sup> و مرضیه حق‌شناس گرگابی<sup>۲</sup>

\*- نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

پست الکترونیک: beigi.habib@gmail.com

۲- کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۸/۲۲

### چکیده

در این مطالعه اثر زئولیت میانه و پلیمر طراوت A200 بر نگهداشت آب در یک خاک درشت بافت بررسی شد. زئولیت میانه در سطوح (۲، ۵ و ۸ درصد) و پلیمر طراوت A200 در چهار سطح (۰/۲، ۰/۴، ۰/۶ و ۰/۸ درصد وزنی) به خاک اضافه و مخلوط شد. رطوبت خاک در مکش‌های ۰ تا ۱۵۰۰ کیلوپاسکال در ۸ نقطه تعیین شد. ضرایب منحنی رطوبتی خاک با برازش مدل کمبل (۱۹۷۴) بدست آمد. نتایج نشان داد که افزودن زئولیت و یا پلیمر طراوت A200 به بافت سنی باعث افزایش نگهداشت آب در مکش‌های مختلف و افزایش آب قابل استفاده می‌شود. کاربرد ۸ درصدی زئولیت میانه ضمن بالابردن رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی (FC) از ۱۱٪ به ۱۳٪ باعث افزایش آب قابل استفاده به میزان ۲ درصد شد. همچنین افزودن ۰/۲ درصدی پلیمر A200 باعث افزایش ۶ درصد آب قابل استفاده شد. تغییر ضرایب شکل در مدل منحنی رطوبتی در پاسخ به افزودن همزمان زئولیت و پلیمر طراوت A200 نشان‌دهنده اثرهای جمع‌پذیر و تشدید آنها بود. با افزودن ۵ درصدی زئولیت و با افزودن ۰/۲ درصدی پلیمر طراوت A200، ضریب  $\theta$  از ۰/۲۱ به ۲/۰۰ افزایش و ضریب  $\lambda$  از ۷/۳۷ به ۵/۴۰ کاهش یافت که متناظر با ۷٪ افزایش در آب قابل استفاده است. کاربرد همزمان زئولیت میانه و پلیمر طراوت A200 می‌تواند حجم آب مورد نیاز گیاه را کاهش و یا طول دوره آبیاری را افزایش دهد و در مقایسه با کاربرد تنهای پلیمر ارزان‌تر بوده و احتمالاً از خسارت ناشی از تورم محیط خاک به ریشه گیاه بکاهد.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، پلیمر طراوت A200، نگهداری آب در خاک، منحنی رطوبتی خاک

### مقدمه

خاک برای افزایش کارایی مصرف آب و بهبود خواص فیزیکی خاک یکی از مهمترین راه‌های مقابله با کمبود آب بشمار می‌رود (نورافکن، ۱۳۸۶). از جمله این مواد

در مناطق خشک و بیابانی ایران، آب مهمترین عامل محدودکننده توسعه پوشش گیاهیست و رشد بسیاری از گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزودن مواد اصلاحی به

آبیاری ۶۷٪ و تیمار ۶ درصدی زئولیت فیروزکوه و آبیاری ۶۷٪ توانستند رشد طولی سرو نقره‌ای را برابر تیمار شاهد کنند. به عبارت دیگر، کاربرد ۶ درصدی این دو زئولیت نیاز آبی سرو نقره‌ای را به میزان یک سوم شاهد کاهش داد. (Abdi (2008) با اضافه کردن سطوح مختلف زئولیت (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) به محیط کشت چمن کتاکای بلوگراس<sup>۳</sup> و اعمال ۳ سطح تخلیه رطوبتی خاک (۲۵، ۴۵ و ۶۵ درصد) دو ماه بعد از کشت بذرها (گذشت دوره استقرار) چنین نتیجه گرفت که کاربرد ۱۵٪ زئولیت به همراه اعمال پایین‌ترین درصد تخلیه رطوبتی خاک (۲۵ درصد) باعث بیشترین رویش و کیفیت چمن شد. سطوح ۵ و ۱۰ درصدی زئولیت اختلاف معنی‌داری را با شاهد از خود نشان ندادند.

سوپرجاذب‌ها ژل‌های آب‌دوست و دارای ساختمان پلیمری زنجیری سه بعدی هستند که قادرند در محیط آبی متورم شوند. توانایی جذب آنها بستگی به عوامل مختلفی دارد. درجه تشکیل شبکه پلیمری، اندازه ذرات، واکنش آب (pH)، و حضور ترکیبات شیمیایی از جمله عوامل مؤثر در جذب آب هستند (سهراب، ۱۳۸۲).

کاربرد هیدروژل‌های جاذب رطوبت از جدیدترین شیوه‌های آبیاری برای مناطق خشک است که به کمک آن می‌توان مصرف آب آبیاری را به طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد. این پلیمرها ضمن برخورداری از سرعت و ظرفیت زیاد جذب آب به مثابه آب انبارهای مینیاتوری عمل کرده و در موقع نیاز ریشه، آب را در اختیار آن قرار می‌دهند. پلیمرهای سوپرجاذب ضمن بالابردن ظرفیت نگهداری آب در خاکهای سبک می‌توانند با جذب سریع آب و حفظ آن، بازده جذب آب ناشی از بارندگیهای

اصلاحی می‌توان به کانی‌های زئولیت<sup>۱</sup> و پلیمرهای سوپرجاذب رطوبت اشاره کرد.

زئولیت‌ها کانی‌هایی طبیعی بوده و کلینوپتی‌لولیت‌ها<sup>۲</sup> زئولیت‌های رایج برای اهداف کشاورزی هستند. طبیعت متخلخل این کانی‌ها باعث افزایش سطح ویژه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) آنها می‌شود (Shaddox, 2004). زئولیت‌ها دارای عناصری مانند پتاسیم، کلسیم، سدیم، آلومینیوم، منیزیم، سیلیسیم، فسفر، گوگرد، مس، آهن و منگنز بوده و به‌عنوان مکمل کودهای کشاورزی محسوب می‌شوند. علاوه بر این، از زئولیت‌های کلینوپتی‌لولیت در کشاورزی برای افزایش نگهداشت رطوبت خاک و کاهش آبیاری نیترا استفاده می‌شود (طباطبایی، ۱۳۸۰).

Yasuda et al., (1995) تغییرات نگهداری آب را در اثر اضافه کردن زئولیت به خاک شنی بررسی کردند. آنها با برآزش مدل ون‌گنوختن (van Gnuchten et al., 1991) به منحنی رطوبتی به افزایش مقدار رطوبت قابل دسترس پی بردند. در پی آن، در تحقیق دیگری از Yasuda et al., (1998) اثر زئولیت بر کنترل آب و شوری در خاک بررسی شد. طی این آزمایش زئولیت علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب به‌عنوان یک ملایم‌کننده زیان شوری برای گیاهان تحت آبیاری با آب شور معرفی شد.

بنابراین به نظر می‌رسد که انواع زئولیت تأثیرهای متفاوتی بر رطوبت خاک به جای گذارند. اسدکاظمی (۱۳۸۴) نشان داد که کاربرد ۶ درصدی زئولیت سمنان نسبت به کاربرد ۶ درصدی زئولیت فیروزکوه بیشترین افزایش را در رطوبت قابل استفاده خاک باعث می‌شود. از طرف دیگر، کاربرد ۶ درصدی زئولیت سمنان تحت کم

1-Zeolite

2-Clinoptilolite

3-Poa pratensis

بانج شفيعی و همکاران (۱۳۸۵) اثر سوپرآب A200 را بر ویژگیهای رطوبتی ماسه‌بادی ارزیابی کردند. متناسب با سطح مصرف پلیمر نگهداشت رطوبت در همه‌ی مکش‌ها افزایش یافت و شکل منحنی رطوبتی دچار تغییرات شد. تورم خاک و در نتیجه آسیب به ریشه‌ی گیاه و کاهش آنگیری پلیمر از جمله نگرانی‌هایی بود که آنها ذکر کردند. به نظر می‌رسد این پژوهشگران افزایش یک بافت سنگین مثل رس‌سیلتی به ماسه بادی را بر افزایش پلیمر ترجیح دهند. در مطالعه‌ی دیگر، اثر متقابل سطوح متفاوت سوپرآب A200 و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در چند بافت از جمله در یک بافت شنی بررسی شد (سید دراجی و همکاران، ۱۳۸۸). در این مطالعه هم به اثرهای مثبت سوپرآب A200 بر خاک شنی و نیز به تغییرات منحنی رطوبتی تحت تأثیر کاربرد آن اشاره شده است. در هیچ کدام از این دو مطالعه تغییرات ضرایب شکل مدلهای منحنی رطوبتی بررسی نشده است.

کاربرد همزمان یک زئولیت با یک پلیمر سوپرچاذب شاید بتواند برخی نگرانی‌ها (مانند قیمت زیاد و اثر زیان‌بارتورمی) در مورد کاربرد تنهای پلیمر را کاهش دهد. از این رو به نظر می‌رسد تاکنون اثر کاربرد همزمان زئولیت میانه و پلیمر سوپرچاذب طراوات A200 بر نگهداشت رطوبت و بر شکل منحنی رطوبتی به‌ویژه در یک خاک شنی مورد بررسی قرار نگرفته است. در این تحقیق اثر کاربرد همزمان سطوح مختلف زئولیت کلینوپتیلولیت میانه و سطوح مختلف پلیمر طراوات A200 بر نگهداشت آب، آب قابل‌استفاده و همچنین بر ضرایب مدل منحنی رطوبتی کمبل (Campbell, 1974) در یک بافت خاک بسیار سبک مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از اجرای این تحقیق، ارزیابی کارایی و کاربرد همزمان این

پراکنده را بالابرده و در صورت آبیاری خاک، فواصل آبیاری را افزایش دهند. مقدار این افزایش با توجه به شرایط فیزیکی خاک، آب و هوا و میزان مصرف سوپرچاذب در خاک متفاوت است (سهراب، ۱۳۸۲).

غیور و همکاران (۱۳۸۴) از آثار متفاوت حاصل از ۵ نوع ماده جاذب رطوبت روی ظرفیت نگهداشت آب در بافت‌های مختلف خاک نتیجه گرفتند که پلیمرهای ابر جاذب در هر مکش از منحنی مشخصه رطوبتی خاک با توجه به مقادیر سطح استفاده از آنها تا چندبرابر درصد حجمی رطوبت خاک را افزایش می‌دهند. با توجه به رطوبت قابل دسترس، بهترین نتیجه در مورد بافت لومی و کاربرد پلیمر اکوازورب در سطوح استفاده ۴ و ۸ گرم در کیلوگرم خاک بدست آمد. مقدار رطوبت در این شرایط به ترتیب ۲ تا ۴ برابر نسبت به شاهد افزایش داشت.

البته منحنی رطوبتی خاک در آبیاری و زهکشی دارای اهمیت زیادی می‌باشد، زیرا تأثیر ساختمان خاک، تخلخل، توزیع اندازه خلل و فرج و جذب سطحی را بر حالت آب در خاک بیان می‌کند. حالت آب در خاک و تغییرات آن در خاک‌رخ، تعیین‌کننده جهت حرکت آب در خاک می‌باشد و در میزان حرکت آب در خاک و جذب آن به وسیله گیاه مؤثر است (عالمی، ۱۳۶۰). چنین می‌توان انتظار داشت که عوامل مؤثر بر شکل منحنی، ضرایب مدل یا تابع منحنی رطوبتی به‌ویژه ضرایب شکل را نیز تحت تأثیر قرار دهند (سهراب، ۱۳۸۲). از جمله آنها ضرایب  $\alpha$  (عکس مکش ورود هوا) و  $n$  (شیب منحنی رطوبتی) در منحنی رطوبتی ون‌گنوختن (van Gnuchten et al., 1991) هستند. ضرایب شکل بیانگر سرعت تخلیه‌ی رطوبت خاک تحت نیروی ثقل و یا انرژی تبخیر محیط هستند.

مخلوط شد. علاوه بر این، سه تکرار شاهد (بدون کاربرد پلیمر و ژئولیت) نیز در نظر گرفته شد. سطوح مواد اصلاحی با توجه به سطوح بکار رفته در کارهای دیگر (سهراب، ۱۳۸۲؛ اسدکاظمی ۱۳۸۴ و Abdi, 2008) و نیز با توجه به اقتصادی بودن افزایش این مواد به خاک انتخاب شد.

درصد وزنی رطوبت در مکش‌های ۰، ۵، ۷/۵ و ۱۰ کیلوپاسکال به وسیله دستگاه ستون آب آویزان<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد. برای این منظور ابتدا صفحه سرامیکی دستگاه و نمونه خاک به مدت ۲۴ ساعت اشباع شدند. سپس نمونه اشباع شده به مدت ۲۴ ساعت تحت فشار مورد نظر قرار گرفت. بعد از ۲۴ ساعت وزن نمونه مرطوب اندازه‌گیری و به مدت ۲۴ ساعت در داخل آون قرار داده شد. با استفاده از رابطه‌های (۱) و (۲) رطوبت وزنی و حجمی در مکش مورد نظر تعیین شد.

$$\theta_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (1)$$

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b \quad (2)$$

که در آنها:  $\theta_m$  و  $\theta_v$  به ترتیب رطوبت وزنی خاک و رطوبت حجمی خاک،  $m_1$  و  $m_2$  به ترتیب وزن خاک مرطوب و وزن خاک خشک شده در آون و  $\rho_b$  چگالی ظاهری خاک است.

رطوبت در مکش‌های ۳۳، ۱۰۰، ۵۰۰، ۱۵۰۰ کیلوپاسکال با کمک دستگاه محفظه فشاری اندازه‌گیری شد. برای آماده کردن نمونه‌ها برای قرار دادن در دستگاه صفحات فشاری به ترتیب زیر عمل شد: ابتدا صفحات سرامیکی دستگاه مذکور به مدت ۲۴ ساعت اشباع شدند.

مواد اصلاح‌کننده‌ی خاک در پرورش گیاهان مرتعی در شرایط کم‌آبی و استقرار آنها در عملیات بیابان‌زدایی می‌باشد.

## مواد و روشها

در این مطالعه یک خاک شنی از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از یکی از مزارع حواشی رودخانه زاینده‌رود در شهر سامان واقع در استان چهارمحال و بختیاری نمونه‌برداری شد. خاک مورد نظر بعد از انتقال به آزمایشگاه کوبیده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های اولیه این خاک در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به رس بسیار کم، شن بسیار زیاد، و کربن آلی ناچیز می‌توان این خاک را مشابه خاکهای اراضی بیابانی قلمداد کرد.

ژئولیت مورد استفاده در این مطالعه ژئولیت کلینوپتیلولیت میانه (از معادن شهر میانه از توابع استان آذربایجان شرقی) بود که از شرکت افروندتوسکا تهیه شد و بعد از عبور از الک دو میلی‌متری با خاک مخلوط گردید. برخی از خصوصیات کلی این نوع ژئولیت در جدول ۲ آمده است. پلیمر طراوت A200 ساخت شرکت رهاب‌رزین (تحت لیسانس پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران) از شرکت سبز جهان‌گستر واقع در شهرک علمی تحقیقاتی اصفهان تهیه شد. پلیمر سوپرچاذب A200 از نوع آکرلیل‌امید، آکرلیک‌اسید و پتاسیم‌آکریلات است (شکل ۱). برخی از مشخصات پلیمر طراوت A200 در جدول ۳ نشان داده شده است.

ژئولیت کلینوپتیلولیت میانه در ۳ سطح (۲، ۵ و ۸ درصد وزنی) و پلیمر طراوت A200 در ۴ سطح (۰/۲، ۰/۴، ۰/۸ و ۱ درصد وزنی) با سه تکرار به خاکها اضافه و

1- Hanging water column

طراوت A200 بر ویژگیهای رطوبتی خاک (رطوبت در هر مکش، آب قابل استفاده) و ضرایب مدل کمبل (Campbell, 1974) با استفاده از تجزیه واریانس بررسی شد. برای مقایسه میانگینهای رطوبت در هر مکش، و ضرایب مدل کمبل از آزمون LSD و سطح احتمال ۰.۵ استفاده شد. این محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار STATISTICA 8.0 انجام شد.

### نتایج

#### اثر کاربرد مواد اصلاحی بر نگهداشت آب

نتایج تجزیه واریانس اثر زئولیت میانه و سوپرجاذب A200 بر نگهداشت رطوبت در خاک شنی در جدول ۴ آمده است. کاربرد زئولیت میانه و سوپرجاذب A200 نگهداشت رطوبت در خاک را در تمام مکشهای اندازه گیری شده افزایش داد ( $p < 0.05$ ) (جدول ۴). اثر متقابل دو ماده‌ی اصلاحی عموماً تا مکشهای زیر ۵۰۰ kPa معنی دار بود.

تغییرات درصد رطوبت حجمی در مکشهای مختلف به دنبال کاربرد مواد اصلاحی در شکل ۲ نشان داده شده است. به طور کلی در تمامی مکشها با افزایش کاربرد زئولیت میانه و سوپرجاذب A200 درصد رطوبت حجمی به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش یافت ( $p < 0.05$ ). درصد حجمی رطوبت با افزایش کاربرد زئولیت میانه و سوپرجاذب A200 در تمام مکشها نیز به طور معنی داری افزایش یافت. به طوری که بیشترین افزایش در مکش صفر و یا نقطه اشباع رخ داد. با افزایش مکش، از میزان افزایش رطوبت حجمی به ازای کاربرد ماده‌ی اصلاحی کاسته شد.

سپس خاک مخلوط شده با زئولیت در استوانه‌هایی از جنس PVC به قطر ۶ سانتی متر و ارتفاع ۲ سانتی متر، که بر روی صفحات سرامیکی قرار داشتند، انتقال داده شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت با آب شهر ( $EC = 0.4 \text{ dS/m}$ ) اشباع شدند و در روز بعد به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت برای تعیین منحنی رطوبتی تحت فشار معادل مکش مورد نظر در دستگاه محفظه فشاری قرار گرفتند. بعد از رسیدن به تعادل، نمونه‌ها از دستگاه خارج و بلافاصله وزن شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $105^\circ\text{C}$  در آون کاملاً خشک شدند و وزن نهایی آن نیز اندازه گیری شد. بعد از تعیین رطوبت وزنی (رابطه‌ی ۱) و با استفاده از جرم ویژه ظاهری، رطوبت حجمی محاسبه شد (رابطه‌ی ۲).

به منظور بررسی اثر کاربرد زئولیت میانه و پلیمر طراوت A200 بر شکل و ضرایب منحنی رطوبتی خاک از مدل کمبل (۱۹۷۴) استفاده شد. معادله کمبل (۱۹۷۴) در رابطه‌ی ۳ ارائه شده است:

$$\psi = \psi_e \left( \frac{\theta_s}{\theta} \right)^2 \quad (3)$$

که در آن  $\psi$  = قدر مطلق پتانسیل ماتریک (مکش)،  $\theta$  = رطوبت حجمی،  $\theta_s$  = رطوبت حجمی اشباع،  $\psi_e$  = پتانسیل ورود هوا و  $\lambda$  = شاخص توزیع اندازه منافذ خاک است. ضریب  $\lambda$  بیانگر شیب تابع نگهداشت رطوبت بوده و ضریب شکل نام دارد.

ضریب مدل مذکور با برآزش هر مدل به داده‌های آزمایشی هر تکرار از هر تیمار با استفاده از نرم افزار SWRC 3.0 بدست آمد. این نرم افزار توسط دورادو- نتو و همکاران با هدف تخمین پارامترهای ۱۲ مدل منحنی رطوبتی خاک با استفاده از روش حداقل مربعات توسعه یافته و از اینترنت قابل دانلود است. اثر زئولیت و پلیمر

داد. به ازای افزودن هر یک درصد زئولیت FC و PWP به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۱۵ درصد حجمی افزایش نشان دادند. پس افزودن ۱۰ درصد زئولیت به خاک شنی آب قابل استفاده را در حدود ۱ درصد افزایش می دهد. به ازای افزودن هر یک درصد پلیمر A۲۰۰ درصد حجمی FC و PWP به ترتیب حدود ۳۴ و ۱۱ افزایش می یابد. پس افزودن ۱ درصد پلیمر A۲۰۰ به خاک شنی آب قابل استفاده را بیش از ۲۰ درصد افزایش می دهد (شکل ۳). پس از نظر افزایش آب قابل استفاده پلیمر A۲۰۰ بسیار مؤثرتر از زئولیت میانه است.

عملاً کاربرد ۱۰ درصدی زئولیت کلینوپتیلولیت میانه باعث افزایش آب قابل استفاده از ۳/۵ به ۵/۰ درصد یعنی به میزان ۱/۴ برابر شاهد شد ( $p < 0/05$ ). به نحوی که در اثر کاربرد پلیمر سوپرجاذب طراوت A۲۰۰ آب قابل استفاده خاک افزایش چشمگیری نسبت به شاهد نشان داد (شکل ۳). به طوری که در کاربرد ۰/۸ درصدی این ماده آب قابل استفاده بیش از ۶ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل ۳). در بسیاری از موارد کاربرد پلیمر به مقدار کم محدود می شود، به ویژه اگر خطر آسیب به ریشه گیاه، ناشی از تورم خاک تیمار شده با پلیمر، موجود باشد. از طرف دیگر کاربرد ماده اصلاحی باید مقرون به صرفه باشد. مثلاً کاربرد ۰/۲ درصدی پلیمر و ۵ درصدی زئولیت ممکن است معقول تر و عملی تر باشد. البته مقدار آب قابل استفاده در این صورت (با توجه به شکل ۳) به ترتیب ۸/۱ و ۴ درصد خواهد بود که به ترتیب افزایشی به مقدار ۴/۶ و ۰/۵ درصد در پی خواهد داشت.

به منظور بررسی اثر متقابل کاربرد زئولیت میانه و سوپرجاذب طراوت A۲۰۰ بر آب قابل استفاده در خاک شنی، تغییرات آب قابل استفاده در اثر کاربرد مقادیر

بیشترین افزایش نگهداری رطوبت در نقطه FC با کاربرد ۰/۸٪ زئولیت رخ داد. در نقطه ۳۳ کیلو پاسکال تمامی سطوح کاربرد با شاهد و با سطح قبلی اختلاف معنی داری نشان دادند ( $p < 0/05$ )، ولی در نقطه PWP فقط کاربرد ۸ درصدی زئولیت کلینوپتیلولیت میانه اختلاف معنی داری در مقابل شاهد ایجاد کرد. البته کاربرد ۰/۸ درصدی سوپرجاذب رطوبت حجمی FC را از ۱۲٪ به ۴۰٪ افزایش داده است که بیش از ۳ برابر افزایش نسبت به شاهد است. با افزایش مکش میزان افزایش رطوبت حجمی کاهش یافت، مثلاً در PWP کاربرد ۰/۸ درصدی سوپرجاذب رطوبت حجمی را فقط حدود دو برابر شاهد افزایش داد. در تمامی مکش های اندازه گیری شده تمامی سطوح کاربرد سوپرجاذب اختلاف معنی داری با شاهد و با سطوح قبلی ایجاد کرد. به طور کلی پاسخ خاک به کاربرد زئولیت کمتر از پاسخ آن به کاربرد پلیمر طراوت A200 بود (شکل ۲).

#### اثر کاربرد مواد اصلاحی بر آب قابل استفاده خاک

مقدار آب قابل استفاده گیاه بین دو حد پتانسیلی FC و PWP قرار دارد. یک خاک خوب خاکی است که PWP آن پایین باشد و یک اثر مثبت ماده اصلاح کننده آن است که FC را افزایش دهد و تأثیر چندانی روی PWP نگذارد. از آن جایی که مواد اصلاح کننده معمولاً هم FC و هم PWP را افزایش می دهند؛ احتمالاً تفاضل این دو شاخص یعنی آب قابل استفاده (FC-PWP) معیار خوبی برای قضاوت در مورد اثر مواد اصلاح کننده بشمار می رود.

تغییرات و رابطه ی FC و PWP با افزودن دو ماده ی اصلاح کننده در شکل ۳ نشان داده شده است. افزودن دو ماده ی اصلاح کننده FC و PWP را به طور خطی افزایش

طراوت A200 و اثر متقابل آنها در خاک شنی در جدول ۶ دیده می‌شود. در حالی که کاربرد سوپر جاذب A200 همگی ضرایب مدل منحنی رطوبتی را تغییر داد ( $p < 0.05$ )، و کاربرد تنهای زئولیت میانه فقط  $\theta_s$  را افزایش داد (جدول ۶). البته اثر متقابل دو ماده‌ی اصلاحی در تمام ضرایب مدل منحنی رطوبتی تغییر ایجاد کرد (جدول ۶).

ضرایب مدل تحت کاربرد ترکیبهای مختلف سوپر جاذب طراوت A200 و زئولیت کلینوپتیلولیت میانه در جدول ۷ ارائه و مقایسه شده است. با کاربرد تنهای زئولیت میانه و افزایش مقدار آن، مقدار  $\theta_s$  به‌طور معنی‌داری افزایش و از ۳۳٪ به ۳۶٪ رسید ( $p < 0.05$ )، ولی تغییر معنی‌داری در  $\psi_e$  (پتانسیل ورود هوا) و  $\lambda$  (شاخص توزیع اندازه منافذ خاک) دیده نشد. با کاربرد سوپر جاذب تنها و افزایش مقدار آن، مقدار  $\theta_s$  به‌شدت افزایش یافت ( $p < 0.05$ ) و به ۸۳٪ رسید. مقدار  $\theta_s$  در هر سطح کاربرد سوپر جاذب با  $\theta_s$  سطح دیگر متفاوت بود ( $p < 0.05$ ). با افزایش سطح استفاده از سوپر جاذب  $\psi_e$  یعنی پتانسیل ورود هوا افزایش ( $p < 0.05$ ) و مقدار  $\lambda$  کاهش یافت (جدول ۷).

تأثیر پلیمر طراوت A200 بر شکل و ضرایب منحنی رطوبتی ( $\theta_s$ ،  $\psi_e$  و  $\lambda$ ) بسیار شدیدتر از تأثیر زئولیت میانه بود. به‌طوری‌که تغییرات ایجاد شده حکایت از افزایش ظرفیت نگهداشت آب، تأخیر در از دست دادن آب ثقلی و غیرثقلی داشته که از اثر مثبت زئولیت و طراوت A200 در ایجاد تخلخل ریز و نگهداشت بیشتر آب ناشی می‌شود.

مختلف یک ماده اصلاحی در سطوح کاربرد ماده‌ی دیگر رسم شد (شکل ۴). طبق نمودار سمت چپ شکل ۴ با کاربرد ۰/۲ درصد پلیمر A200 شیب خط مربوط از ۰/۰۹ به ۰/۲۹ افزایش می‌یابد ( $p < 0.05$ )، ولی کاربرد بیشتر پلیمر شیب را تغییر نمی‌دهد ( $P > 0.05$ ). به عبارت دیگر با کاربرد ۰/۲ درصد پلیمر و کاربرد ۱۰ درصد زئولیت می‌توان یک اثر تشدید ۲ درصدی بر آب قابل‌استفاده انتظار داشت. در نمودار سمت راست شکل ۴ اثر چهار سطح زئولیت در هر سطح کاربرد پلیمر نشان داده شده است. دیده می‌شود که در هر سطح کاربرد پلیمر تفاوت معنی‌داری در آب قابل‌استفاده با کاربرد زئولیت ایجاد می‌شود. در این نمودار مقادیر آب قابل‌استفاده در عدم کاربرد و کاربرد ۸ درصدی زئولیت و تغییر بدست‌آمده از این کاربرد نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود بیشترین افزایش (۲/۵ درصد) با کاربرد ۸ درصدی زئولیت در سطح ۰/۲ درصد پلیمر ایجاد می‌شود.

#### اثر کاربرد مواد اصلاحی بر شکل و ضرایب منحنی رطوبتی

میانگین آماره‌های کیفیت برازش مدل که در محاسبه‌ی آنها از داده‌های تمام واحدهای آزمایشی استفاده شده است در جدول ۵ دیده می‌شود. مدل کمبل به‌خوبی داده‌های آزمایشی را توجیه می‌کند ( $R^2$  بسیار بالا و MSE بسیار پایین است). ضمناً AIC های منفی نشانه مناسب بودن برازش این مدل است.

نتایج تجزیه واریانس ضرایب مدل منحنی رطوبتی تحت تأثیر زئولیت کلینوپتیلولیت میانه، سوپر جاذب

جدول ۱- برخی خصوصیات نمونه خاک مورد مطالعه

رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	چگالی ظاهری (g cm <sup>-3</sup> )	کربن آلی (%)	pH	EC (dS/m)	کربنات کلسیم معادل (%)
۴	۱۳	۸۳	۱/۴۷	۰/۰۸	۷/۷۸	۰/۴۳	۱۵

pH و EC: هر دو در عصاره‌ی اشباع و با الکتروود اندازه‌گیری شده‌اند.

جدول ۲- درصد وزنی عناصر موجود در زئولیت کلینوپتیلولیت میانه به صورت اکسید آنها

و درصد کاهش وزن زئولیت در کوره (LOI)

LOI*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
۱۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۱	۱/۵	۱/۸	۳	۲/۳	۱۲/۲	۶۵

\* درصد از دست رفت آب در اثر خشکاندن در کوره

جدول ۳- برخی از مشخصات کلی پلیمر طراوت A۲۰۰

A۲۰۰	مشخصات
دانه‌های سفید شکر مانند	حالت ظاهری
۵-۷	رطوبت (%)
۱/۴-۱/۵	چگالی (Mg m <sup>-3</sup> )
۶-۷	pH محلول آبی
۵۰-۱۵۰	اندازه ذرات (μm)
۲۲۰	ظرفیت جذب آب مقطر (g/g)
۱۹۰	ظرفیت جذب آب شهر (g/g)
۴۵	ظرفیت جذب آب ۰/۰۹ NaCl (g/g)

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس رطوبت در مکش‌های مختلف حاصل از تأثیر سوپر جاذب طراوت A۲۰۰،

زئولیت کلینوپتیلولیت میانه و اثر متقابل آنها در خاک شنی

θ <sub>۱۰۰</sub>	θ <sub>۵۰</sub>	θ <sub>۱۰</sub>	θ <sub>۳۳</sub>	θ <sub>۱</sub>	θ <sub>۰</sub>	θ <sub>s</sub>	درجه آزادی	منبع تغییرات
۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۴	سوپر جاذب طراوت A۲۰۰
۰/۰۲۴*	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۳	زئولیت کلینوپتیلولیت میانه
۰/۳۹۰ <sup>n.s</sup>	۰/۱۵۰ <sup>n.s</sup>	۰/۰۱۰*	۰/۰۲۲*	۰/۰۶۶ <sup>n.s</sup>	۰/۰۰۱***	۰/۰۱۹*	۱۲	سوپر جاذب A۲۰۰× زئولیت میانه

ارقام متن جدول p-value هستند. \*\*\*: p<۰/۰۰۱، \*\*: p<۰/۰۱، \*: p<۰/۰۵ و n.s: عدم معنی‌داری.



جدول ۵- میانگین آماره‌های کیفیت برازش مدل منحنی رطوبتی کمبل (۱۹۷۴) به خاک شنی (از داده‌های تمام واحدهای آزمایشی در محاسبه استفاده شده است).

مدل	R <sup>2***</sup>	MSE**	AIC*
کمبل (۱۹۷۴)	۰/۹۸۹	۰/۰۰۰۶	-۱۳/۴۲

\* Akaike Information Criterion \*\* Mean sum of square errors \*\*\* R-square

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس ضرایب مدل منحنی رطوبتی حاصل از تأثیر زئولیت کلینوپتیلولیت میانه، سوپر جاذب طراوت A۲۰۰ و اثر متقابل آنها در خاک شنی

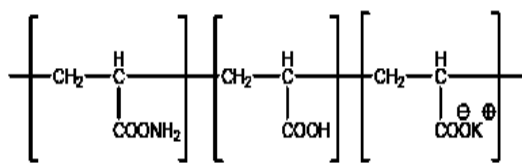
ضرایب مدل کمبل (۱۹۷۴)			درجه آزادی	منبع تغییرات
$\psi_e$	$\lambda$	$\epsilon$		
۰/۰۰۰***	۰/۰۰۰***	۳	۴	سوپر جاذب طراوت A۲۰۰
۰/۵۴۰ <sup>n.s</sup>	۰/۳۴۰ <sup>n.s</sup>	۱۲	۳	زئولیت کلینوپتیلولیت میانه
۰/۰۰۰***	۰/۰۲۰*	۰/۰۲۰*	۱۲	سوپر جاذب طراوت A۲۰۰* زئولیت میانه

ارقام متن جدول p-value هستند. \*\*\* p<۰/۰۰۱، \*\* p<۰/۰۱، \* p<۰/۰۵ و n.s عدم معنی داری.

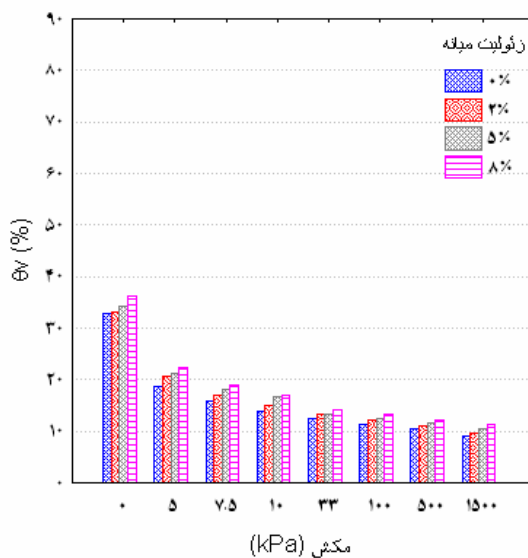
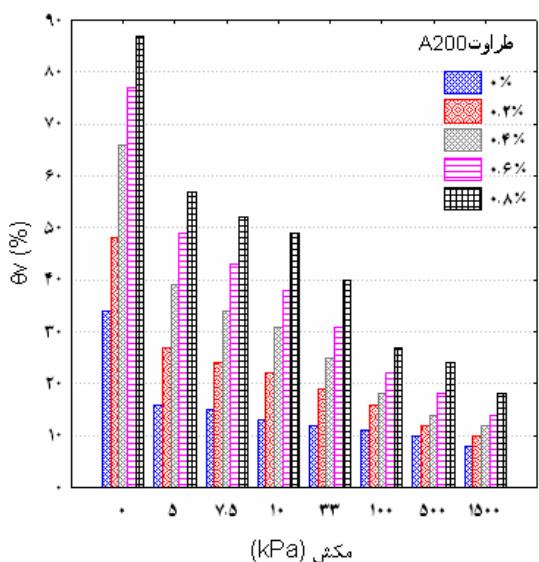
جدول ۷- ضرایب مدل کمبل (۱۹۷۴) تحت تأثیر کاربرد همزمان سوپر جاذب طراوت A۲۰۰ و زئولیت کلینوپتیلولیت میانه در خاک شنی

سوپر جاذب (%)					زئولیت (%)	ضرایب مدل
۰/۸	۰/۶	۰/۴	۰/۲	۰		
۰/۸۳ <sup>k</sup>	۰/۷۵ <sup>i</sup>	۰/۶۲ <sup>f</sup>	۰/۴۶ <sup>c</sup>	۰/۳۳ <sup>a</sup>	۰	$\theta_s$
۰/۸۵ <sup>l</sup>	۰/۷۶ <sup>i</sup>	۰/۶۵ <sup>g</sup>	۰/۴۸ <sup>d</sup>	۰/۳۳ <sup>a</sup>	۲	
۰/۸۹ <sup>m</sup>	۰/۷۷ <sup>i</sup>	۰/۶۶ <sup>g</sup>	۰/۵۰ <sup>d</sup>	۰/۳۴ <sup>a</sup>	۵	
۰/۹۲ <sup>n</sup>	۰/۸۰ <sup>j</sup>	۰/۶۹ <sup>h</sup>	۰/۵۱ <sup>de</sup>	۰/۳۶ <sup>b</sup>	۸	
۶/۳۰ <sup>f</sup>	۴/۵۰ <sup>d</sup>	۳/۵۸ <sup>c</sup>	۱/۲۹ <sup>b</sup>	۰/۲۱ <sup>a</sup>	۰	$\psi_e$
۵/۹۰ <sup>ef</sup>	۵/۴۰ <sup>e</sup>	۳/۱۵ <sup>c</sup>	۱/۳۸ <sup>b</sup>	۰/۴۷ <sup>a</sup>	۲	
۴/۴۰ <sup>d</sup>	۵/۶۰ <sup>e</sup>	۳/۵۰ <sup>c</sup>	۲/۰۰ <sup>b</sup>	۰/۴۶ <sup>a</sup>	۵	
۴/۳۰ <sup>d</sup>	۵/۲۰ <sup>e</sup>	۳/۳۰ <sup>c</sup>	۱/۹۸ <sup>b</sup>	۰/۳۵ <sup>a</sup>	۸	
۴/۹۰ <sup>ef</sup>	۴/۶۹ <sup>e</sup>	۴/۵۴ <sup>e</sup>	۵/۹۴ <sup>c</sup>	۷/۳۷ <sup>a</sup>	۰	$\lambda$
۴/۹۰ <sup>ef</sup>	۴/۳۷ <sup>e</sup>	۴/۶۹ <sup>e</sup>	۵/۸۶ <sup>c</sup>	۶/۹۶ <sup>b</sup>	۲	
۵/۲۲ <sup>d</sup>	۴/۴۹ <sup>e</sup>	۴/۷۱ <sup>e</sup>	۵/۴۰ <sup>d</sup>	۷/۱۰ <sup>ab</sup>	۵	
۵/۱۳ <sup>d</sup>	۴/۴۷ <sup>e</sup>	۴/۷۴ <sup>e</sup>	۵/۴۰ <sup>d</sup>	۷/۲۰ <sup>ab</sup>	۸	

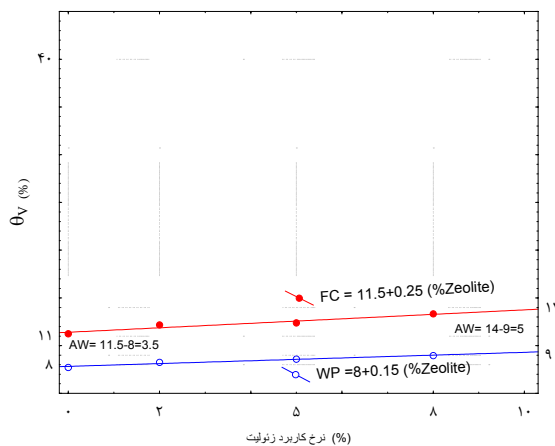
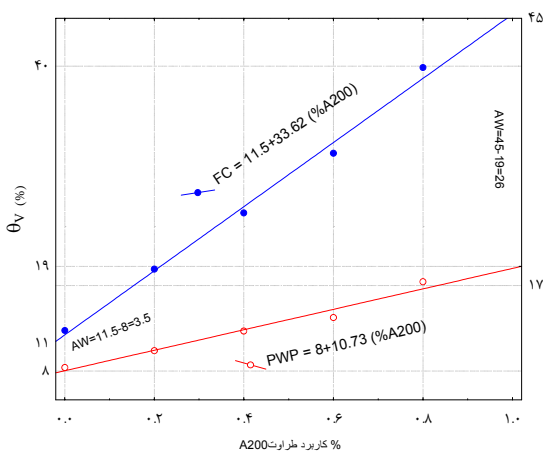
توضیح: میانگینهای دارای حروف مشترک برای هر ضریب اختلاف معنی داری ندارند (p<۰/۰۵).



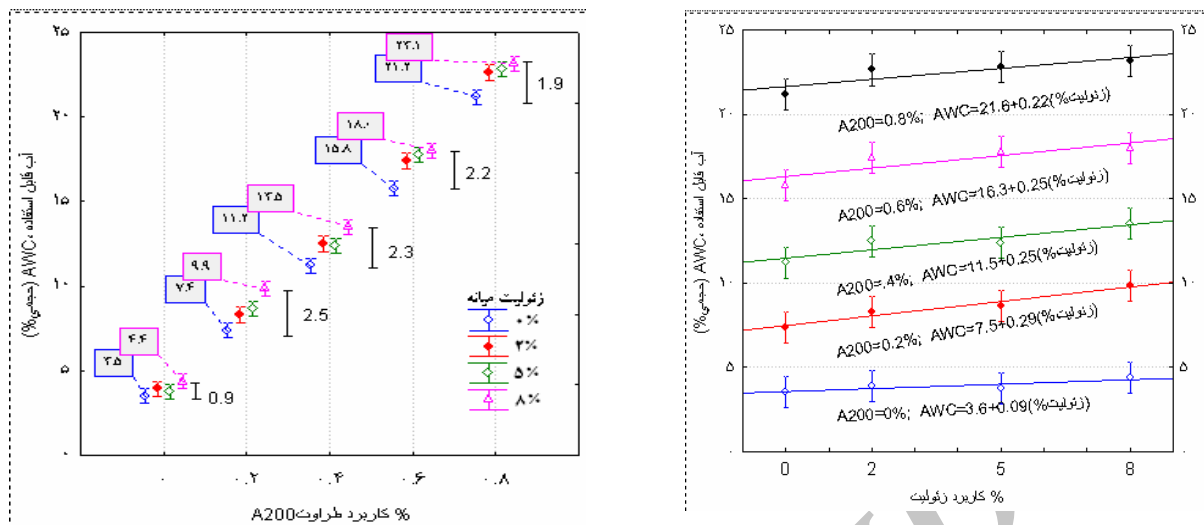
شکل ۱- ساختمان شیمیایی سوپرجاذب طراوت A200



شکل ۲- تغییرات درصد رطوبت حجمی در مکش‌های ۰ تا ۱۵۰۰ کیلو پاسکال در خاک شنی در اثر کاربرد زئولیت کلینوپتیلولیت میانه و سوپرجاذب A200.



شکل ۳- تغییرات آب قابل استفاده (محدوده بین دوخط FC و PWP) در خاک شنی در اثر کاربرد زئولیت میانه (سمت راست) و سوپرجاذب طراوت A200 (سمت چپ)



شکل ۴- اثر متقابل کاربرد زئولیت میانه (سمت راست) و سوپر جاذب طراوت  $A_{200}$  (سمت چپ) بر آب قابل استفاده در خاک شنی (در نمودار سمت راست رابطه‌ی آب قابل استفاده با درصد کاربرد زئولیت در پنج سطح کاربرد پلیمر دیده می‌شود. در نمودار سمت چپ مقادیر آب قابل استفاده در عدم و کاربرد ۸ درصد زئولیت در پنج سطح کاربرد پلیمر و افزایش آب قابل استفاده در اثر افزودن ۸ درصد زئولیت با ارقام لاتین نشان داده شده است).

FC را بیشتر از PWP افزایش می‌دهند. نگهداشت آب در مکش‌های بالاتر ناشی از جذب مربوط به زئولیت تنها است، بنابراین بیشتر از بافت خاک و خصوصاً سطح ویژه تأثیر می‌پذیرد (طباطبایی و خالدی، ۱۳۸۰). به نظر می‌رسد آمیختن کانی زئولیت به خاک شنی با افزایش جذب رطوبت و نگهداشت آب در مکش‌های بالا همراه است. پس کاربرد سطوح بالای زئولیت میانه می‌تواند باعث افزایش مقدار آب قابل استفاده در خاکهای با بافت سبک شود و میزان آب قابل استفاده در این خاکها را به آب قابل استفاده در خاکهایی با بافت سنگین‌تر نزدیک کند (بانج شفیعی و همکاران ۱۳۸۵). افزایش آب قابل استفاده در خاک شنی تحت تأثیر کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب قبلاً گزارش گردیده است (بانج شفیعی و همکاران، ۱۳۸۵). این افزایش به ساختمان شبکه‌ای پلیمر و تمایل آن به جذب آب نسبت داده شده است (سید دراجی و همکاران ۱۳۸۹). علاوه بر این تغییر توزیع اندازه‌ی

## بحث

مصرف زئولیت کلینوپتیلولیت میانه و پلیمر طراوت  $A_{200}$  باعث افزایش نگهداشت رطوبت در مکش‌های مختلف در خاک شنی شد. زئولیت به دلیل ساختار متخلخل خود می‌تواند تخلخل موئینه خاک را افزایش داده و نیز با جذب آب به درون خود می‌تواند میزان نگهداشت رطوبت در خاکهای شنی را بالا ببرد (Shaddox, 2004). جذب آب و تورم در محیط آبی به علت ساختمان پلیمری زنجیری و سه بعدی ویژگی اصلی سوپر جاذب هاست (سهراب، ۱۳۸۲).

به‌طور کلی نتایج تحقیق نشان داد که زئولیت مورد استفاده و پلیمر طراوت  $A_{200}$ ، ضمن بالاتر بردن رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی باعث افزایش میزان آب قابل استفاده در خاک شنی می‌شود. افزایش آب قابل استفاده در خاک شنی از آنجا ناشی می‌شود که زئولیت میانه و سوپر جاذب طراوت  $A_{200}$  در این خاک

حفره‌های خاک از دیگر مکانیزم‌های درگیر ذکر شده است (نادری و واشقانی ۱۳۸۵). کاهش ضریب  $\lambda$  نشان‌دهنده‌ی افزایش خلل و فرج ریز بوده و افزایش این گونه منافذ در جهت برطرف کردن مشکل عدم نگهداشت آب در خاکهای سبک می‌باشد. با کاهش  $\lambda$  می‌توان انتظار داشت که زمان نگهداشت آب در خاکها افزایش یابد. افزایش  $\psi_e$  نشانه تأخیر در خروج آب ثقلی و ورود هوا به خاک است.

اثر متقابل بین سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  و زئولیت کلینوپتیلولیت میانه باعث تغییرات معنی‌دار بر دو ضریب  $\lambda$  و  $\psi_e$  شد. این تغییرات در جهت بهبود شرایط فیزیکی خاک و در نتیجه افزایش نگهداشت آب و تأخیر در تخلیه آب است. از آنجایی که مقدار تغییرات این ضرایب به واسطه تأثیر سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  بسیار بیشتر از زئولیت کلینوپتیلولیت میانه بود، کاربرد بیشتر زئولیت همراه با سطوح پائین سوپرجاذب توصیه می‌گردد. با توجه به قیمت ارزان زئولیت در کشور (طباطبایی و خالدی، ۱۳۸۰) می‌توان از این ماده به‌ویژه در خاکهای سبک از جمله در خاکهای مناطق بیابانی برای بالابردن میزان نگهداشت آب و افزایش فواصل آبیاری گیاهان هم در گلدان و هم در عملیات صحرائی استفاده کرد.

$$\psi = 2.00 \left( \frac{0.50}{\theta} \right)^{5.400} \quad (4)$$

که می‌توان آن را به شکل زیر درآورد:

$$\theta = 0.5684 \psi^{-0.185} \quad (5)$$

در این شرایط آب قابل‌استفاده ۱۵٪ خواهد بود که افزایشی در حد ۷٪ نسبت به خاک تیمارنشده (یعنی حدود ۲ برابر) نشان می‌دهد که برای یک خاک بسیار شنی مقدار قابل‌ملاحظه‌ای است (عالمی ۱۳۶۰). البته این

اثر متقابل بین سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  و زئولیت کلینوپتیلولیت میانه باعث تغییرات معنی‌دار بر دو ضریب  $\lambda$  و  $\psi_e$  شد. این تغییرات در جهت بهبود شرایط فیزیکی خاک و در نتیجه افزایش نگهداشت آب و تأخیر در تخلیه آب است. از آنجایی که مقدار تغییرات این ضرایب به واسطه تأثیر سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  بسیار بیشتر از زئولیت کلینوپتیلولیت میانه بود، کاربرد بیشتر زئولیت همراه با سطوح پائین سوپرجاذب توصیه می‌گردد. با توجه به قیمت ارزان زئولیت در کشور (طباطبایی و خالدی، ۱۳۸۰) می‌توان از این ماده به‌ویژه در خاکهای سبک از جمله در خاکهای مناطق بیابانی برای بالابردن میزان نگهداشت آب و افزایش فواصل آبیاری گیاهان هم در گلدان و هم در عملیات صحرائی استفاده کرد.

نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  و افزودن زئولیت کلینوپتیلولیت میانه به خاک ویژگیهای مربوط به نگهداشت آب را بهبود می‌بخشند. همچنین مشخص شد که تأثیر سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  بر ویژگیهای مورد مطالعه نظیر FC، PWP، آب قابل‌استفاده، و ضرایب مدل منحنی رطوبتی قویتر از اثر زئولیت کلینوپتیلولیت میانه بود. با وجود این از لحاظ اقتصادی سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  خیلی گرانتر از

اثر متقابل بین سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  و زئولیت کلینوپتیلولیت میانه باعث تغییرات معنی‌دار بر دو ضریب  $\lambda$  و  $\psi_e$  شد. این تغییرات در جهت بهبود شرایط فیزیکی خاک و در نتیجه افزایش نگهداشت آب و تأخیر در تخلیه آب است. از آنجایی که مقدار تغییرات این ضرایب به واسطه تأثیر سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  بسیار بیشتر از زئولیت کلینوپتیلولیت میانه بود، کاربرد بیشتر زئولیت همراه با سطوح پائین سوپرجاذب توصیه می‌گردد. با توجه به قیمت ارزان زئولیت در کشور (طباطبایی و خالدی، ۱۳۸۰) می‌توان از این ماده به‌ویژه در خاکهای سبک از جمله در خاکهای مناطق بیابانی برای بالابردن میزان نگهداشت آب و افزایش فواصل آبیاری گیاهان هم در گلدان و هم در عملیات صحرائی استفاده کرد.

نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  و افزودن زئولیت کلینوپتیلولیت میانه به خاک ویژگیهای مربوط به نگهداشت آب را بهبود می‌بخشند. همچنین مشخص شد که تأثیر سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  بر ویژگیهای مورد مطالعه نظیر FC، PWP، آب قابل‌استفاده، و ضرایب مدل منحنی رطوبتی قویتر از اثر زئولیت کلینوپتیلولیت میانه بود. با وجود این از لحاظ اقتصادی سوپرجاذب طراوت  $A_{200}$  خیلی گرانتر از

- نادری، ف. و واشقانی، ا.، ۱۳۸۵. حفظ رطوبت خاک با استفاده از پلیمرهای جاذب آب (هیدروژل). علوم خاک و آب، شماره ۲۰، صفحات ۶۴-۷۱.

- نور افکن، ح. ۱۳۸۶. مزایای استفاده از استاکوسورب و ژئولیت در آمیخته‌های خاکی گلخانه‌ها. اولین کارگاه فنی ارتقاء کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای، شماره ۱۸، ۹ ص.

- Abdi, G.H., 2008. Effect of natural zeolite to reducing salt stress in Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*). 1<sup>st</sup> Iran International Zeolite Conference, Tehran, 293: 319-320.
- Brooks, R.H. and Corey, A.T., 1964. Hydraulic properties of porous media. Colorado State University Hydrol, 3: 27p.
- Campbell G.S., 1974. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. Soil Sciences, 117: 311-314.
- Dourando-Neto, D., Nielsen, D.R., Hopmnas, J.W., Reichardt, K. and Santos Bacchi, O.O., 2001. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 3.0). Scientia Agricola, ISSN 0103-9016.
- Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci Onus, A., 2004. Use of natural zeolite (Clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12: 183-189.
- Shaddox, T., 2004. Investigation of soil amendments for use in golf course putting green construction. Soil and Water Science, 136 p.
- Sharad, K.J., Singh, V.P., ASCE, F. and van Genuchten, M.Th., 2004. Analysis of soil water retention data using artificial neural networks. Journal of Hydrologic Engineering, 9: 415-420
- StatSoft Inc., (2004). STATISTICA (data analysis software system). version 8. www.statsoft.com.
- van Genuchten, M.Th., Leij, F.J. and Yates, S.R., 1991. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. Research Report No, 600/2-91/065. USEPA, Environment Research Laboratory, Ada, Ok.
- Yasuda, H., Takuma, K., Mizuta, N. and Nishide, H., 1995. Water retention variety of dune sand due to zeolite addition. Bulletin of the Faculty of Agriculture, Tottori University, 48:27-34.
- Yasuda, H., Takuma, K., Fukuda, T., Suzuki, J. and Fukushima, Y., 1998. Effects of zeolite amendment on water and salt characteristics in soil proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, Bangkok, Thailand. p 837-842.

مقدار ۲٪ بیشتر از مجموع افزایش آب قابل استفاده ناشی از کاربرد تنهای هر یک از دو ماده اصلاح کننده است. بنابراین به نظر می‌رسد که یک اثر تشدید ناشی از کاربرد همزمان این دو ماده اصلاحی در میان باشد.

## منابع مورد استفاده

- اسدکاظمی، ج.، ۱۳۸۴. اثر پلیمر سوپرآب ۸۲۰۰ و دو نوع ژئولیت فیروزکوه و سمنان بر شاخصهای رشد و نیاز آبی دو گونه گیاهی فضای سبز اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- بانج شفیعی، ش.، رهبر، ا. و خاکساریان، ف.، ۱۳۸۵. اثر نوعی پلیمر آبدوست بر ویژگیهای رطوبتی خاکهای شنی. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۳، ش ۲، ص ۱۳۹-۱۴۴.
- سهراب، ف.، ۱۳۸۲. ارزیابی تأثیر افزودن مواد جاذب رطوبت بر ظرفیت نگهداشت آب در اراضی آبخیز اردستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۲ ص.
- سید دراجی، س.، گلچین، ا. و احمدی، ش.، ۱۳۸۹. تأثیر سطوح مختلف یک پلیمر سوپر جاذب (superabA200) و شوری خاک بر ظرفیت نگهداشت آب در سه بافت شنی، لومی و رسی آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴(۲): ۳۰۶-۳۱۶.
- طباطبایی، س.ح. و خالدی، ه.، ۱۳۸۰. اثرات کاربرد ژئولیت در مسائل محیط زیست. نشریه علمی، اجتماعی و فرهنگی آب و محیط زیست، شماره ۴۷، ص ۲۴-۳۰.
- عالمی، م.ح.، ۱۳۶۰. آب و خاک (ترجمه). چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۱۷۹۲.
- غیور، ف.، اسکندری ذ. و شعرباف، ا.ح. ۱۳۸۴. بررسی و مقایسه چند ماده جاذب رطوبت بر قدرت نگهداری و پتانسیل آب در خاک. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، ۶-۹ شهریورماه ۱۳۸۴، کرج، ص ۲۹۳-۲۹۵.

## Interaction effect of Mianeh Zeolite and Taravat<sup>®</sup> A200 polymer on water retention and available water in a coarse-textured soil

Beigi Harchegani, H.A.<sup>1\*</sup> and Haghshenas Gorgabi, M.<sup>2</sup>

1\*- Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran, Email: beigi.habib@gmail.com

2-M.Sc., Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Received: 29.12.2010

Accepted: 13.11.2011

### Abstract

In this study, the effects of Mianeh Zeolite and Taravat<sup>®</sup> A200 polymer on moisture content and available water content of a coarse-textured soil were investigated. Mianeh zeolite was applied at four levels (0%, 2%, 5%, and 8% on weight basis) and Taravat<sup>®</sup> A200 polymer was applied at 5 levels to the soil in a completely randomized experiment with 3 replications. Soil moisture content was determined at suctions of 0, 5, 7.5, 10, 33, 100, 500, and 1500 kPa using hanging water columns and pressure plate apparatus. The water retention curve model of Campbell (1974) was fitted to soil data. Results showed that both soil conditioners enhanced soil moisture content at measured soil suctions. The addition of more conditioner caused a larger response of soil. For example, application of 8% zeolite elevated the volumetric field capacity from 11% to 13% and therefore increased available water content by 2% compared to the control. Also, addition of 0.2% A200 polymer increased the available water content by 6%. In addition, soil conditioners modified the shape of the moisture characteristic curve of the soil and influenced the parameters of water retention model in a manner exhibiting reduced water release rates plus the added benefit of an additive and/or a synergistic effect. For instance, simultaneous application of 5% Mianeh zeolite and 0.2% Taravat A200 polymer increased  $\psi_e$  from 0.21 to 2.00 and decreased  $\lambda$  from 7.37 to 5.40 and thereby increased the available water content by 7%. Simultaneous application of these amendments is possible and may reduce the needed water and/or increase irrigation intervals. Simultaneous application is also cheaper and probably will prevent plant root damage.

**Key words:** Mianeh zeolite, Taravat A200 polymer, Soil water retention, Campbell model