نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد نهم، شماره سوم، ۱۳۹۸
۱۵۲-۱۳۳
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.15953.1853

تأثیر پلیمرها بر میزان رطوبت خاک و برخی شاخص‌های رشدی گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی

*مهدی سرچشمه‌پور[۱]، محمدهادی فرپور[۲] و معصومه سرمست[۳]

[۱]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان،
[۳]دانش‌آموخته دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۰۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

چکیده

سابقه و هدف: پلیمرها از مواد اصلاح‌کننده خاک هستند که در جهت نگهداشت رطوبت خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک توسعه یافته‌اند. این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر مواد پلیمری بر میزان افزایش نگهداشت رطوبت خاک و تأثیر پلیمرهای انتخابی بر برخی صفات رویشی گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب در دو مطالعه آزمایشگاهی و گلخانه‌ای انجام شد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش به‌صورت دو مطالعه آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مکمل یکدیگر صورت پذیرفت. ابتدا تأثیر ۱۱ تیمار بر اساس نوع و غلظت پلیمر شامل کاراکوت یک و سه ٪، اکریلیک یک و سه ٪، پلی‌وینیل‌استات یک و سه ٪، سوپرآب نیم و یک ٪ و استاکوزورب نیم و یک ٪ و شاهد بدون پلیمر بر تغییرات رطوبتی دو نوع خاک (شن‌لومی و شنی) در ۱۱ زمان (۰، ۱۲ ساعت، ۱، ۲، ٤، ٦، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱٦ و ۲۰ روز) در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفت و چهار تیمار پلیمری برتر برای کشت گلخانه‌ای انتخاب شدند. در این مرحله تأثیر تیمارهای پلیمری (کاراکوت یک و سه ٪ و استاکوزورب نیم و یک ٪ و شاهد بدون پلیمر) در شرایط تنش خشکی (۳۰، ۵۰ و ۸۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای) بر برخی صفات رویشی گیاه ذرت (تعداد برگ، ارتفاع، وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک ریشه) به‌صورت جداگانه در دو خاک شن‌لومی و شنی در شرایط گلخانه مطالعه گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تیمارهای پلیمری باعث افزایش رطوبت هر دو نوع خاک نسبت به نمونه شاهد شدند و پلیمر محلول در آب کاراکوت در غلظت سه درصد (۱۸/۵ ٪ نسبت به شاهد شن‌لومی و ۳۵/۹ درصد نسبت به شاهد شنی) و پلیمر غیرمحلول در آب (هیدروژل) استاکوزورب در غلظت یک درصد (۹۵/۸ ٪ نسبت به شاهد شن‌لومی و ۳/٤ برابر نسبت به شاهد شنی) بیش‌ترین توانایی را از این نظر داشتند. پلیمرهای محلول در آب و هیدروژل سوپر آب در مدت زمان ۲۰ روز به‌طور میانگین رطوبت خاک شن‌لومی را بیش‌تر از خاک شنی افزایش دادند. اما، هیدروژل استاکوزورب یک درصد از این لحاظ در خاک شنی (۱٦/۱ ٪ افزایش نسبت به خاک شن‌لومی) مؤثرتر بود. رطوبت نمونه‌های خاک تیمارشده با پلیمر، متناسب با افزایش غلظت پلیمر افزایش یافت. هیدروژل استاکوزورب یک درصد در افزایش زمان ماندگاری رطوبت در خاک‌های شن‌لومی (۰-۱۲ روز) و شنی (۰-۱٦ روز) موفق‌تر از سایر تیمارهای

* مسئول مکاتبه: msarcheshmeh@uk.ac.ir

پلیمری عمل نمود. در خاک شنی تیمار شده با پلیمر نگهداشت رطوبت در طی زمان و میزان رطوبت نهایی بیش‌تر از خاک شن‌لومی بود. تنش خشکی در طول دوره رویشی گیاه ذرت منجر به کاهش تعداد برگ، ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک ساقه و وزن خشک ریشه گردید. در مقابل کاربرد هیدروژل استاکوزورب در غلظت یک درصد منجر به بهبود نسبی ارتفاع، وزن تر و خشک ساقه ذرت شد. در خاک شن‌لومی تحت شرایط تنش خشکی هیدروژل استاکوزورب تأثیر قابل‌توجه و معنی‌داری (سطح یک درصد) بر وزن تر ساقه ذرت داشت. هیدروژل استاکوزورب یک درصد در تنش کم، متوسط و شدید به‌ترتیب ۵۹/۲۹، ۸۲/۴۱ درصد و ۳/۸۲ برابر وزن تر ساقه را نسبت به نمونه شاهد افزایش داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج پژوهش، استفاده از پلیمر محلول در آب کاراکوت در غلظت سه درصد و پلیمر غیرمحلول (هیدروژل) در آب استاکوزورب در غلظت یک درصد جهت افزایش و حفظ رطوبت در خاک‌های سبک بافت توصیه می‌شود. به‌علاوه، مواد پلیمری با داشتن ویژگی‌هایی مانند طول عمر مفید، کارآیی زیاد در غلظت‌های کم و کاربرد موضعی در ناحیه ریشه درختان، می‌توانند شرایط مطلوبی را جهت رشد گیاهان در خاک‌هایی با ظرفیت نگهداری آب کم و در شرایط کم آبی رایج در مناطق خشک و نیمه‌خشک با بارندگی کم و تبخیر زیاد فراهم آورند.

واژه‌های کلیدی: پلیمرهای امولسیونی، سوپرجاذب، کم‌آبی، هیدروژل

مقدمه

به‌منظور جذب، ذخیره و آزاد کردن آسان آب برای فعالیت‌های کشاورزی، مواد بسیار متنوعی به خاک افزوده می‌شود. پلیمرها از مواد اصلاح‌کننده خاک هستند که در جهت اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک‌های بدون ساختمان در مناطق خشک توسعه پیدا کرده‌اند (۱۳). پلیمرها را می‌توان به دو دسته پلیمرهای محلول و غیرمحلول (هیدروژل یا سوپرجاذب) در آب تقسیم‌بندی نمود. پلیمرهای محلول در آب دارای ساختار زنجیره‌ای خطی بوده و با ایجاد پل در بین ذرات خاک شرایط تهویه، دما و جریان آب در خاک را بهبود می‌بخشند و از این طریق تأثیر خوبی بر رشد و توسعه گیاهان دارند (۲۹). به‌علاوه، این گروه از پلیمرها با ایجاد پوسته‌ای محافظ در لایه سطحی خاک، توانایی حفظ آب را بهبود می‌بخشند (۱۶). هیدروژل‌ها پلیمرهایی هستند که دارای زنجیرهایی با اتصالات عرضی به‌منظور تشکیل شبکه‌های سه‌بعدی هستند. این پلیمرها قادرند تا هزار برابر وزن خود آب حاصل از آبیاری یا بارندگی را جذب کرده، تشکیل فرم ژله‌ای دهند و از فرونشت عمقی آب جلوگیری نموده و کارایی مصرف آب را افزایش دهند (۱۳ و ۲۵). رطوبت ذخیره‌شده در هیدروژل‌ها با ایجاد مکش کم (۰ تا ۳ بار) توسط گیاهان قابل استفاده می‌باشد (۷ و ۲۵). بنابراین، این گروه از پلیمرها با افزایش تخلخل خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک و آب قابل استفاده گیاه شرایط مطلوبی را برای رشدونمو گیاهان به‌خصوص در شرایط تنش خشکی فراهم می‌آورند (۱۲، ۲۲ و ۲۵).

بهات و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از پنج نوع پلیمر پلی‌اکریل‌آمید دارای پیوند عرضی، سعی نمودند تا ظرفیت نگهداری آب و بعضی از خصوصیات یک خاک لوم شنی را اصلاح نمایند. نتایج نشان داد که استفاده از این نوع پلیمرها باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش تخلخل و ظرفیت آب قابل‌دسترس گیاه گردید (٦). کارایی هیدروژل سوپر آب A۲۰۰ به‌منظور افزایش دور آبیاری

جنگل‌های با خاک شنی در مناطق بیابانی توسط بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۰۶) مورد آزمایش قرار گرفت و بررسی منحنی رطوبتی خاک شنی تیمارشده با پلیمر نشان داد که انباشت آب در خاک شنی در همه مکش‌ها افزایش یافت. در مناسب‌ترین سطح مصرف پلیمر، خاک شنی از نظر نسبت آب قابل استفاده به غیرقابل‌استفاده، رفتاری شبیه خاک رس سیلتی از خود نشان داد (۵). سیددراجی و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که کاربرد ۰/۶ درصد وزنی پلیمر سوپر آب A۲۰۰، در خاک‌های شنی و لومی میزان آب قابل‌استفاده گیاه را به‌ترتیب ۲/۲۰ و ۱/۲۰ برابر نسبت به شاهد افزایش داد (۲۵).

گیزینگ و اشمیدهالتر (۲۰۰۴) عملکرد گندم در کشت گلدانی را با افزودن پلیمر سدیم‌پلی‌اکریلات در شرایط تنش آبی شدید، متوسط و بدون تنش بررسی نمودند. آن‌ها دریافتند که تولید در شرایط تنش آبی متوسط با افزایش درصد پلیمر، افزایش یافت. در مقابل، در شرایط تنش آبی شدید تفاوت معنی‌داری رخ نداد و در تیمار بدون پلیمر مساوی یا حتی اندکی بیش‌تر از میانگین همه تیمارها بود (۱۰). خادم و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که مصرف هیدروژل سوپرآب A۲۰۰ باعث افزایش عملکرد دانه، وزن هزاردانه، تعداد دانه بلال، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در گیاه ذرت شد (۱۴). مرتضوی و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که سوپرجاذب کلوفونی موجب افزایش اجزای عملکرد نظیر تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه شد (۱۸). غلامی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که هیدروژل استاکوزورب از طریق حفظ رطوبت خاک برای مدت طولانی و افزایش تبادل کاتیونی خاک، زمینه مناسبی را برای جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها به اندام‌های هوایی گیاه فراهم و پتانسیل تولید دانه بیش‌تری را در سنبله ایجاد می‌نماید (۱۱).

با توجه به گسترش قابل‌توجه مناطق خشک و نیمه‌خشک در ایران از یک‌سو و هم‌چنین وجود مشکلاتی مانند کاهش ریزش‌های جوی، نامناسب بودن پراکنش زمانی و مکانی بارندگی و بحران کم آبی از سوی دیگر، مطالعه مواد پلیمری که منجر به حفظ ذخیره رطوبتی خاک، افزایش راندمان آبیاری و بهبود بهره‌برداری از منابع محدود آب می‌شوند، بدون تردید یک ضرورت تحقیقاتی است. پژوهشگران مختلف تأثیر پلیمرهای محلول و غیرمحلول در آب را بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان مختلف در شرایط طبیعی و تحت تنش مورد مطالعه قرار دادند. ولی متأسفانه اطلاعات زیادی در خصوص کاربرد هم‌زمان این دو گروه پلیمر (محلول و غیرمحلول در آب) و مقایسه تأثیر آن‌ها روی میزان رطوبت خاک و صفات رویشی گیاهان وجود ندارد. از این‌رو، پژوهش حاضر در دو مقیاس آزمایشگاه و گلخانه به‌منظور دست‌یابی به اهداف زیر صورت پذیرفت.

۱- بررسی امکان استفاده از پلیمرهای محلول و غیرمحلول (هیدروژل) در آب به‌منظور افزایش میزان و نگهداشت رطوبت خاک

۲- مقایسه تأثیر غلظت پلیمر در افزایش میزان و نگهداشت رطوبت در دو نوع خاک متفاوت

۳- ارزیابی تأثیر تنش خشکی، پلیمرهای محلول و غیرمحلول (هیدروژل) در آب بر صفات رویشی گیاه ذرت

مواد و روش‌ها

این پژوهش شامل دو مطالعه (آزمایشگاهی و گلخانه‌ای) مکمل یکدیگر بود. در مطالعه آزمایشگاهی تأثیر یازده تیمار پلیمر بر تغییرات رطوبتی دو نوع خاک در یازده زمان مختلف بررسی و تیمارهای پلیمری مناسب انتخاب گردیدند. در مطالعه گلخانه‌ای

تأثیر تیمارهای پلیمری انتخابی بر خصوصیات رشدی گیاه ذرت در شرایط تنش خشکی در دو نوع خاک مورد مطالعه قرار گرفت.

برای انجام این پژوهش دو نمونه خاک با بافت شن‌لومی و شنی انتخاب شد. بافت خاک به روش پیپت (۹)، توزیع اندازه ذرات شن توسط سری الک (۱۵)، درصد رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای خاک با استفاده از رسم منحنی نگهداشت رطوبت در خاک و پس از ثابت شدن رطوبت خاک تعیین شد. در این روش میزان ۱۰۰۰ گرم خاک درون گلدان‌های پلاستیکی دارای زهکش ریخته و به میزان اشباع آب به گلدان‌ها اضافه و منحنی نگهداشت رطوبت در خاک در فاصله زمانی ٤٨ ساعت رسم گردید. در نهایت با محاسبه مقدار آبی که در خاک بعد از زهکشی آزاد نگهداری و ثابت شده بود، میزان ظرفیت مزرعه‌ای خاک محاسبه گردید (۲۱). قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع توسط دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی مدل Jenway و pH گل اشباع توسط دستگاه pHمتر مدل Jenway اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

پلیمرهای محلول در آب شامل کاراکوت، اکریلیک رزین و پلی‌وینیل‌استات بودند. این ترکیبات به شکل مایع و شیری رنگ هستند که به راحتی در آب رقیق می‌شوند. پلیمرهای غیرمحلول در آب یا هیدروژل‌ها شامل استاکوزورب (ریز دانه) و سوپرآب A۲۰۰ (درشت‌دانه) بودند. این ترکیبات به شکل پودر و دارای رنگ سفید تا زرد هستند.

مطالعات آزمایشگاهی: مطالعه این بخش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورها شامل یازده تیمار پلیمر (شاهد، کاراکوت یک و سه ٪، اکریلیک یک و سه ٪، پلی‌وینیل‌استات یک و سه ٪، سوپر آب نیم و یک ٪، استاکوزورب نیم و یک ٪) و یازده زمان (اولیه، ۱۲ ساعت، یک، دو، چهار، شش، هشت، ده، دوازده، شانزده و بیست روز) بودند که به‌طور جداگانه برای هر خاک بررسی شدند. به‌دلیل تفاوت در ماهیت پلیمرهای محلول و غیرمحلول (هیدروژل‌ها) در آب، سطوح غلظتی متفاوتی نسبت به وزن خاک خشک استفاده گردید. غلظت پلیمرهای محلول در آب بر اساس مطالعات قبلی (٢٤) و غلظت پلیمرهای غیرمحلول در آب (هیدروژل‌ها) بر اساس آزمایش‌های پیش‌تیمار انتخاب گردید. به‌منظور بررسی تأثیر پلیمرها در میزان رطوبت خاک، از گلدان‌های پلاستیکی حاوی هزار گرم خاک استفاده شد. هر یک از پلیمرهای محلول در آب در نسبت‌های یک و سه درصد وزن خاک خشک توسط آب مقطر رقیق و توسط قطره‌چکان به‌صورت یکنواخت و آرام به سطح گلدان‌های خاک اضافه گردید. میزان آب مقطر استفاده شده برابر با ظرفیت مزرعه‌ای خاک‌ها بود. پلیمرهای غیرمحلول در آب یا هیدروژل‌ها در دو نسبت نیم و یک درصد وزن خاک خشک ابتدا کاملاً با خاک آمیخته، در ادامه مخلوط خاک و پلیمر به گلدان‌ها منتقل و سپس به‌میزان ظرفیت مزرعه‌ای نمونه‌های خاک، آب مقطر به گلدان‌ها اضافه شد. برای نمونه‌های شاهد نیز از خاک‌های تیمار نشده با پلیمر و آب مقطر خالص استفاده شد. بعد از اعمال تیمارها، گلدان‌های خاک در گلخانه (شرایط دمایی ثابت ٣٤-١٨ درجه سانتی‌گراد) نگهداری و در فواصل زمانی ذکرشده به‌منظور محاسبه مقدار آب توزین شدند.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 1. Some physical and chemical properties of studied soils.

ویژگی‌ها Properties		بافت خاک Soil texture	
		شن‌لومی Loamy Sand	شنی Sand
ذرات بافت خاک (٪) Particles of soil texture (%)	شن Sand	84	88
	سیلت Silt	5	5
	رس Clay	11	7
توزیع اندازه ذرات شن (٪) Particles of sand fraction (%)	شن خیلی‌درشت Very coarse sand (1-2 mm)	3.0	25.5
	شن درشت Coarse sand (0.5-1 mm)	45.9	40.8
	شن متوسط Medium sand (0.25-0.5 mm)	26.9	22.3
	شن ریز Fine sand (0.1-0.25 mm)	22.8	10.1
	شن خیلی‌ریز Very fine sand (0.05-0.1 mm)	1.2	1.3
واکنش خاک pH		7.5	8.4
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dSm^{-1})		0.9	0.7
ظرفیت مزرعه‌ای (٪ حجمی) Field capacity (Volumetric %)		16	11
درصد اشباع (٪ حجمی) Saturation percent (Volumetric %)		31.5	21.6

مطالعات گلخانه‌ای: آزمایش این بخش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی بود که به‌طور جداگانه برای هر خاک انجام پذیرفت. جامعه آماری برای هر خاک شامل پانزده تیمار بود که در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه برای هر خاک (شن‌لومی و شنی) شامل سه سطح رطوبتی (۸۰، ۵۰ و ۳۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای) و پنج تیمار پلیمر (شاهد، کاراکوت یک و سه ٪، استاکوزورب نیم و یک ٪) بود. ابتدا تعداد ۲۰ عدد بذر ذرت در گلدان‌های پلاستیکی ۳ کیلوگرمی حاوی خاک

شن‌لومی یا شنی تیمار شده با پلیمرها کشت شد و طی دو هفته به چهار گیاه یکنواخت کاهش یافت. پس از استقرار کامل گیاه، تنش خشکی به روش وزنی و با تنظیم روزانه رطوبت در سطوح تعیین‌شده ۸۰ (تنش کم)، ۵۰ (تنش متوسط) و ۳۰ (تنش شدید) ٪ ظرفیت مزرعه‌ای در طول دوره رشد اعمال شد. سطوح تنش خشکی به‌گونه‌ای انتخاب شدند که سه سطح رطوبتی کاملاً متفاوت ایجاد شود و گیاه در شرایط بدون تنش (۸۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای)، تنش متوسط (۵۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای) و تنش شدید (۳۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای) خشکی قرار گیرد (۲۳). پس از رشد کافی گیاه طی یک دوره ۳ ماهه، ابتدا صفاتی مانند تعداد برگ و ارتفاع ساقه اندازه‌گیری و سپس گیاهان برداشت و وزن تر و خشک ساقه و ریشه آن‌ها اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: نتایج حاصل از مطالعات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین تیمارها و گروه‌بندی آن‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

مطالعات آزمایشگاهی: جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای پلیمر (پنج نوع پلیمر هر یک در دو غلظت) و زمان را بر میزان نگهداشت رطوبت خاک‌های شن‌لومی و شنی نشان می‌دهد. تیمارهای پلیمر و زمان و اثر متقابل تیمار پلیمر در زمان بر درصد رطوبت خاک‌های شن‌لومی و شنی در سطح یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای پلیمر (شکل ۱)، هر ده تیمار سبب افزایش میزان رطوبت دو نوع خاک نسبت به نمونه شاهد در طی مدت زمان ۲۰ روز شده‌اند. افزایش رطوبت خاک در اثر کاربرد پلیمر را می‌توان به تغییر برخی ویژگی‌های ساختمانی خاک مانند توزیع منافذ، تخلخل، مویینگی و خواص آب‌دوستی هیدروژل‌ها نسبت داد (۲۵ و ۲۸). پلیمرهای محلول در آب پس از رقیق‌شدن با آب و افزوده‌شدن به خاک، در منافذ خاک نفوذ کرده و در اثر قرار گرفتن در هوای آزاد و تبخیر آب، تشکیل شاخه‌های گسترده پلیمری می‌دهند (۱۹). در حقیقت این پلیمرها از طریق توسعه اتصالات داخلی و پیوستگی بین ذرات مجاور و پوشش ذرات شن، خاکدانه‌ها و خلل‌وفرج با لایه نازکی از پلیمر، باعث مسدود شدن مقداری از خلل‌وفرج و کاهش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک می‌گردند (۲، ۲٤ و ۲٦). به‌علاوه، این گروه از پلیمرها با ایجاد پوسته محافظ در لایه سطحی خاک منجر به کاهش تبخیر و حفظ آب در خاک می‌شوند (۱٦). در مقابل، هیدروژل‌ها در بین ذرات خاک قرار گرفته و با جذب آب متورم و با ایجاد یک پل ارتباطی آبی در بین ذرات خاک منجر به انتقال بهتر رطوبت در خاک می‌گردند. در واقع هیدروژل‌ها با این کار منجر به افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک (۱۰)، میزان آب در دسترس گیاه (۲۰)، تغییر توزیع اندازه حفرات خاک (۲۵) و کاهش تبخیر فیزیکی می‌شوند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمار پلیمر و زمان بر میزان رطوبت (٪) خاک‌های شن‌لومی و شنی.

Table 2.Anova of polymer treatment and time on moisture content (%) of loamy sand and sandy soils.

میانگین مربعات Average of squares		درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variations
رطوبت (٪) Moisture (%)			
شنی Sand	شن‌لومی Loamy sand		
1391.6**	647.7**	10	تیمار پلیمر Polymer treatment
2094.4**	3845.5**	10	زمان Time
32.1**	24.5**	100	تیمار پلیمر × زمان Polymer treatment × Time
0.27	0.48		خطا Error

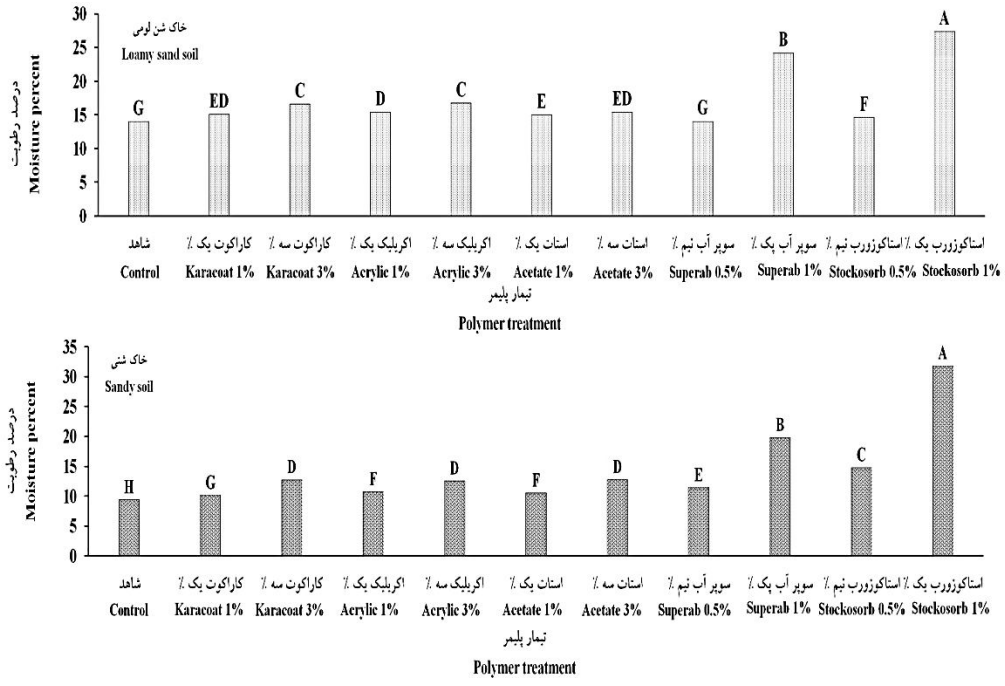
** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪

** Significant at 1% probability level

هیدروژل استاکوزورب یک درصد نسبت به سایر تیمارهای پلیمری در افزایش رطوبت خاک‌های شن‌لومی (۹۵/۸ ٪ نسبت به شاهد) و شنی (۳/٤ برابر نسبت به شاهد) در طی مدت زمان ۲۰ روز مؤثرتر بود (شکل ۱). هیدروژل سوپرآب یک درصد از این لحاظ در طی مدت زمان ۲۰ روز (۷۳ ٪ نسبت به شاهد شن‌لومی و ۲/۱ برابر نسبت به شاهد شنی) در رده دوم قرار گرفت. جعفرزاده و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان دادند که با کاربرد سوپرجاذب دور آبیاری تا ده روز افزایش یافت (۱۲). تأثیر بیش‌تر هیدروژل استاکوزورب نسبت به سوپر آب را می‌توان به تفاوت در توزیع اندازه ذرات این دو نوع هیدروژل نسبت داد. دشت‌بزرگ و همکاران (۲۰۱۳) بیان نمودند که با بزرگ‌تر شدن اندازه ذرات سوپرجاذب تراوت A۲۰۰ از اندازه ۲-۱ mm به بعد درصد حجمی رطوبت خاک کاهش پیدا نمود (۷).

در بین پلیمرهای محلول در آب، کاراکوت (۱٦/۵۸ ٪) و اکریلیک (۱٦/۷۵ ٪) سه درصد در خاک شن‌لومی و کاراکوت (۱۲/۷۳ ٪)، اکریلیک (۱۲/۵۵ ٪) و پلی‌وینیل‌استات (۱۲/۷۵ ٪) سه درصد در خاک شنی در یک گروه آماری قرار گرفته و میزان رطوبت را بیش‌تر افزایش دادند. به دیگر بیان پلیمرهای فوق‌الذکر از نظر افزایش میزان رطوبت در خاک شن‌لومی بعد از تیمارهای استاکوزورب و سوپر آب یک درصد در رتبه سوم و در خاک شنی بعد از تیمارهای استاکوزورب و سوپر آب یک درصد و استاکوزورب نیم درصد در رتبه چهارم جای دارند. پلیمرهای محلول در آب در مدت زمان ۲۰ روز به‌طور میانگین، میزان رطوبت خاک شن‌لومی را بیش‌تر از خاک شنی افزایش دادند (شکل ۱). ویژگی‌هایی از خاک مانند بافت، کانی‌شناسی رس، مواد آلی و غلظت نمک‌های محلول می‌توانند جذب پلیمرها را تحت‌تأثیر قرار دهند (۱۷). خاک‌های با رس، سیلت و نمک‌های محلول زیاد و ماده آلی کم‌میل ترکیبی زیادی برای جذب پلیمرها دارند (۲۷). از این‌رو، می‌توان گفت علاوه بر ماهیت بافتی خاک

شن‌لومی، افزایش درصد ذرات ریز (شن ریز و رس) در این خاک (جدول ۱) منجر به افزایش جذب سطحی پلیمرها و در نتیجه افزایش بیش‌تر رطوبت خاک نسبت به خاک شنی گردیده است. پلیمر غیرمحلول در آب (هیدروژل) سوپر آب یک و نیم درصد نیز همانند پلیمرهای محلول در آب منجر به افزایش بیش‌تر رطوبت در خاک شن‌لومی (۱٤/۰٤ و ۲٤/۲ ٪) نسبت به شنی (۱۱/٤۳ و ۱۹/۷۹ ٪) گردید. این در حالی است که میزان رطوبت خاک شنی تیمارشده با هیدروژل استاکوزورب یک درصد برابر ۳۱/۸۱ درصد می‌باشد که نسبت به خاک شن‌لومی ۱٦/۱ درصد افزایش را نشان می‌دهد. در مقابل، هیدروژل استاکوزورب نیم درصد در هر دو نوع خاک رفتار مشابهی از خود نشان داد (شکل ۱). ظرفیت ذخیره آب در دو نوع خاک تیمارشده تابع بافت خاک، نوع و اندازه پلیمر و املاح خاک می‌باشد (۱۳). مطالعات العمران و همکاران (۱۹۹۷) و الحربی و همکاران (۱۹۹۹) نیز نشان دادند که هیدروژل‌ها منجر به افزایش ذخیره رطوبت در خاک‌های شنی، لوم‌شنی و رسی می‌گردند و تأثیر آن‌ها در خاک‌های سبک بافت بیش‌تر است (۱ و ٤). طبق نظر فرای و باتلر (۱۹۸۹) به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی کم‌تر خاک‌های شنی نسبت به خاک‌های رسی ترکیب سوپرجاذب با خاک‌های درشت بافت (شنی) نتیجه بهتری را در مقایسه با سایر خاک‌ها به‌خصوص خاک‌های ریزبافت (رسی) به‌همراه دارد (۸). درصد رطوبت نمونه‌های خاک تیمارشده با پلیمر، متناسب با افزایش غلظت پلیمر، افزایش معنی‌داری یافت (شکل ۱). این افزایش در بهترین تیمار پلیمری (استاکوزورب یک درصد) در خاک شن‌لومی ۱/۹ برابر و در خاک شنی ۲/۲ برابر است. بانج‌شفیعی و همکاران (۲۰۰٦) و سیددراجی و همکاران (۲۰۱۰) نیز در مطالعات خود به نتیجه مشابهی در ارتباط با هیدروژل سوپرآب A۲۰۰ دست یافتند (۵ و ۲۳).



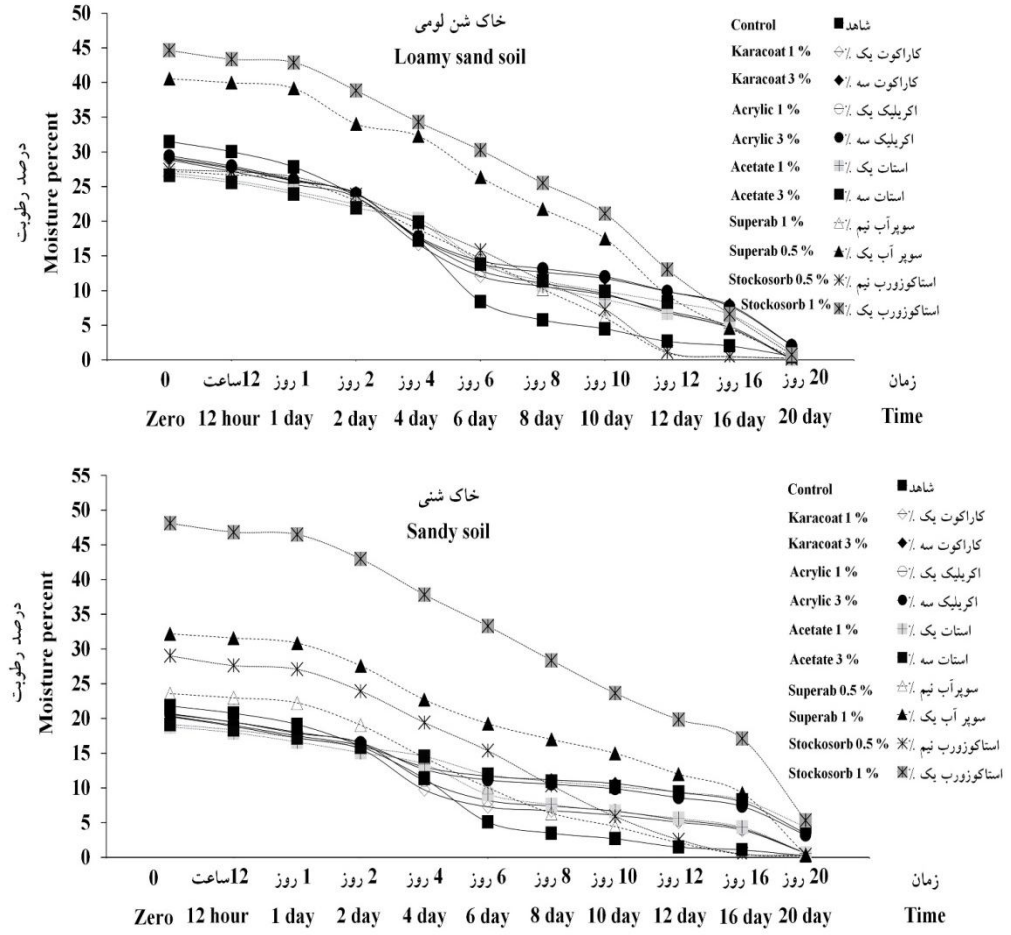
شکل ۱- نمودار تأثیر تیمار پلیمر بر میزان رطوبت (٪) خاک‌های شن‌لومی و شنی.

Figure 1. Effect of polymer treatment on moisture content (%) of loamy sand and sandy soils.

شکل ۲ نمودار میانگین وضعیت رطوبتی خاک‌های تیمار شده با پلیمر در طی زمان را نشان می‌دهد. مقدار رطوبت در تیمار پلیمری استاکوزورب یک درصد تا فاصله زمانی ۱۲ روز در خاک شن‌لومی و تا فاصله زمانی ۱٦ روز در خاک شنی دارای تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای پلیمری بود (شکل ۲). به‌عبارتی تیمار پلیمری استاکوزورب یک درصد در افزایش زمان ماندگاری رطوبت در خاک‌ها موفق‌تر از سایر تیمارهای پلیمری عمل نموده است. به دیگر بیان مقدار نگهداشت رطوبت در خاک‌های شن‌لومی و شنی تیمار شده با استاکوزورب یک درصد تا مدت زمان ۱۲ (شن‌لومی) و ۱٦ (شنی) روز (دور آبیاری) به اندازه‌ای بوده است که گیاه تا زمان آبیاری مجدد از وضعیت آبی خوبی برخوردار باشد. بنابراین، با توجه به این‌که مقدار رطوبت در خاک‌های سبک بافت در زمان‌های اندکی پس از آبیاری به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و در این حالت ریشه گیاهان پس از رسیدن به تخلخل تهویه‌ای مناسب فرصت چندانی برای جذب آب نخواهند داشت، استفاده از هیدروژل استاکوزورب در خاک‌های سبک بافت، شرایط کم‌آبی و مناطق با دور آبیاری طولانی توصیه می‌شود.

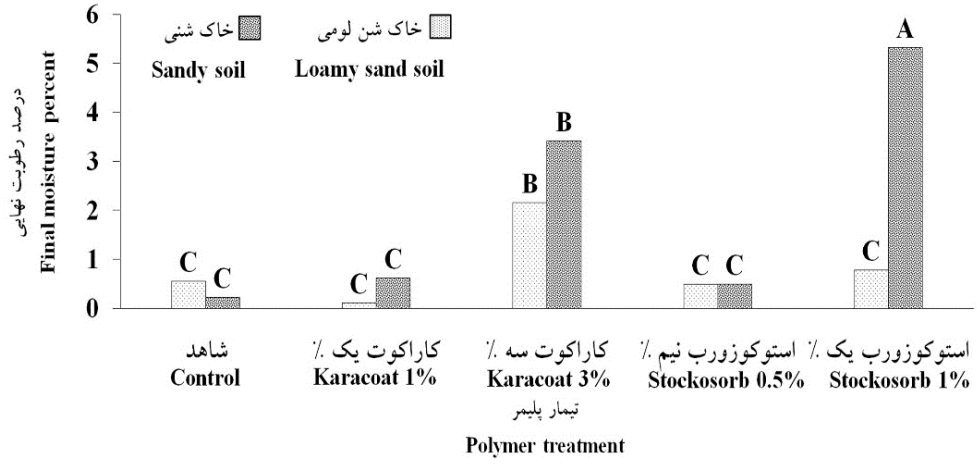
در کل با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارهای پلیمری در خاک شنی نسبت به نمونه شاهد خاک شنی و شن‌لومی می‌توان دریافت (شکل ۱) که تیمارهای سوپرآب یک و استاکوزورب نیم و یک درصد منجر به اصلاح قابل توجه رفتار خاک شنی گردیده‌اند. درصد رطوبت خاک شنی تیمار شده با هیدروژل‌های سوپرآب یک، استاکوزورب نیم و یک درصد به‌ترتیب ۲/۱۱ برابر، ۵۷/۳۱ درصد و ۳/۳۹ برابر نسبت به نمونه شاهد خاک شنی و ٤۱/٤٥، ٥/۳٦ درصد و ۲/۲۷ برابر نسبت به نمونه شاهد خاک شن‌لومی افزایش داشت. هم‌چنین با توجه به روند زمانی گویا در شکل ۲، تیمارهای پلیمری در حفظ رطوبت خاک شنی در طی زمان مؤثرتر از خاک شن‌لومی عمل نموده‌اند که این امر منجر به بیش‌تر شدن میزان رطوبت نهایی (رطوبت در روز بیستم) در خاک شنی نسبت به شن‌لومی گردید (شکل‌های ۲ و ۳).

به‌منظور انتخاب مناسب‌ترین تیمارهای پلیمری جهت مطالعات گلخانه‌ای میزان رطوبت نهایی (زمان ۲۰ روز) به‌عنوان معیار مقایسه قرار گرفت (شکل ۳). در این میان پلیمرهای کاراکوت یک و سه درصد و هیدروژل استاکوزورب نیم و یک درصد بهتر از سایر تیمارهای پلیمری عمل نمودند. در انتهای ۲۰ روز میزان رطوبت خاک شنی تیمار شده با استاکوزورب یک درصد و کاراکوت یک و سه درصد بیش‌تر از میزان رطوبت خاک شن‌لومی بود. هم‌چنین، رفتار خاک شنی تیمار شده با استاکوزورب نیم درصد مشابه خاک شن‌لومی گردید. در کل می‌توان دریافت که اگرچه خاک شن‌لومی دارای میزان رطوبت بیش‌تری نسبت به خاک شنی بود (شکل ۱)، اما میزان نگهداشت آب در خاک شن‌لومی تیمار شده با پلیمر کم‌تر از خاک شنی تیمار شده با پلیمر بود (شکل ۲). از این‌رو، بدیهی است که میزان رطوبت نهایی (۲۰ روز) در خاک شنی تیمار شده بیش‌تر از خاک شن‌لومی تیمار شده گردد (شکل ۳).



شکل ۲- نمودار تأثیر تیمار پلیمر و زمان بر میزان رطوبت (٪) خاک‌های شن‌لومی و شنی.

Figure 2. Effect of polymer treatment and time on moisture content (%) of loamy sand and sandy soils.



شکل ۳- نمودار تأثیر تیمارهای پلیمری انتخابی بر میزان رطوبت نهایی (٪) خاک‌های شن‌لومی و شنی.

Figure 3. Effect of selected polymer treatments on final moisture content (%) of loamy sand and sandy soils.

مطالعات گلخانه‌ای

خاک شن‌لومی: جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و تیمار پلیمر را بر برخی ویژگی‌های رویشی گیاه ذرت در خاک‌های شن‌لومی و شنی نشان می‌دهد. تأثیر تنش خشکی روی صفات ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک ساقه و وزن خشک ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. اما اثر تنش خشکی روی صفات تعداد برگ و وزن تر ریشه معنی‌دار نشد. هم‌چنین تجزیه آماری داده‌ها نشان داد، اثر تیمار پلیمر روی صفات وزن تر و خشک ساقه و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود، اما اثر تیمار پلیمر روی صفات تعداد برگ و ارتفاع ساقه معنی‌دار نشد. به‌علاوه، اثر متقابل تنش خشکی در تیمار پلیمر تنها روی صفت وزن تر ساقه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که ارتفاع ساقه و وزن خشک ریشه ذرت در دو سطح تنش متوسط (۵۰ ٪) و شدید (۳۰ ٪) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ٤). این در حالی است که ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک ساقه و وزن خشک ریشه ذرت در رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای بیش‌ترین و در رطوبت ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای کم‌ترین بود (جدول ٤). به‌طورکلی، تنش خشکی و کمبود آب در طول دوره رویشی گیاه ذرت منجر به کاهش ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک ساقه و وزن خشک ریشه گردیده است (جدول ٤). در مطالعات خادم و همکاران (۲۰۱۱) و روستایی و همکاران (۲۰۱۲) نیز با افزایش شدت تنش خشکی به‌ترتیب در گیاهان ذرت و سویا از تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کاسته شد (١٤ و ٢٢). در مقابل با کاربرد هیدروژل سوپر آب A۲۰۰ و کود دامی بر تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیولوژیک افزوده شد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد وزن تر و خشک ساقه در هیدروژل استاکوزورب یک درصد بیش از سایر تیمارهای پلیمری و نمونه شاهد بود (جدول ۵). به‌علاوه، هیدروژل استاکوزورب یک درصد وزن تر و خشک ریشه ذرت را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵). آثار مثبت کاربرد هیدروژل‌ها بر رشد و کارایی ذرت علوفه‌ای، به‌ویژه ارتفاع بوته و تجمع ماده خشک گیاه، توسط اله‌دادی و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش شده است (۳). طبق بررسی آن‌ها با افزایش فواصل آبیاری اثر وجود مقادیر بیش‌تر هیدروژل مشهودتر بود. پلیمر کاراکوت سه درصد از لحاظ تأثیر بر وزن تر ساقه و ریشه گیاه ذرت بعد از تیمارهای استاکوزورب نیم و یک درصد در رتبه سوم قرار می‌گیرد (جدول ۵). حضور پوسته‌های فیزیکی حاصل از تبخیر آب پلیمرهای محلول در آب در سطح خاک موجب کاهش تبخیر سطحی و تاحدی حفظ رطوبت خاک و بهبود رشد گیاه می‌گردد.

با بررسی اثر متقابل تنش خشکی در تیمار پلیمر بر وزن تر ساقه در خاک شن‌لومی مشاهده شد که در پلیمر محلول در آب کاراکوت تأثیر تنش خشکی بر وزن تر ساقه کم بود (جدول ٦). به‌طوری‌که در تیمارهای پلیمری کاراکوت یک و سه درصد تفاوت معنی‌داری بین سطوح تنش خشکی مشاهده نشد. تیمار کاراکوت سه درصد در تنش شدید (۳۰ ٪ ظرفیت مزرعه) قادر به افزایش معنی‌دار و ۲/۸۷

برابری وزن تر ساقه نسبت به نمونه شاهد شد. در مقابل، هیدروژل استاکوزورب در شرایط تنش خشکی تأثیر قابل‌توجهی بر وزن تر ساقه داشت. هیدروژل استاکوزورب یک درصد در تنش کم، متوسط و شدید به‌ترتیب ۵۹/۲۹، ۸۲/٤۱ درصد و ۳/۸۲ برابر وزن تر ساقه را نسبت به نمونه شاهد افزایش داد (جدول ٦). علت این تفاوت‌ها را می‌توان به قدرت جذب و رهاسازی آب توسط هیدروژل‌ها نسبت داد که باعث می‌شود در شرایط تنش، آب را به‌صورت تدریجی در اختیار گیاه قرار دهند.

خاک شنی: اثر تنش خشکی بر ارتفاع ساقه و وزن تر و خشک ریشه ذرت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳). در مقابل تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فاکتور اصلی تنش خشکی بر تعداد برگ و وزن تر و خشک ساقه ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در خاک شنی میانگین تعداد برگ در سطوح رطوبتی ۵۰ و۳۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به‌ترتیب برابر ۳/۵۷ و ۳/۰٦ (تفاوت معنی‌دار) می‌باشد که به‌ترتیب ۱٦/۵ و ۲۸/۵ درصد کاهش معنی‌داری را نسبت به سطح رطوبتی ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای نشان می‌دهند. تأثیر سطح رطوبتی بر وزن تر ساقه ذرت در خاک شنی روندی مشابه با خاک شن‌لومی داشت، اما بر خلاف خاک شن‌لومی صفت وزن خشک ساقه در خاک شنی در سطوح رطوبتی ۳۰ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای فاقد تفاوت معنی‌دار بود. در کل کمبود آب در طی تنش خشکی موجب محدودیت جذب عناصر غذایی از خاک توسط گیاه و در نتیجه کاهش رشد رویشی گیاه می‌شود.

بر خلاف خاک شن‌لومی اثر تیمار پلیمر در صفت‌های تعداد برگ و ارتفاع ساقه در خاک شنی معنی‌دار گردید (جدول ۵). پلیمر کاراکوت سه درصد تعداد برگ ذرت را بیش‌تر از هیدروژل استاکوزورب افزایش داد، اما این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. در مقابل، در خاک شنی نیز مشابه خاک شن‌لومی هیدروژل استاکوزورب یک درصد نسبت به پلیمر کاراکوت سه درصد در افزایش ارتفاع و وزن تر و خشک ساقه ذرت مؤثرتر بود (جدول ۵). کاربرد هیدروژل استاکوزورب یک درصد در هر دو خاک منجر به افزایش قابل‌توجه وزن تر و خشک ریشه ذرت نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی شد (جدول ۵). این تیمار وزن تر ریشه ذرت را در خاک شن‌لومی و شنی به‌ترتیب ۹/۲ و ٦/۵ برابر نسبت به شاهد و وزن خشک ریشه ذرت را در خاک شن‌لومی و شنی ۸ و ٦/۳ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. دلیل این امر قرار گرفتن دانه‌های هیدروژل در بین ریشه‌های ذرت و جذب آب در زمان در دسترس بودن رطوبت و رهاسازی تدریجی آب در طی شرایط خشک است.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی و تیمار پلیمر بر برخی ویژگی‌های رویشی گیاه ذرت در خاک‌های شن‌لومی و شنی.

Table 3. Anova of drought stress and polymer treatment on some growth characteristics of corn in loamy sand and sandy soils.

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Average of squares					
		شن‌لومی Loamy sand					
		تعداد برگ Leaf No.	ارتفاع ساقه Stem height	وزن تر ساقه Stem wet weight	وزن تر ریشه Root wet weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
تنش خشکی (Drought stress)	2	10.81^{ns}	18.9^{**}	950.9^{**}	3332.6^{ns}	161.8^{**}	94.5^{**}
تیمار پلیمر (Polymer treatment)	4	0.77^{ns}	5.7^{ns}	415.7^{**}	57314.3^{**}	39.4^{**}	702.2^{**}
تنش خشکی × تیمار پلیمر (Drought stress×Polymer treatment)	8	6.85^{ns}	1.7^{ns}	95.1^{**}	1149.8^{ns}	6.4^{ns}	42.5^{ns}
خطا (Error)	28	3.7	3.6	19.7	1081.3	7.3	20.5
		شنی Sand					
تنش خشکی (Drought stress)	2	5.5^{**}	12.5^{ns}	773.5^{**}	1307.2^{ns}	232.8^{**}	37.2^{ns}
تیمار پلیمر (Polymer treatment)	4	2.8^{**}	19.3^{**}	122.9^{*}	31662.4^{**}	61.6^{**}	424.2^{**}
تنش خشکی× تیمار پلیمر (Drought stress×Polymer treatment)	8	0.5^{ns}	6.1^{ns}	24.1^{ns}	879.5^{ns}	13.6^{ns}	9.4^{ns}
خطا (Error)	28	0.3	4.8	44.03	1420.2	11.6	42.48

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم معنی‌دار.

ns, * and ** non-significant, significant at P<0.05 and P<0.01, respectively.

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین تأثیر تنش خشکی بر برخی ویژگی‌های رویشی گیاه ذرت در خاک‌های شن‌لومی و شنی.

Table 4.Mean comparison of drought stress on some growth characteristics of corn in loamy sand and sandy soils.

تنش خشکی Drought stress						صفات Characteristics
خاک شنی Sandy soil			خاک شن‌لومی Loamy sand soil			
80 % FC	50 % FC	30 % FC	80 % FC	50 % FC	30 % FC	
4.28^{A}	3.57^{B}	3.06^{C}	-	-	-	تعداد برگ (Leaf No.)
-	-	-	13.23^{A}	12.02^{AB}	10.98^{B}	ارتفاع ساقه (Stem height (cm))
26.07^{A}	18.35^{B}	11.72^{C}	30.1^{A}	21.70^{B}	14.2^{C}	وزن تر ساقه (Wet weight of stem (g))
12.21^{A}	6.28^{B}	4.74^{B}	11.76^{A}	8.33^{B}	5.2^{C}	وزن خشک ساقه (Dry weight of stem (g))
-	-	-	11.32^{A}	6.88^{B}	7.06^{B}	وزن خشک ریشه (Dry weight of root (g))

میانگین‌های هر یک از اثرات اصلی و متقابل که دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک هستند بدون تفاوت معنی‌دار به روش آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

Different letters show significant difference among means of each characteristic, probability level 0.05, Duncan test.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمار پلیمر بر برخی ویژگی‌های رویشی گیاه ذرت در خاک‌های شن‌لومی و شنی.

Table 5. Mean comparison of polymer treatment on some growth characteristics of corn in loamy sand and sandy soils.

صفات Characteristics	تیمار پلیمر Polymer treatment									
	خاک شن‌لومی Loamy sand soil					خاک شنی Sandy soil				
	شاهد Control	کاراکوت ۱ ٪ Karacoat 1 %	کاراکوت ۳ ٪ Karacoat 3 %	استاکوزورب ۰/۵ ٪ Stockosorb 0.5 %	استاکوزورب ۱ ٪ Stockosorb 1 %	شاهد Control	کاراکوت ۱ ٪ Karacoat 1 %	کاراکوت ۳ ٪ Karacoat 3 %	استاکوزورب ۰/۵ ٪ Stockosorb 0.5 %	استاکوزورب ۱ ٪ Stockosorb 1 %
تعداد برگ (Leaf No.)	-	-	-	-	-	2.86^{C}	3.32^{BC}	4.27^{A}	4.04^{A}	3.7^{AB}
ارتفاع ساقه (Stem height (cm))	-	-	-	-	-	13.27^{AB}	11.48^{BC}	10.39^{C}	13.28^{AB}	13.88^{A}
وزن تر ساقه (Wet weight of stem (g))	16.28^{D}	15.59^{D}	20.49^{C}	26.29^{B}	31.5^{A}	16.39^{B}	15.98^{B}	15.75^{B}	22.07^{AB}	23.37^{A}
وزن خشک ساقه (Dry weight of stem (g))	22.25^{C}	20.7^{C}	26.47^{C}	101.85^{B}	204.1^{A}	23.35^{C}	21.91^{C}	20.12^{C}	97.14^{B}	151.36^{A}
وزن خشک ریشه (Dry weight of root (g))	7.38^{BC}	6.74^{C}	6.77^{C}	9.88^{AB}	11.38^{A}	7.75^{AB}	4.62^{B}	5.74^{B}	9.76^{A}	10.84^{A}
تعداد برگ (Leaf No.)	2.83^{C}	2.56^{C}	2.62^{C}	11.38^{B}	22.71^{A}	2.84^{C}	2.63^{C}	2.07^{C}	10.23^{B}	17.84^{A}

میانگین‌های هر یک از اثرات اصلی و متقابل که دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک هستند بدون تفاوت معنی‌دار به روش آزمون دانکن در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

Different letters show significant difference among means of each characteristic, probability level 0.05, Duncan test.

جدول ٦- نتایج مقایسه میانگین تأثیر تنش خشکی در تیمار پلیمر بر وزن تر (g) ساقه گیاه ذرت در خاک شن‌لومی.

Table 6. Mean comparison of drought stress and polymer treatment on wet weight of corn stem in loamy sand soil.

تنش خشکی Drought stress	تیمار پلیمر Polymer treatment				
	شاهد Control	کاراکوت ۱ ٪ Karacoat 1 %	کاراکوت ۳ ٪ Karacoat 3 %	استاکوزورب ۰/۵ ٪ Stockosorb 0.5 %	استاکوزورب ۱ ٪ Stockosorb 1 %
30 % FC	5.91^{e}	13.28^{de}	17.00^{cd}	12.41^{de}	22.62^{bc}
50 % FC	15.13^{cd}	16.35^{cd}	22.18^{bc}	27.23^{b}	27.60^{b}
80 % FC	27.81^{b}	17.15^{cd}	22.28^{bc}	39.25^{a}	44.30^{a}

میانگین‌های هر یک از اثرات اصلی و متقابل که دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک هستند بدون تفاوت معنی‌دار به روش آزمون دانکن در سطح ۵٪ می‌باشند.

Different letters show significant difference among means of each characteristic, probability level 0.05, Duncan test.

از دو غلظت به‌کار برده شده برای پلیمرها، پلیمر کاراکوت در صفات وزن تر ساقه (خاک شن‌لومی) و تعداد برگ (خاک شنی) از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۵). علاوه‌بر این، در هر دو نوع خاک با افزایش غلظت هیدروژل از نیم به یک درصد وزن تر و خشک ریشه ذرت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. میانگین وزن تر ریشه در غلظت یک درصد استاکوزورب در خاک‌های شن‌لومی و شنی به‌ترتیب ۲ و ۱/۵ برابر افزایش را نسبت به غلظت نیم درصد این هیدروژل داشت. هم‌چنین، وزن خشک ریشه در تیمار استاکوزورب یک درصد در خاک شن‌لومی ۱/۹۹ برابر و در خاک شنی ۱/۷ برابر نسبت به تیمار استاکوزورب نیم درصد افزایش نشان داد. با افزایش غلظت، دانه‌های بیش‌تری از هیدروژل در بین فضاهای خالی ریشه ذرت جای گرفته و منجر به تفاوت معنی‌دار در وزن تر و خشک ریشه می‌گردند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، مواد پلیمری منجر به افزایش رطوبت و میزان نگهداشت آن در خاک‌های سبک بافت شن‌لومی و شنی شدند. پلیمر محلول در آب کاراکوت سه درصد و پلیمر غیرمحلول در آب (هیدروژل) استاکوزورب یک درصد بیش‌ترین توانایی را از لحاظ افزایش رطوبت در هر دو خاک نشان دادند. هیدروژل استاکوزورب یک درصد نسبت به سایر تیمارها در افزایش میزان نگهداشت رطوبت در خاک‌ها مؤثرتر بود. غلظت پلیمر تأثیر مستقیم بر میزان رطوبت نمونه‌های خاک داشت. نگهداشت رطوبت در طی زمان و میزان رطوبت نهایی در خاک شنی تیمارشده با پلیمر بیش‌تر از خاک شن‌لومی بود. هیدروژل استاکوزورب در طول دوره رویشی گیاه ذرت در خاک شن‌لومی تحت تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر وزن تر ساقه ذرت داشت. در نهایت از بین پلیمرهای مورد استفاده در این پژوهش، پلیمر محلول در آب کاراکوت در غلظت سه درصد و پلیمر غیرمحلول (هیدروژل) در آب استاکوزورب در غلظت یک درصد جهت افزایش رطوبت در خاک‌های سبک بافت توصیه می‌شود. هم‌چنین، به‌منظور افزایش نگهداشت آب در خاک‌های سبک بافت و در شرایط تنش خشکی کاربرد هیدروژل استاکوزورب یک درصد مفید است. در کل می‌توان گفت مواد پلیمری با داشتن ویژگی‌هایی مانند طول عمر مفید، کارآیی زیاد در غلظت‌های کم، کاربرد موضعی در ناحیه ریشه درختان، می‌توانند شرایط مطلوبی را جهت رشد گیاهان در خاک‌هایی با ظرفیت نگهداری آب کم و در شرایط تنش خشکی فراهم آورند.

منابع

1. Al-Harbi, A.R., Al-Omran, A.M., Shalaby, A.A., and Choudhary, M.L. 1999. Efficiency of a hydrophilic polymer declines with time in green house experiments. American Society for Horticultural Science. 34: 2. 223-224.
2. Al-Khanbashi, A., and Abdalla, S.W. 2006. Evaluation of three waterborne polymers as stabilizers for sandy soil. Geotechnical and Geological Engineering. 24:6.1603-1625.
3. Allah Dadi, A., Moazen Ghamsari, B., Akbari, G.H., and Zohoorian Mehr, M. 2005. Investigation of the effect of different amount of water super absorbent polymer 200-A and irrigation levels on growth and yield of forage corn. In: Proceedings of 3rd specific symposium on application of super absorbent polymer hydro gels in agriculture, Petrochemistry and Polymer Research Center Iran. (In Persian)
4. 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 Sci. Soc. Amer. J. 51: 6. 1593-1599.
5. Banedjschafie, S., Rahbar, E., and Khaksarian, F. 2006. Effect of a super absorbent polymers on moisture characteristics of sandy soils. J. Range. Des. Res. 13: 2. 139-144. (In Persian)
6. Bhat, N.R., Suleiman, M.K., Al-Menaie, H., Al-Ali, E.H., Al-Mulla, L., Christopher, A., Lekha, V.S., Ali, S.I., and George, P. 2009. Polyacrylamide polymer and salinity effects on water requirement of conocarpus lancifolius and selected properties of sandy loam soil. Europ. J. Sci. Res. 25: 4. 549-558.
7. Dashtbozorg, A., Sayyad, G., Kazeminezhad, I., and Mesgarbashi, M. 2013. The effects of different sizes of particles of a superabsorbent polymer on water holding capacity of two different soil textures. J. Agric. Engin. 36: 1. 65-75. (In Persian)
8. Fry, J.D., and Butler, J.D. 1989. Water management during tall fescue establishment. American Society for Horticultural Science. 24: 1. 79-81.
9. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. P 383-409, In: A. Klute, (ed.), Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI.
10. Geesing, D., and Schmidhalter, U. 2004. Influence of sodium polyacrylate on the water-holding capacity of three different soils and effects on growth of wheat. Soil Use and Management. 20: 2. 207-209.
11. Gholami, M., Sajedi, N., and Gomarian, M. 2012. Effects of super absorbent polymer, zinc and selenium application on yield and yield components of durum wheat. New Finding in Agriculture. 7: 1. 69-80. (In Persian)
12. Jafarzadeh, S., Eghbal, M.K., and Jalalian, A. 2005. Biological and mechanical stabilization of sand dunes using super-absorbent polymers and clay mulch in Ardestan area (Isfahan). P 1-4, In: Proceedings of international conference on human impacts on soil quality attributes, Isfahan, Iran.
13. Jhurry, P. 1997. Agricultural Polymers. Food and Agricultural Research Council Reduit, Mauritius, Pp: 109-113.
14. Khadem, S.A., Ramroudi, M., Galavi, M., and Rousta, M.J. 2011. The effect of drought stress and different rates of animal manure with super absorbent polymer on grain yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). J. Field Crop Sci. 42: 1. 115-123. (In Persian)
15. Klute, A., and Dirksen, C. 1986. Sieve analysis (mechanical method). P 722-724, In: A. Klute (ed.), Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI.
16. Liu, J., Shi, B., Lu, Y., Jiang, H., Huang, H., Wang, G., and Kamai, T. 2012. Effectiveness of a new organic polymer sand-fixing agent on sand fixation. Environmental Earth Sciences. 65: 3. 589-595.
17. Lu, J., Wu, L., Letey, J., and Farmer, W.J. 2002. Picloram and napropamide sorption as affected by polymer addition and salt concentration. J. Environ. Qual. 31: 4. 1234-1239.

18. Mortezavi, S.M., Tavakoli, A., Mohammadi, M.H., and Afsahi, K. 2013. Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar2 cultivar under dry farming condition. Agron. J. (Pajouhesh and Sazandegi). 106: 118-125. (In Persian)
19. Movahedan, M., Abbasi, N., and Keramati, M. 2011. Experimental investigation of polyvinyl acetate polymer application for wind erosion control of soils. J. Water Soil. 25: 3. 606-616. (In Persian)
20. Naderi, F., and Vasheghani, F.B. 2006. Increasing soil water holding capacity by hydrophilic polymers. J. Soil Water Sci. 20: 1. 64-72. (In Persian)
21. Neyshabouri, M.R., and Reyhanitabar, A. 2011. Interpreting Soil Test Results (what do all the numbers mean?). Tabriz University Press. First Edition. 216p. (Translated in Persian)
22. Roustaie, K., Movahhedi Dehnavi, M., Khadem, S.A., and Owliaie, H.R. 2012. Effect of different super absorbent polymer and animal manure ratios on the quantitative and qualitative characteristics of soybean under drought stress. J. Crop Improv. 14: 1. 33-42. (In Persian)
23. Salajegheh Tezerji, F., Mohammadi, H., and Sarcheshmehpour, M. 2014. Effect of water stress on root rot disease of pistachio seedlings caused by Fusarium solani. J. Plant Pathol. 50: 3. 131-133. (In Persian)
24. Sarmast, M., Farpoor, M.H. and Sarcheshmehpour, M. 2014. Saturated hydraulic conductivity and soil penetration resistance affected by some water soluble polymers. J. Water Soil Cons. 21: 1. 235-251. (In Persian)
25. Seyed Dorraji, S., Golchin, A., and Ahmadi, S.H. 2010. The effects of different levels of a superabsorbent polymer and soil salinity on water holding capacity with three textures of sandy, loamy and clay. J. Water Soil. 24: 2. 306-316. (In Persian)
26. Shahbazi, A., Sarmadian, F., Refahi, H., and Gorji, M. 2005. Effect of polyacrylamide (PAM) on runoff and erosion of saline-sodic soils. J. Agric. Sci. 36: 5. 1103-1112. (In Persian)
27. Yu, J., Lei, T., Shainberg, I., Mamedov, A.I., and Levy, G.J. 2003. Infiltration and erosion in soils treated with dry PAM and gypsum. Soil Sci. Soc. Amer. J. 67: 2. 630-636.
28. 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. In: 2006 ASAE Annual Meeting, American Society of Agricultural and Biological Engineers.
29. Zlatković, S., and Rašković, L. 1998. The effect of the polyacrylamide, polyvinylalcohol and carboxymethyl cellulose on the aggregation of the soil and on the growth of the plants. Working and Living Environmental Protection. 1: 3. 17-23.

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 9(3), 2019
http://ejsms.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejsms.2020.15953.1853

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Effect of polymers on soil moisture content and some growth characteristics of corn plant under drought stress

***M. Sarcheshmehpoor[1], M.H. Farpoor[2] and M. Sarmast[3]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahid Bahonar University of Kerman,
[2]Professor, Dept. of Soil Science, Shahid Bahonar University of Kerman,
[3]Ph.D. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahid Bahonar University of Kerman
Received: 11.28.2018; Accepted: 06.26.2019

Abstract

Background and Objectives: Increase of water holding capacity induced by polymers has been developed in arid and semi-arid regions. The effect of polymers on increasing water holding capacity and the effect of selected polymers on some growth characteristics of corn plant under drought stress was carried out in both experimental and greenhouse condition, respectively.

Materials and Methods: The present research included two complementary parts performed in laboratory and greenhouse. First, the effect of 11 polymer treatments (polymer type and concentration) including Karacoat 1and 3%, Acrylic 1 and 3%, Polyvinyl acetate 1 and 3%, Superab 0.5 and 1%, Stockosorb 0.5 and 1% and control without polymer on moisture changes of two soils (loamy sand and sand) during 11 times (0, 12 h, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20 day) were studied in laboratory and 4 best polymer treatments were selected for greenhouse cultivation. In greenhouse, the effect of polymer treatments (Karacoat 1and 3%, Stockosorb 0.5 and 1% and control without polymer) under drought stress (30, 50 and 80% field capacity) on some growth characteristics of corn plant (leaf number, height, wet and dry weight of stem and wet and dry weight of root) were studied separately in loamy sand and sandy soils.

Results: Results showed that increase of moisture in both treated soils was higher than control and from this point of view, water soluble polymer-Karacoat 3% (18.5% compared to loamy sand control and 35.9% compared to sandy control) and Stockosorb 1% hydrogel (95.8% compared to loamy sand control and 3.4 times compared to sandy control) were more powerful. Mean moisture after 20 days for water soluble polymers and Superab hydrogel was higher in loamy sand than sandy soil. But, Stockosorb 1% hydrogel was more effective in sandy soil (16.1% increase compared to loamy sand soil). With increasing polymer concentration, the moisture content of polymer treated soil samples increased. To increasing water holding capacity Stockosorb 1% hydrogel in loamy sand (0-12 day) and sandy (0-16 day) soils was more successful than other polymer treatments. Both water holding capacity during the time and final moisture content in sandy soil treated with polymers were more than loamy sand soil. Leaf number, stem height, wet and dry weight of stem and dry weight of root in corn plant were reduced under drought stress. In contrast, height, wet and dry weight of corn stem were better in stockosorb hydrogel 1% treatment. Wet weight of corn stem in loamy sand soil under drought stress was significantly affected ($P<0.01$) by stockosorb hydrogel. Stockosorb 1% hydrogel increased wet weight of stem 59.29, 82.41 percent and 3.82 time in low, medium and severe stress compared to control, respectively.

* Corresponding Author; Email: msarcheshmeh@uk.ac.i

Conclusion: According to the results karacoat 3% and stockosorb 1% are recommended for increasing moisture and water holding capacity of coarse texture soils. Moreover, polymer materials with properties such as useful longevity, high efficiency at low concentrations and local application in the root zone of trees could provide ideal condition for plant which growth in soils with low water holding capacity. In addition, they are ideal for drought condition that is common in arid and semi-arid regions where rain is low and evaporation is high.

Keywords: Emulsion polymers, Hydrogel, Low water, Superabsorbent