

اثر نمک‌های خاکی روی آبیگری پلیمر آبدوست و کود حیوانی

اسماعیل رهبر^{۱*} و شهرام بانج شفیعی^۲

*- نویسنده مسئول، مربی پژوهشی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، پست الکترونیک: rahbar@rifr-ac.ir

۲- استادیار پژوهشی، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۱۱ تاریخ پذیرش: ۸۷/۰۹/۲۶

چکیده

آبیگری بسیار زیاد پلیمرهای آبدوست صنعتی انگیزه بررسی کارایی آنها برای افزایش ذخیره رطوبت خاک است. چون که این ویژگی از نیروهای اسمزی و الکترواستاتیک در ساختار شیمیایی پلیمرها ناشی می‌شود، دگرگون شدن قابل انتظار آبیگری پلیمر در اثر نوع و غلظت نمک‌های خاک در مقایسه با همین واکنش در کود حیوانی مورد بررسی قرار گرفت. بر پایه نتایج این بررسی، هر گرم پلیمر تجاری از نوع پلی‌اکریل‌امید ساخت ایران در اولین نوبت آبیگری ۱۸۴/۴ گرم آب مقطر جذب می‌کند. آبیگری همین پلیمر با آب‌های دارای ۱۶۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم انواع نمک در لیتر به ترتیب تا ۳۱، ۷۹ و ۸۳ درصد کمتر از آبیگری با آب مقطر است. پس از ۹ بار خشکیدن پلیمر اشباع از آب مقطر و آبیگری مجدد، سرانجام توانایی پلیمر برای آبیگری با آب مقطر ۲۲ درصد کاهش یافته و با آب‌های نمکی پیش‌گفته به ترتیب تا ۷۲، ۸۱ و ۸۸ درصد کمتر از نهمین نوبت آبیگری پلیمر با آب مقطر می‌شود. خشکیدن پلیمر اشباع از آب مقطر در ماه‌های گرم سال به‌طور متوسط ۶ روز و با آب‌های نمکی حدود ۲/۳ روز به‌طول می‌انجامد. اثر تخریبی کاتیون یک ظرفیتی سدیم روی آبیگری پلیمر کمتر از کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم و اثر تخریبی منیزیم نیز کمتر از کلسیم است. اگرچه هر گرم کود حیوانی پوسیده تنها ۲/۳ گرم آب مقطر جذب می‌کند، اما آبیگری پیاپی آن با آب دارای ۴۰۰۰ میلی‌گرم نمک در لیتر (آب لب‌شور) تغییری محسوس نسبت به آبیگری با آب مقطر نداشته و خشکیدن آن در همان شرایط خشکیدن پلیمر، با آب مقطر ۱۷ و با آب لب‌شور ۱۸ روز به‌طول می‌انجامد.

واژه‌های کلیدی: پلیمر پلی‌اکریل‌امید، کود حیوانی، نمک‌های خاکی، پایداری آبیگری

مقدمه

مصرفی مطرح است، بلکه برای مقدار ثابتی از آب مصرفی، از راه کاهش نوبت‌های آبیاری و به تبع آن کاهش هزینه عملیات نیز مورد توجه است. در شرایط ثابت اقلیمی و نوع کشت، تأمین هر دو خواسته بالا بستگی به نوع خاک و مدیریت عملیات آبیاری دارد. در خاک‌های سبک و شنی، با وجود تراوایی زیاد و محفوظ بودن رطوبت خاک از تبخیر، ظرفیت خاک برای

آب مهمترین عامل تولید در بخش کشاورزی و منابع طبیعی بوده و کمبود آن دغدغه‌ای جهانی است. از این‌رو و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک ابداع و توسعه روش‌های کم‌آبیاری برای دستیابی به بالاترین بازده همواره مورد توجه و تأکید بوده است. بازده آبیاری نه فقط از نظر افزایش محصول به‌ازای واحد حجم آب

تیمار شده با پلیمر و شاهد تفاوتی ندارد (Bowman Geesing & Sivapalan, 2002 *et al.*, 1990 Schmidhalter, 2004؛ شفیع‌ی و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به تبلیغات تجاری راجع به آبیگری فوق‌العاده زیاد پلیمرهای آبدوست و گزارش‌های علمی پیش‌گفته، چنین به نظر می‌رسد که ممکن است این مواد بتوانند دست‌کم با جلوگیری از فرونشینی آب مازاد بر ظرفیت نگهداری خاک از محیط ریشه (آب ثقلی)، سبب تطویل دور آبیاری و کاهش هزینه عملیات آبیاری در خاک‌های شنی و سبک گردند.

بررسی ساختار شیمیایی پلیمرهای آبدوست ساختگی نشان می‌دهد که بیشتر این مواد ژل‌های پلی‌الکترولیت اکریلی هستند که به علت داشتن گره‌های شبکه‌ای، پس از آبیگری بلورینه شده و جاری نمی‌شوند؛ نوع آسفوتر پلی-الکترولیت‌ها دارای هر دو بار مثبت و منفی ناشی از عامل کربوکسیل در شبکه خود بوده و از این رو در مجاورت آب دو نیروی مکش اسمزی و دافعه الکترواستاتیک در داخل شبکه پلیمر فعال شده و سبب آبیگری و تورم آن می‌شود؛ این ساختار شیمیایی آبیگری پلیمر را در حضور نمک‌ها و به ویژه نمک‌های دارای کاتیون‌های دوظرفیتی کاهش می‌دهد (کبیری، ۱۳۸۱؛ بوهندی، ۱۳۸۱). مواد آلی-هوموسی شده خاک نیز در زمره مواد پلیمری بوده و به-علت دخالت عوامل گوناگون در تشکیل آن، ساختاری پیچیده و کمتر شناخته شده دارند. هوموس که محصول نهایی فرایند به نسبت طولانی هوموسی شدن مواد آلی (بقایای گیاهی، جانوری و کود حیوانی) در خاک است، توانایی آبیگری و تبادل یونی فوق‌العاده‌ای داشته و از بسیاری جهات ماده‌ای پایدار است (بوهن و همکاران، ۱۹۷۹- ص ۱۰۰).

نگاهداشت آب محدود بوده و ناگزیر بایستی آبیاری به - دفعات بیشتر و مقادیر کمتر در هر نوبت انجام شود که سبب افزایش هزینه می‌گردد. برای رفع این مشکل، کشاورزان مخلوطی از کلوئیدهای آبدوست رسی و آلی را به خاک می‌افزایند. کمبود و گرانی کودهای آلی و سرعت تجزیه و تخریب در شرایط مناطق خشک و بیابانی کاربرد آن را برای جنگل‌کاریهای گسترده در اینگونه مناطق محدود ساخته است؛ از این رو بررسی امکان استفاده از پلیمرهای آبدوست ساختگی مورد توجه قرار گرفت. منابع تجاری قابلیت این مواد برای جذب آب را ۳۰۰ تا ۵۰۰ برابر وزن آنها ذکر کرده و ادعا می‌کنند که آب جذب شده به وسیله پلیمرهای آبدوست به سادگی آزاد شده و در اختیار گیاهان قرار می‌گیرد. از این رو کارایی پلیمرهای آبدوست برای اصلاح خواص فیزیکی خاک از نظر نگهداری و آزادسازی آسان حجم زیادی آب موضوع آزمایشهایی متنوع شده است. گزارش‌های موجود از کارایی این مواد بر حسب شرایط و شیوه آزمایش متناقض است؛ از جمله با استفاده از پلیمر و یک نوبت آبیاری، نشانه‌های پژمردگی در گیاهان ۲۸-۲۵ روز دیرتر از شاهد (۱۷-۱۵) روز رخ می‌دهد (Hutermann *et al.*, 1997؛ Mohana Ruja *et al.*, 2002)؛ یا رطوبت ظرفیت زراعی خاک بین ۷ (گنجی خرم‌دل، ۱۳۸۱) تا ۳۵۰ درصد (عابدی-کوپایی و سهراب، ۱۳۸۴) افزایش می‌یابد. دیگر گزارش‌ها نشان می‌دهد که اگرچه خاک‌های آمیخته با مقادیر توصیه شده پلیمر می‌توانند مقدار زیادی آب را در مکش کمتر از ۰/۰۱ مگاپاسکال (MPa) - حد پایین آب ثقلی - نگهداری و به آسانی در اختیار گیاه قرار دهند، اما در مکش‌های بین ۰/۰۱ تا ۱/۵ مگاپاسکال - حدود بالای آب ثقلی + آب قابل استفاده گیاه - و بیشتر از آن، مقدار رطوبت در خاک‌های

خریداری شد. ژل‌های پلیمری اشباع از آب نمکی به مدت یک ساعت روی الک بسیار ریز قرار داده شد تا تمام آب آزادی که جذب پلیمر نشده بود از زیر الک خارج شود. ژل‌های پلیمری باقی‌مانده روی الک با ترازویی به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد و بعد در معرض هوای آزمایشگاه قرار داده شد تا به تدریج خشک شوند. اندازه‌گیری رطوبت ژل‌ها به روش وزنی در طول مدت خشکیدن تکرار شد. این اندازه‌گیری‌ها با پلیمر اشباع شده با آب مقطر نیز انجام شد. هریک از ژل‌های پلیمری خشکیده دوباره با نمونه آب مقطر یا نمکی مربوطه تا حد اشباع آگیری شد. اندازه‌گیری‌های درجه اشباع از آب و طول مدت خشکیدن ژل پلیمری مانند نوبت اول تا ۹ بار، در ماه‌های خرداد و تیر، تکرار شد. آزمایش دیگری برای بررسی آگیری پلیمر با محلول اوره آزمایشگاهی نیز به همان روش پیش‌گفته ولی تنها در یک نوبت انجام شد.

افزون بر آزمون آگیری پلیمر، مدت و مقدار آگیری کود پوسیده حیوانی تا رسیدن به حد اشباع نیز به وسیله آب مقطر و محلولی نمکی متشکل از مخلوط سولفات سدیم و کلراید کلسیم آبدار و چگونگی خشکیدن آن در سه تکرار بررسی شد. علت پسنده کردن این بخش از آزمایش به این دو نوع نمک، تنوع یونی و شدت اثر فزون‌تر آنها روی پلیمر بوده است. محلول این دو نمک به نسبت وزنی مساوی و به غلظت ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (دوبار غلیظ‌تر از آب‌های استفاده شده برای پلیمر) تهیه شد. هدایت الکتریکی این محلول ۵/۱ دسی‌زیمنس بر متر (معادل شوری آب لب‌شور) بوده است. در این بخش از آزمایش زمان لازم برای آگیری کود حیوانی با آب مقطر تا حد اشباع و همچنین تغییرات رطوبت نمونه‌های آگیری شده با آب-مقطر و آب نمکی، در طول مدت خشکیدن در دمای

منابع علمی بیشینه آگیری پلیمرهای آبدوست ساختگی را در شرایط استفاده از آب مقطر، بر حسب نوع و محل تولید بین ۱۶۰ (کوچک‌زاده و همکاران، ۱۳۷۹) تا ۴۲۰ گرم آب برای هر گرم پلیمر (Bowman et al., 1990) گزارش کرده و افزوده‌اند که حضور یون‌های محلول در آب به شدت درجه آگیری پلیمر را کاهش می‌دهد؛ از این رو و با توجه به شباهت ساختاری پلیمرهای آبدوست ساختگی با مواد آلی هوموسی شده خاک، بررسی درجه آگیری پلیمر و کود حیوانی پوسیده در آب حاوی انواع نمک به غلظت‌های معمول در خاک‌های مناطق خشک و همچنین بررسی پایداری آگیری پلیمر و کود حیوانی بر اثر توالی تر و خشک‌شدن، موضوع این پژوهش قرار گرفت.

مواد و روشها

به منظور بررسی میزان آگیری پلیمر در شرایط حضور املاح خاکی و بررسی روند تغییر آگیری آن در دفعات تر و خشک شدن، آمیخته‌هایی دو به دو از نمک‌های آبدار سولفات و کلراید آزمایشگاهی حاوی کاتیون‌های یک و دو ظرفیتی سدیم، کلسیم و منیزیم به نسبت وزنی مساوی و با غلظت‌های ۱۶۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه و هدایت الکتریکی آنها اندازه‌گیری شد. به هر لیتر از محلول‌های پیش‌گفته ۱/۰ گرم پلیمر در سه تکرار افزوده شد؛ با توجه به این‌که بیشینه آگیری پلیمر بعد از ۲۴ ساعت حاصل می‌شود (Bowman et al., 1990)، نمونه‌ها به مدت یک شبانه‌روز به حال خود گذاشته شد تا پلیمر اضافه شده به محلول‌های نمکی به بیشینه آگیری برسد. پلیمر مورد استفاده از نوع پلی‌اکریل‌آمید با نشان تجارتي A200 از شرکت بازرگانی پژوهشگاه پلیمر ایران

ازای هر گرم پلیمر (۱۸۴/۴ گرم بر گرم) بوده و در پایین‌ترین درجه غلظت نمک‌ها در این بررسی (۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر)، آبیگری پلیمر در نوبت اول تا ۱۲۷/۷ گرم بر گرم کاسته شد، که معادل ۳۱ درصد کاهش نسبت به آبیگری پلیمر با آب-مقطر در نوبت اول است (نمودار ۱). با افزایش غلظت نمک‌ها به ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (بیشینه شوری تا ۳/۳ دسی‌زیمنس بر متر)، آبیگری نوبت اول به ترتیب تا ۳۸/۷ و ۳۲/۰ گرم بر گرم کاسته شد که معادل ۷۹ و ۸۳ درصد کاهش نسبت به آبیگری پلیمر با آب-مقطر در نوبت اول است؛ درحالی‌که حتی غلیظترین محلول اوره تأثیری بر آبیگری پلیمر نداشت.

آزمایشگاه، با توزین پیایی اندازه‌گیری شد. پس از کاهش رطوبت نمونه‌ها به حدود ۱ درصد، کار تجدید آبیگری و اندازه‌گیری‌های پیشین تا ۴ نوبت پیایی، در ماه‌های خرداد، تیر و اوایل مرداد، تکرار شد.

نتایج

نوع، غلظت و هدایت الکتریکی محلول‌های نمکی مورد استفاده در این آزمایش و میانگین بیشینه آبیگری پلیمر و کود حیوانی آبیگری شده با انواع محلول‌های مورد بررسی در اولین نوبت آبیگری در جدول ۱ ارائه شده است. بیشینه آبیگری پلیمر با آب-مقطر در نوبت اول ۱۸۴/۴ گرم آب به-

جدول ۱- غلظت و شوری محلول‌ها و میزان آبیگری پلیمر و کود حیوانی در نوبت اول.

کود حیوانی g/g	پلیمر g/g	هدایت الکتریکی dS/m	غلظت					میلی گرم در لیتر	نمک های آب
			میلی مول در لیتر	میلی اکی والان در لیتر					
				جمع	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺		
2.3	184.4	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	آب مقطر
-	127.7	0.3	-	2.1	0.0	1.1	1.1	160	CaCl ₂ , 2H ₂ O
-	42.0	1.5	-	13.8	0.0	6.8	7.0	1000	+
-	34.1	2.7	-	27.7	0.0	13.6	14.1	2000	Na ₂ SO ₄
1.9	-	5.1	-	55.4	0.0	27.2	28.2	4000	
-	128.7	0.2	-	2.3	1.4	0.0	0.0	160	MgCl ₂ , 6H ₂ O
-	38.7	1.0	-	14.5	8.9	0.0	0.0	1000	+
-	32.0	1.8	-	29.1	17.9	0.0	0.0	2000	MgSO ₄ , 7H ₂ O
-	141.2	0.3	-	2.5	0.0	0.0	2.5	160	
-	83.0	1.8	-	15.6	0.0	0.0	15.6	1000	NaCl + Na ₂ SO ₄
-	62.6	3.3	-	31.2	0.0	0.0	31.2	2000	
-	129.1	0.3	-	2.2	0.8	0.0	1.4	160	MgCl ₂ , 6H ₂ O
-	47.0	1.6	-	13.4	4.9	0.0	8.5	1000	+
-	36.6	3.1	-	26.9	9.8	0.0	17.1	2000	NaCl
-	134.6	0.2	-	1.7	0.6	0.0	1.1	160	MgSO ₄ , 7H ₂ O
-	62.7	1.2	-	11.0	4.0	0.0	7.0	1000	+
-	41.3	2.2	-	22.2	8.1	0.0	14.1	2000	Na ₂ SO ₄
-	102.4	0.2	-	2.0	0.0	2.0	0.0	160	CaCl ₂ , 2H ₂ O
-	31.4	1.1	-	12.6	0.0	12.6	0.0	1000	+
-	21.6	2.2	-	25.2	0.0	25.2	0.0	2000	CaSO ₄ , 2H ₂ O
-	185.0	0.0	2.7	-	-	-	-	160	
-	187.2	0.0	16.7	-	-	-	-	1000	CO(NH ₂) ₂
-	183.3	0.0	33.3	-	-	-	-	2000	

آبگیری پلیمر با آب مقطر در نوبت نهم است. طول مدت خشکیدن پلیمر آبگیری شده با محلول‌های نمکی (در قیاس با آب مقطر) کوتاهتر شده و به‌طور متوسط به ۲/۳ روز رسید. در این مورد نیز تفاوتی در نوبت‌های اول و آخر خشکیدن دیده نشد.

بررسی رابطه نوع کاتیون موجود در محلول‌های نمکی مورد استفاده و رفتار رطوبتی پلیمر نشان می‌دهد که فراوانی کاتیون یک ظرفیتی سدیم، در قیاس با کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم، اثر تخریبی کمتری روی آبگیری پلیمر و پایداری خاصیت آبگیری آن دارد. چون که در غلظت ثابت نمک، شدت اثر کاتیون‌ها از فراوانی بارهای مثبت آنها در واحد حجم محلول نشأت می‌گیرد، فراوانی کاتیون‌ها در محلول‌های نمکی مورد استفاده در این آزمایش بر حسب میلی اکوی والان در لیتر در جدول ۱ و رابطه ترسیمی آنها با آبگیری نوبت اول پلیمر در نمودار ۸ ارائه شد. این نمودار نشان می‌دهد که اثر تخریبی کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم روی آبگیری پلیمر در غیاب کاتیون یک ظرفیتی سدیم بسیار شدید و اثر کاتیون سدیم در غیاب کاتیون‌های دو ظرفیتی به نسبت کم است؛ اثر مخلوط کاتیون‌های یک و دو ظرفیتی روی آبگیری پلیمر بینابین دو حالت پیش گفته است. مقایسه دو کاتیون دو ظرفیتی کلسیم و منیزیم گویای شدت اثر منفی کلسیم نسبت به منیزیم روی آبگیری پلیمر است.

بنابراین زمان لازم برای این که کود حیوانی به بیشینه آبگیری برسد ۴ ساعت بوده و بیشینه جذب آب آن در اولین نوبت آبگیری و روند کاهش مقدار آبگیری در نوبت‌های بعدی و همچنین طول مدتی که کود حیوانی اشباع شده از آب، رطوبت خود را در شرایط هوای آزمایشگاه از دست می‌دهد، در نمودار ۹ ارایه شده است.

میانگین ارقام مربوط به روند کاهش آبگیری پلیمر در نوبت‌های بعدی خشکیدن و تجدید آبگیری و همچنین طول زمانی که پلیمر آبگیری شده آب خود را در شرایط آزمایشگاه از دست می‌دهد، بر حسب نوع و غلظت املاح در نمودارهای ۲ تا ۷ ارائه شده است. روندهای ارائه شده در نمودارها نشان می‌دهد که مقدار جذب آب به‌وسیله پلیمر در اولین نوبت آبگیری همواره بیشتر بوده و بعد از استمرار کاهش شدید تا نوبت‌های چهارم یا پنجم، از آن پس کاهش آبگیری اندک و روند آن نامحسوس است. در صورت استفاده از آب مقطر و بعد از ۹ بار خشکیدن و تجدید آبگیری، که ۵۴ روز پیاپی به‌درازا کشید، آبگیری پلیمر ۲۲ درصد کاهش یافته و به ۱۴۴/۲ گرم برگرم رسید. طول مدت خشکیدن پلیمر اشباع از آب مقطر در این آزمایش که در ماه‌های گرم خرداد و تیر انجام شد، به‌طور متوسط ۶ روز بوده و از این نظر تفاوتی در نوبت‌های اول و آخر خشکیدن دیده نشد. کاهش آبگیری پلیمر با آب‌های نمکی در نوبت‌های بعدی، به‌ویژه نوبت‌های دوم تا پنجم، با شدتی مشابه نوبت‌های قبل ادامه یافته و از آن پس از شدت کاهش آبگیری کاسته شد. محلول‌های حاوی ۱۶۰ میلی‌گرم نمک در لیتر (بیشینه شوری تا ۰/۳ دسی‌زیمنس-برمتر)، آبگیری پلیمر در نوبت نهم را تا ۴۰/۵ گرم برگرم تنزل داد که معادل ۷۲ درصد کاهش نسبت به آبگیری پلیمر با آب مقطر در نوبت نهم است. در غلظت‌های نه-چندان زیاد ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پس از کاهش شدید آبگیری در نوبت اول، روند کاهش جذب آب به‌وسیله پلیمر در نوبت‌های بعدی خشکیدن و تجدید آبگیری کند و نامحسوس شده و سرانجام در نوبت نهم به‌ترتیب تا ۲۶/۹ و ۱۶/۹ گرم برگرم کاهش یافت؛ این سطح از آبگیری معادل ۸۱ و ۸۸ درصد کاهش نسبت به

دست داد. فواصل تجدید آبیگری و خشکیدن ژل پلیمری اشباع از آب مقطر در محیط آزمایشگاه در این آزمایش که در ماه‌های گرم سال انجام شد، بدون تفاوت محسوس بین نوبت‌های اول تا آخر، به‌طور متوسط ۶ روز بود؛ در حالی که در آزمایش پیشین نگارندگان (شفیعی و همکاران، ۱۳۸۵) که در پاییز و زمستان به مدت شش ماه پی‌پی انجام شده بود، خشکیدن ژل پلیمری اشباع از آب مقطر به‌طور متوسط ۲۱ روز به طول می‌انجامید. گفتنی است که به‌استثنای فصل، دیگر شرایط اجرای هر دو آزمایش، مانند مواد، مکان و ظروف یکسان بوده و به‌ویژه ژل‌های مورد بررسی در هر دو آزمایش به دور از جریان هوا و در سایه قرار داده می‌شدند. در آزمایش خاک آمیخته با پلیمری از نوع سدیم پلی‌اکریلات، حدود ۲۵ درصد کاهش رطوبت اشباع مخلوط در سومین نوبت آبیگری و کوتاه‌تر شدن طول دوره خشکیدن مخلوط از ۲۸ روز به ۲۱ روز، توسط (Geesing & Schmidhalter, 2004) نیز گزارش شده است.

آبیگری پلیمر به‌تناسب افزایش غلظت نمک‌ها (به‌استثنای محلول‌آورده)، از روندی کاهنده و پرشتاب در الگوی توانی (Power) پیروی کرده و با یافته‌های پیشین در این زمینه (Bowman *et al.*, 1990 و Wang & Gregg, 1990) هم‌سو است. کوچک‌زاده و همکاران (۱۳۷۹) نیز اختلاف آبیگری پلیمر با آب مقطر و آب آبیاری (بدون ذکر درجه شوری آن) را دریافته و اضافه کرده‌اند که با اعمال فشار (مکش) برای استخراج آب از ژل پلیمری، از میزان اختلاف کاسته شده و در فشاربالا (بیشتر از ۱۰۰۰۰ هکتوپاسکال) درصد حجمی رطوبت باقی مانده در ژل پلیمری آبیگری شده با دو نوع آب پیش‌گفته مساوی خواهد شد.

به‌موجب این بخش از نتایج آزمایش، آب مقطر لازم برای اشباع کود حیوانی خالص ۲۳۲ درصد وزنی یا معادل ۲/۳ گرم آب به‌ازای هر گرم کود (۲/۳ گرم برگرم) است. اگرچه این مقدار جذب آب مقطر در مقایسه با آبیگری پلیمر خالص ناچیز است، اما خشکیدن آن به‌طور متوسط حدود ۱۷ روز به‌دراز می‌کشد و اُفت خاصیت جذب آب آن در آبیگری‌های بعدی نیز ناچیز است؛ به‌طوری‌که در چهارمین نوبت آبیگری که پس از ۶۸ روز پی‌پی انجام شد، آبیگری کود حیوانی تنها به‌حدود ۲۰۲ درصد (۲/۰ گرم برگرم) تقلیل یافت. همین روند با اختلافی اندک و نامحسوس برای آبیگری کود حیوانی با آب لب‌شور (۴۰۰۰ میلی‌گرم املاح در لیتر) نیز مشاهده شد. از این‌رو فراوانی کاتیون‌های سدیم و کلسیم در این محلول به‌ترتیب حدود ۲۸ و ۳۶ و مجموع آن‌ها بیش از ۶۴ میلی‌اکی‌والان در لیتر است (جدول ۱). به‌طوری‌که دیده می‌شود، حتی این درجه از شوری آب نیز، که دو بار شورتر از شورترین محلول مورد استفاده برای آبیگری پلیمر است، تأثیری بر آبیگری کود حیوانی و پایداری ویژگی‌های رطوبتی آن ندارد. ناگفته نماند که زمان لازم برای خشکیدن کود حیوانی اشباع شده با آب دارای ۴۰۰۰ میلی‌گرم نمک در لیتر به‌طور متوسط ۱۸ روز (یک روز بیشتر از کود حیوانی اشباع شده با آب مقطر) است.

بحث

بیشینه آبیگری پلیمر تجارتي خالص مورد استفاده در این آزمایش به‌وسیله آب مقطر کمتر از نصف ارقام گزارش شده توسط پژوهندگان خارجی برای همین نوع پلیمر تجارتي است. این پلیمر پس از ۹ بار خشک شدن و تجدید اشباع با آب مقطر، ۲۲ درصد از قابلیت آبیگری اولیه خود را از

Fe^{2+} به صورت سولفات محلول در آب مورد استفاده برای آبیگری پلیمر شدیدتر از دیگر کاتیون‌های دوظرفیتی است.

با توجه به یافته‌های پیش گفته، به نظر می‌رسد که رفتار ژل پلیمری به‌هنگام آبیگری و نقش نمک‌ها در آبیگری مانند فرایند جذب غیرفعال در اندام‌های گیاهی (تراوش و تعادل یون‌ها در فضاهای طرفین پرده نیمه‌تراوا) باشد. این فرایند را Donnan بر پایه معادلات پیشنهادی پیشین تعریف کرده و اینک به نام خود او مشهور است. این معادله برای هر یونی که بتواند به‌طور آزاد بین دو فضای داخل و خارج پرده نیمه‌تراوا حرکت کند قابل گسترش است. برپایه این معادله، تعادل اسمزی یون‌ها به‌هنگام تراوش متناسب با غلظت به توان عکس ظرفیت (ریشه n ام یون n ظرفیتی) برای هر یک از یون‌های داخل نسبت به یون‌های خارج فضای نیمه‌تراواست (سالاردینی، ۱۳۵۸ - ص ۲۱). خاستگاه نیروی اسمزی در پلیمرهای آبدوست ساختگی و طبیعی (هوموس خاک) نیز اختلاف غلظت کاتیون‌های متحرک وابسته به آنیون‌های غیرمتحرک کربوکسیل در مولکول پلیمر است. چنانچه غلظت این کاتیون‌ها در محلول داخلی شبکه پلیمر نسبت به کاتیون‌های موجود در آب مورد استفاده برای آبیگری پلیمر (محلول خارجی) فزونتر باشد، آبیگری پلیمر آغاز شده تا رسیدن به تعادل اسمزی استمرار می‌یابد. از این رو آبیگری پلیمر در محلول‌های الکترولیت‌ها متناسب با افزایش غلظت الکترولیت کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، نیروی دافعه الکترواستاتیک بارهای همنام (منفی) موجود در شبکه ساختمانی پلیمرهای آبدوست نیز که به‌نوبه خود سبب تورم و آبیگری پلیمر به‌صورت ژل بلورینه می‌شود، با حضور کاتیون‌ها کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که دیده شد مقدار کاهش متناسب با افزایش غلظت و بزرگی ظرفیت کاتیون

این بررسی نشان داد که در اولین نوبت آبیگری، به-تناسب غلظت نمک‌های محلول (۱۶۰ تا ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و نوع کاتیون، بین ۲۳ تا ۸۳ درصد از قابلیت جذب آب پلیمر (نسبت به اولین نوبت آبیگری با آب مقطر) کاسته می‌شود. خشک شدن ژل و آبیگری چندباره و پیاپی آن با محلول‌های نمکی، آبیگری پلیمر را بیش از پیش می‌کاهد. در غلظت‌های ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلی-گرم در لیتر، کاهش آبیگری در اولین نوبت شدید بوده و در آبیگری‌های بعدی مقدار کاهش ناچیز است؛ در حالی‌که اگرچه کاهش قابلیت جذب آب در آبیگری‌های پیاپی با محلول نمکی رقیق (۱۶۰ میلی‌گرم در لیتر) به‌نسبت تدریجی است، اما سرانجام پس از ۹ بار آبیگری، تا سطح آبیگری با محلول‌های غلیظ‌تر کاهش می‌یابد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، محلول غیرالکترولیت اوره تأثیری بر آبیگری پلیمر نداشت. مقایسه نتایج بدست آمده از چگونگی اثر اوره و الکترولیت‌های مصرفی در آبیگری پلیمر نشان می‌دهد که واکنش آبیگری پلیمر مربوط به بارهای الکتریکی موجود در محلول و فراوانی این بارها بوده و وزن ماده حل شده اهمیتی از این نظر ندارد؛ از این رو، شدت اثر تخریبی نمک‌های محلول بستگی به نوع کاتیون موجود در محلول نمک دار

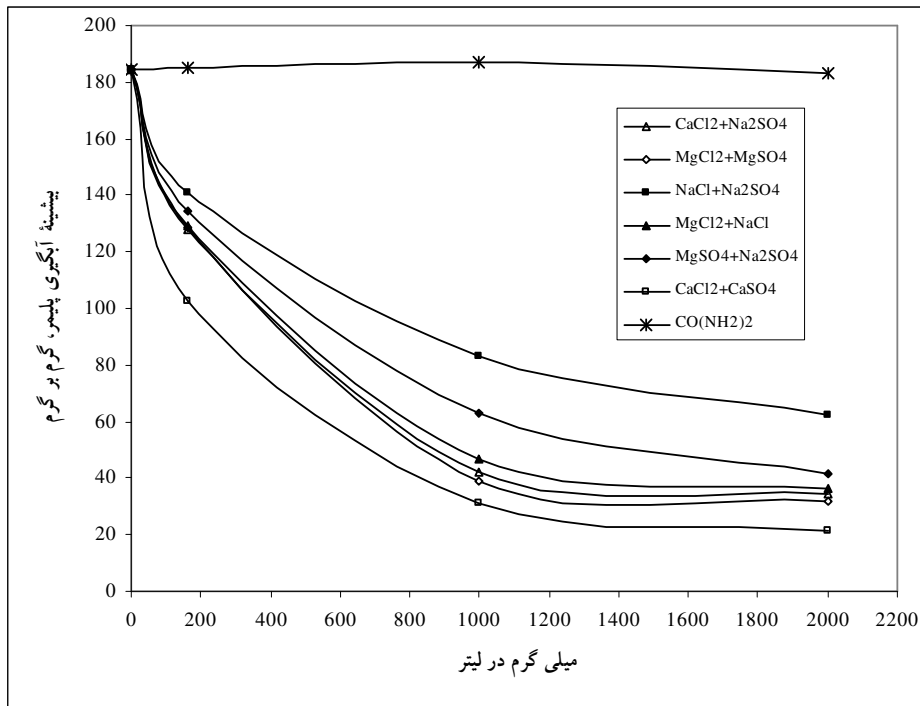
د؛ کاتیون‌های دوظرفیتی Ca^{2+} و Mg^{2+} (دارای بار الکتریکی بیشتر) اثر تخریبی بیشتری در قیاس با کاتیون یک‌ظرفیتی Na^{+} دارند. شدت اثر تخریبی کاتیون‌های دوظرفیتی کلسیم و منیزیم در قیاس با کاتیون یک‌ظرفیتی K^{+} پیشتر توسط (Taylor & Halfacre, 1986)، (Bowman & Richard, 1991 و Bowman et al., 1990) نیز گزارش شده است. (Wang & Gregg, 1990) ضمن گزارش یافته‌هایی مشابه، افزودند که اثر تخریبی کاتیون

جذب آب را بیابد، آب به ژرفایی فزونتر از دسترس گیاه فرو می‌نشیند. به همین قیاس، چنانچه هر نوبت بارش مناطق خشک-که به طور معمول شدید اما کوتاه مدت است- فزونتر از گنجایش نگهداری خاک فرض شود، دست‌کم از نظر مدت بارش کوتاهتر از آنست که فرصت لازم برای آبیگری پلیمر را بسنده باشد. ناکارآمدی پلیمر در کشت گلخانه‌ای یا آبکشت نیز، که نیازمند مصرف به نسبت زیاد کودهای شیمیایی است، به دلیل اثرهای تخریبی این مواد روی توانایی آبیگری پلیمر، قابل انتظار است.

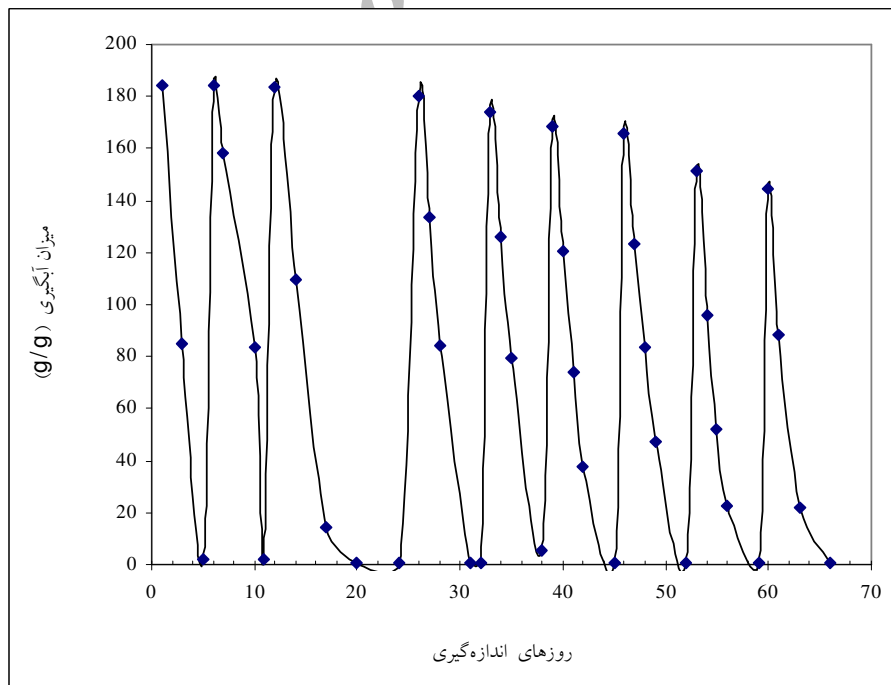
اگرچه فرایندهای جذب آب به وسیله مواد آلی طبیعی و هوموسی شده خاک نیز مشابه پلیمرهای ساختگی است، اما به طوری که دیده شد پایداری مواد آلی طبیعی در برابر اثرهای تخریبی املاح آب بسیار بیشتر است؛ از این رو بررسی و تعیین علت این پایداری و الگوبرداری از آن برای ساخت پلیمرهای پایدار در برابر اثرات تخریبی نمک‌ها موضوع پژوهشی شایسته‌ای برای پژوهندگان و سازندگان پلیمر است. افزودن این ویژگی به پلیمر نه فقط کارایی آن را در مصارف بهداشتی و صنعتی کنونی ارتقاء می‌دهد، بلکه زمینه استفاده مؤثر از آن در کشاورزی را نیز فراهم می‌کند؛ دیگر آن‌که مواد آلی طبیعی هوموسی شده حالت غیربلوری داشته و از این رو جاری شده و به خوبی با ذرات خاک آمیخته و در سراسر نیم‌رخ آن گسترش می‌یابند؛ در حالی که پلیمرهای ساختگی پیشنهادی برای مصارف کشاورزی حالت بلورینه داشته و نمی‌توانند با ذرات خاک درآمیزند. این ویژگی اگرچه ممکن است برای سایر کاربردهای پلیمر مطلوب باشد، اما کاربرد آن را در کشاورزی و منابع طبیعی محدود می‌سازد؛ بنابراین رفع این نقص نیز موضوع پژوهشی درخور دیگری برای پژوهندگان پلیمر است.

است؛ در توضیح این پدیده گفتنی است که کاتیون‌ها با جذب انتهای منفی مولکول‌های دوقطبی آب سبب تجمع آب در اطراف خود می‌شوند. آرایش کروی مولکول‌های آب در اطراف کاتیون سبب ختشی شدن نسبی بارهای الکتریکی کاتیون می‌شود. باختشی شدن بارهای الکتریکی کاتیون‌هایی که به صورت بالا آپوشی شده باشند، رفتار الکترواستاتیک آنها ضعیف می‌شود. چون که میزان آپوشی کاتیون‌ها بستگی به تعداد بارهای الکتریکی (ظرفیت) آنها داشته و در کاتیون‌های هم‌ظرفیت چگالی بار الکتریکی در واحد سطح کاتیون‌های کوچک بیشتر است، بنابراین هرچه کاتیون کوچکتر باشد درجه آپوشی آن بیشتر و در نتیجه توانایی آن برای ختشی کردن نیروهای دافعه الکترواستاتیک کمتر می‌شود (مورتیمر، ۱۹۸۶- ص ۳۱۴). بدیهی است که کاتیون ضعیف شده از نظر بار الکتریکی توانایی ختشی کردن نیروهای دافعه بارهای هم‌نام داخل شبکه پلیمر را نداشته و اثر آن در تخریب آبیگری پلیمر کمتر است. این فرایندها دلایل کاهش توانایی جذب آب به وسیله پلیمر در آب نمک‌دار را توضیح داده و فزونی اثر کاتیون‌های دوظرفیتی در قیاس با کاتیون‌های یک ظرفیتی معمول در خاک و آب آبیاری و همچنین اختلاف اثر کاتیون‌های هم ظرفیت (مانند کلسیم و منیزیم) را توجیه می‌کند.

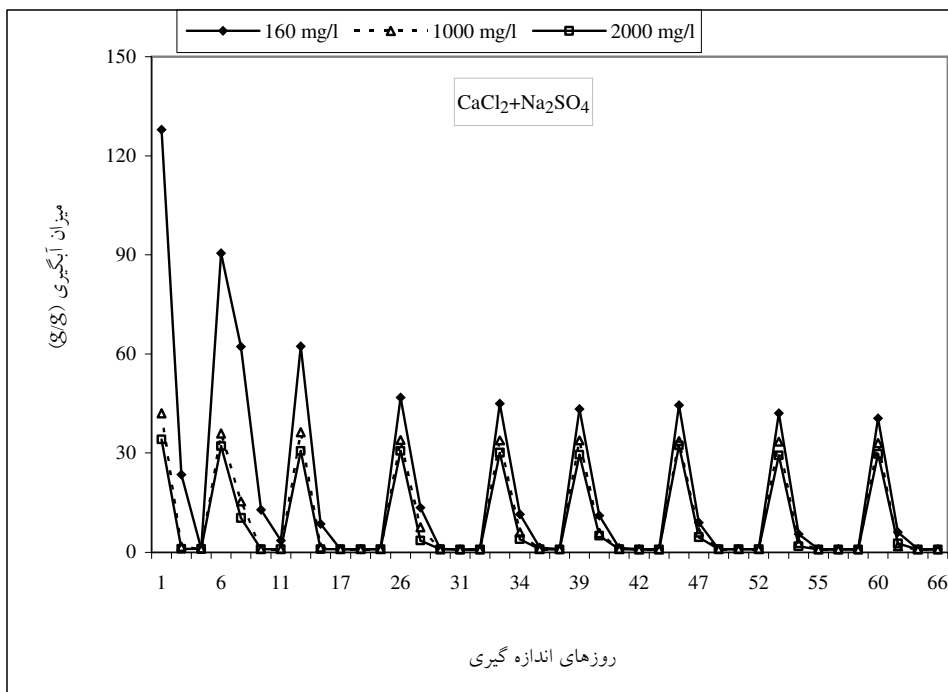
با توجه به یافته‌های پیش‌گفته، کارایی پلیمرهای آبدوست ساختگی برای ذخیره آب آبیاری در خاک‌های مناطق خشک که سرشار از کاتیون‌های قلیایی خاکست، مورد تردید است. حتی چنانچه خاک و آب آبیاری عاری از این نمک‌ها فرض شود و به انگیزه برخورداری از آبیگری زیاد پلیمر برای ذخیره آب در خاک و تطویل دور آبیاری، در هر نوبت آبیاری، یکباره آبی فزونتر از گنجایش نگهداری خاک مصرف شود، پیش از آن‌که پلیمر فرصت



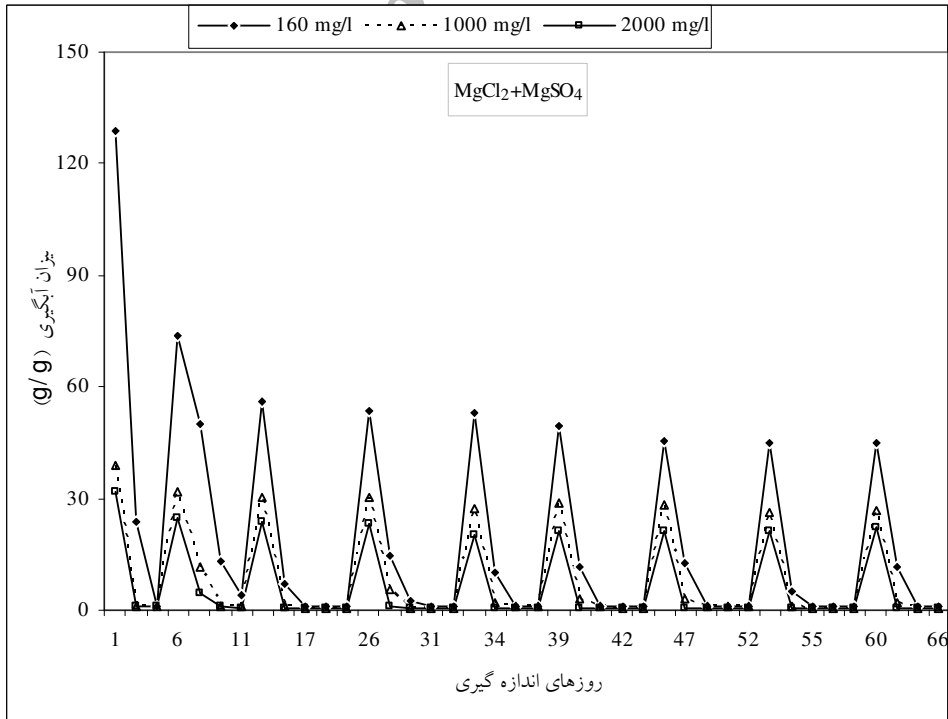
نمودار ۱- اثر نوع و غلظت نمک‌ها روی آبگیری پلیمر در اولین نوبت آبگیری



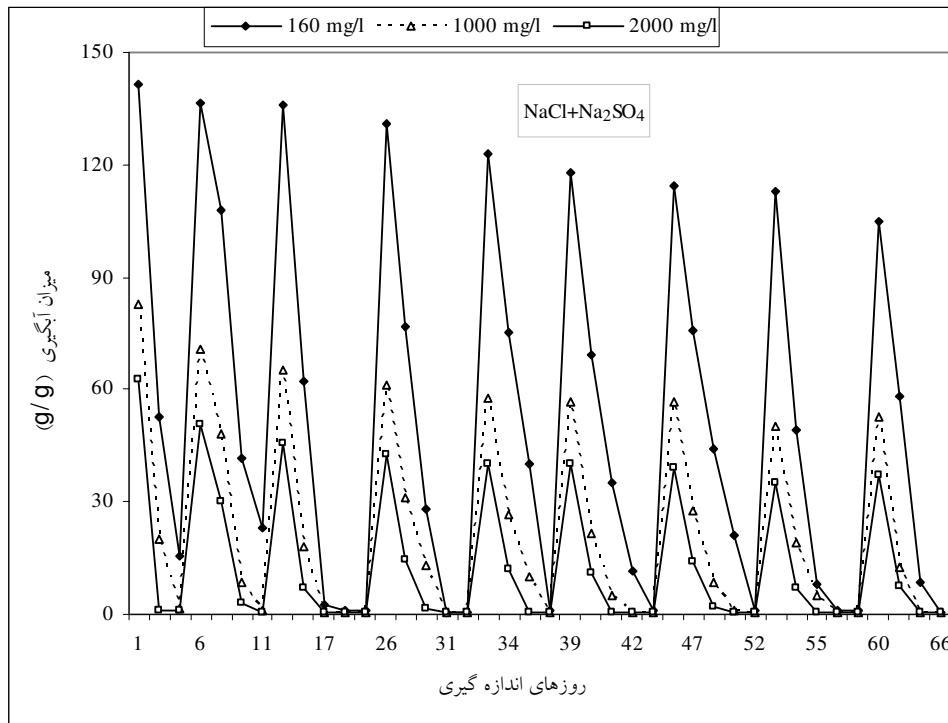
نمودار ۲- روند کاهش آبگیری پلیمر، در ۹ بار اشباع با آب مقطر و خشکیدن



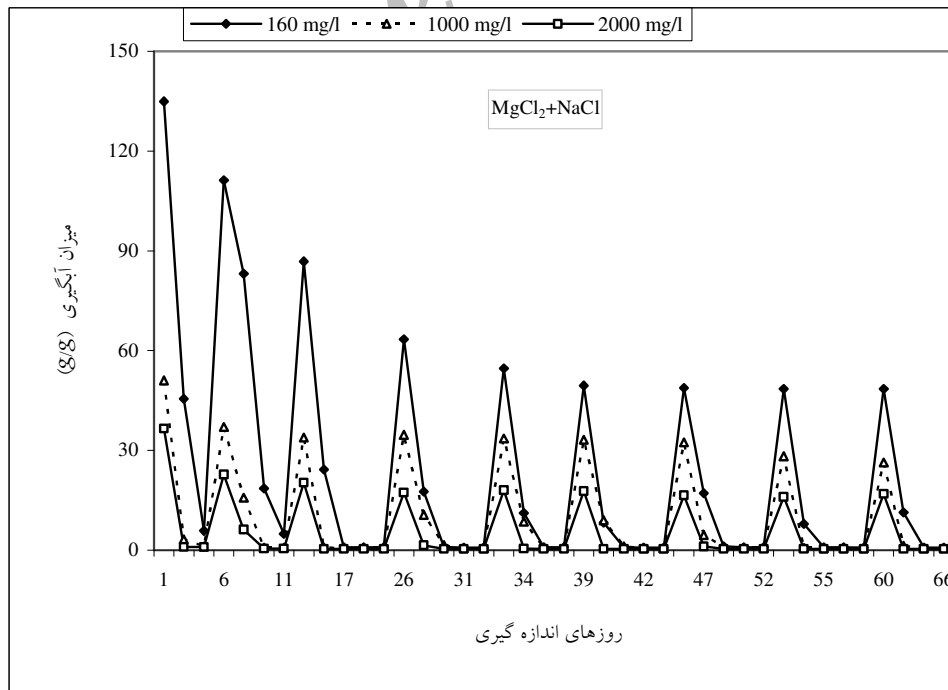
نمودار ۳- روند کاهش آبیگری پلیمر در غلظت‌های مختلف از مخلوط دو نوع نمک



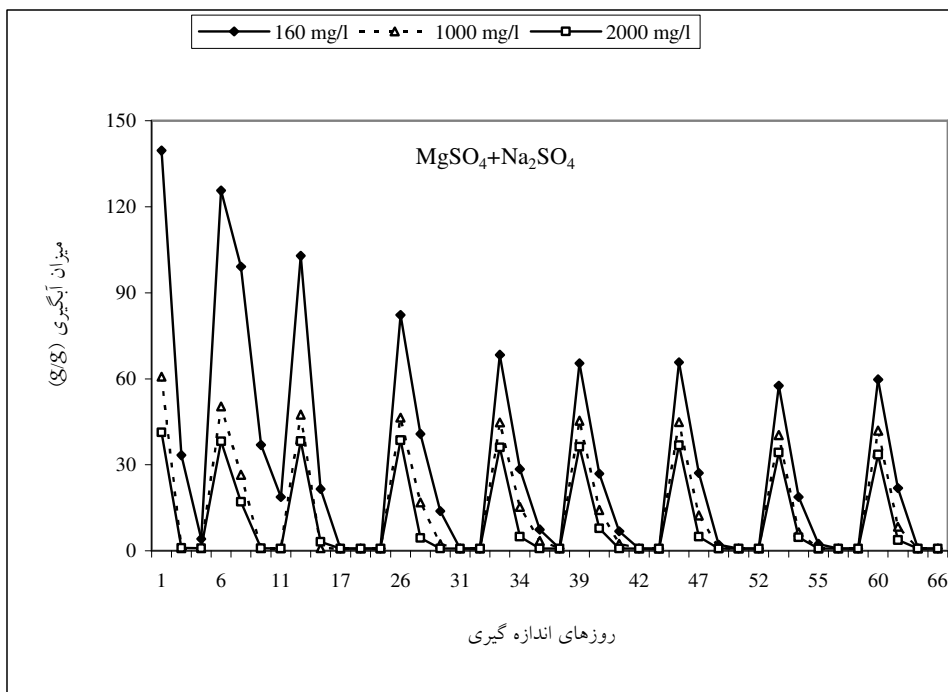
نمودار ۴- روند کاهش آبیگری پلیمر در غلظت‌های مختلف از مخلوط دو نوع نمک



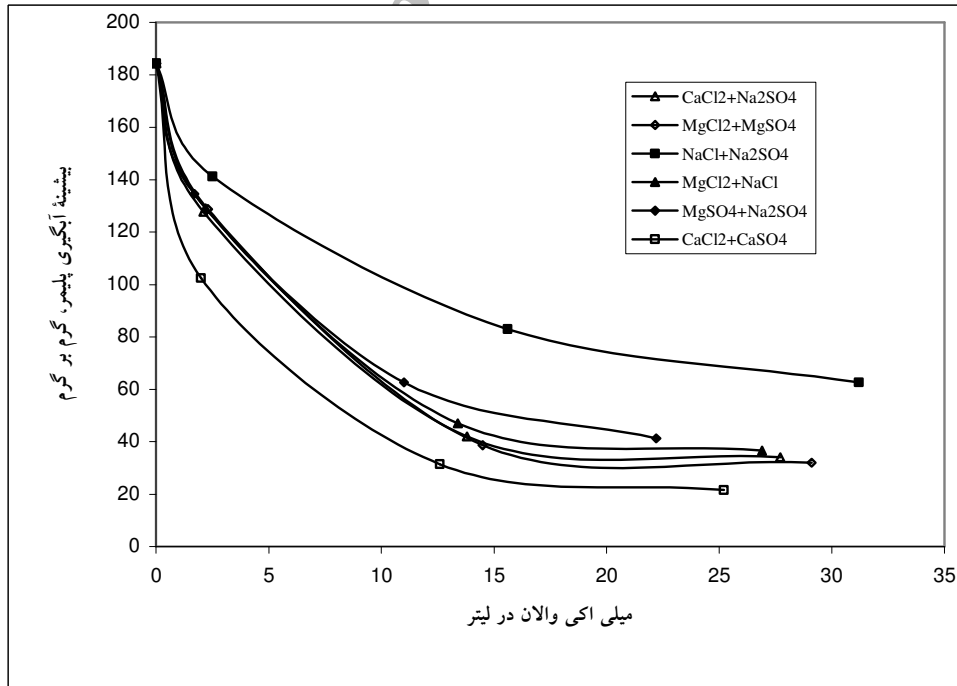
نمودار ۵- روند کاهش آبیگری پلیمر در غلظت‌های مختلف از مخلوط دو نوع نمک



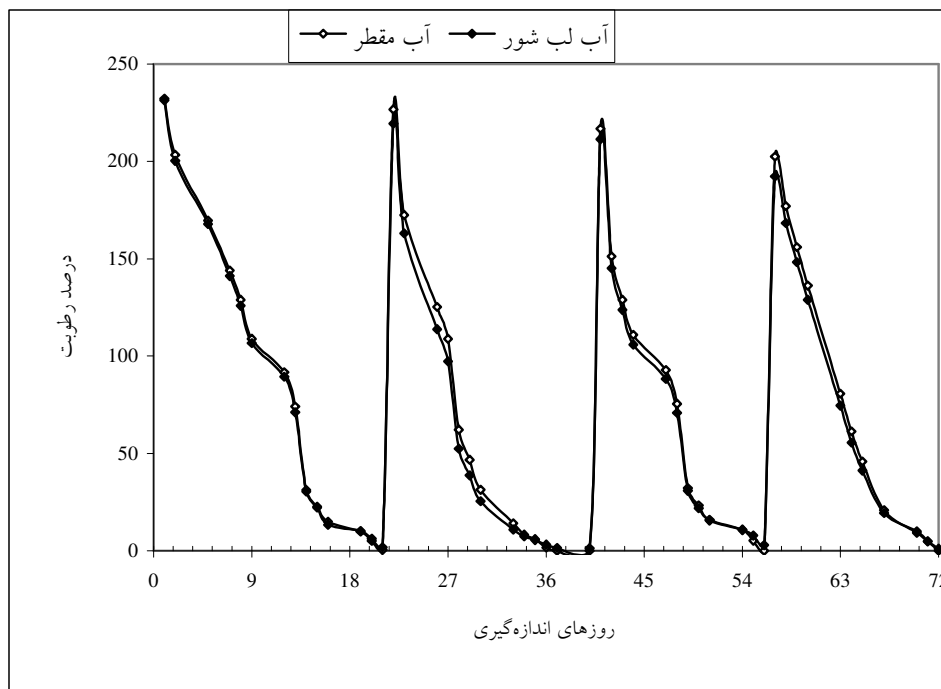
نمودار ۶- روند کاهش آبیگری پلیمر در غلظت‌های مختلف از مخلوط دو نوع نمک



نمودار ۷- روند کاهش آبگیری پلیمر در غلظت‌های مختلف از مخلوط دو نوع نمک



نمودار ۸- اثر غلظت بار الکتریکی هم‌ارز شده نمک‌ها روی آبگیری پلیمر در نوبت اول



نمودار ۹- روند کاهش رطوبت و درجه اشباع کود حیوانی در مجاورت آب مقطر و آب لب شور

منابع مورد استفاده

- کبیری، ک. ۱۳۸۴، هیدروژل‌های سوپرجاذب (معرفی و کاربردها). مجموعه مقالات سومین دوره آموزشی و سمینار تخصصی کاربرد کشاورزی هیدروژل‌های سوپرجاذب. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر. ۱۷(۳): ۱۶۳-۱۷۳.
- کوچکزاده، م.، صباغ‌فرشی، ع. ا. و گنجی خرم‌دل، ن. ۱۳۷۹، تأثیر پلیمر فراجاذب آب بر روی برخی خصوصیات فیزیکی خاک. مجله علوم خاک و آب. ۱۱۴(۲): ۱۷۶-۱۸۵.
- گنجی خرم‌دل، ن. ۱۳۸۱، تأثیر پلیمر سوپرجاذب بر خصوصیات فیزیکی خاک. مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی-آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
- مورتیمر، ج. ای. ۱۹۸۶، شیمی عمومی (ویرایش ششم). برگردان علی پورجوادی و دیگران (ویرایش دوم)، چاپ چهاردهم، ۱۳۸۳. مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ۴۴۶ص+ واژه‌نامه.
- Bowman, D.C., Evans, R. Y., Paul, J.L. 1990, Fertilizer salts reduce hydration of polyacrylamide gels and affect physical properties of gel-amanded container media. . *Journal American Soc. Hort. Sci.* 115(3): 382-386.
- بانج شفیعی، ش.، رهبر، ا. و خاکساریان، ف.، ۱۳۸۵، اثر نوعی پلیمر آبدوست بر ویژگیهای رطوبتی خاکهای شنی. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. ۱۳(۲): ۱۳۹-۱۴۴.
- بوهندی، ح.، ۱۳۸۱، مقدمه‌ای بر پلیمرهای آبدوست. مجموعه مقالات دومین دوره تخصصی-آموزشی کاربرد کشاورزی و صنعتی هیدروژل‌های سوپرجاذب. پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران.
- بوهن، ه. ل.، مک‌نیل، ب. ل. و اوکانر، ج. آ. ۱۹۷۹، شیمی خاک. برگردان حسام مجللی. مرکز نشر دانشگاهی. تهران. ۳۴۳ص.
- سالاردینی، ع. ا. ۱۳۵۸، روابط خاک و گیاه. بررسی مسایل شیمیایی و تغذیه‌ای. دانشگاه تهران. تهران. ۲۶۵ص.
- عابدی‌کوپایی، ج. و سهراب، ف. ۱۳۸۳. ارزیابی اثر کاربرد پلیمرهای ابرجاذب بر ظرفیت نگهداشت و پتانسیل آب بر سه نوع بافت خاک. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر. ۱۷(۳): ۱۶۳-۱۷۳.

- Sivapalan, S. 2001, Effect of a Polymer on soil water holding capacity and plant water use efficiency. Proc.10th Aust. Agron. Conf. Hobart. www.regional.org.au/asa
- Taylor, K.C. and Halfacre, R.G. 1986, The effect of hydrophilic polymer on media water retention and Nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. Hort. Sci. 21, 1159-1161.
- Wang, Y.T. and Gregg, L. L. 1990, Hydrophilic Polymers, Their Response to Soil Amendments and Effect on Properties of a Soilless Potting Mix. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(6): 943-948.
- Bowman. D.C. and Evans. R.Y. 1991, Calcium Inhibition of Polyacrylamide Gel Hydration Is Partially Reversible by Potassium. *Hort. Science*, 26(8): 1063-1065.
- 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, 207-209.
- Hüttermann, A., Reise, K., Zomorodi, M. and Wang, S. 1997, The use of hydrogels for afforestation of difficult stands: water and salt stress. In: Zhou, H., Weisgerber, H.(eds.): *Afforestation in semi-arid regions*. pp.167 - 177, Datong/Jinshatan, China.
- Mohana Raju, K., Padmanabha Raju, M. and Murali Mohan, Y. 2002, Synthesis and Water Absorbency of Crosslinked Superabsorbent Polymers. *Jornal of Applied Polymer Science*, vol.85. 1795-1801.

Archive of SID

Salinity effects on water uptake ability of superabsorbent polymer and manure

Rahbar E.^{*1} and Banedjschafie S.²

1*- Corresponding Author, Research Instructor of Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. Email: rahbar@rifr-ac.ir

2-Assistant Professor of Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

Received: 01.03.2008

Accepted:16.12.2008

Abstract

The superabsorbent polymers absorb and retain large quantities of water when applied into the soil. This capability is due to its physical and chemical properties. The objectives of this study were to investigate the effects of soil salts on polymer and manure water uptake ability under repeated wetting and drying cycles. The results showed that 1.0 g polyacrylamide made of Iran, had ability to uptake 184.4g distilled water for the first time absorption. It was much less than the same material that had reported in foreign publications. The ability of water retaining for the same polymers was dramatically decreased to 31, 79 and 83 percent than control treatment(distilled water) for waters with 160, 1000 and 2000 mg/l salt concentration, respectively. By 9 times repeated wetting and drying cycles, the ability of polymer had decreased to 22 percent of the first times absorption. As consequently, the amounts of water uptake had also decrease to 72, 81 and 88 percent of distilled water in the same salts after 9 times repeated wetting and drying cycles. At the hottest times of the summer, drying of poly acryl amide super absorbent had take 6 and 2.3 days for distilled and salty water, respectively. The results showed that the negative effects of Na⁺ were less than those for Ca²⁺ and Mg²⁺ on polymer water absorption. For completely decayed animal manure, the retaining of distilled water was 2.3g for 1g dry manure. For water having 4000 mg/l salts concentrations, the uptake ability of manure was not significantly different than distilled water. The drying period of manure had taken the 17 and 18 days for distilled and salty water, respectively.

Key words: polyacrylamide, manure, superabsorbent, salt effect, water uptake