



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و پنجم، شماره ششم، ۱۳۹۷

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.9009.2291

گزارش کوتاه علمی

سینتیک جذب آب توسط پلیمرهای ابرجاذب T-A100 و T-A200

*سهیلا ابراهیمی^۱، مهدی همایی^۲ و ابراهیم واشقانی فراهانی^۳

^۱دانش‌آموخته دانشگاه تربیت مدرس و استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استاد گروه خاکشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، ^۳استاد گروه مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۲۳

چکیده

سابقه و هدف: افزایش بازده آبیاری، یکی از روش‌های صرفه‌جویی در مصرف آب است بنابراین اعمال مدیریت صحیح و به‌کارگیری شیوه‌های کارآمد به‌منظور نگهداشت آب کافی در خاک برای بهره‌برداری بهینه از منابع محدود آب کشور ضروری است. استفاده از پلیمرهای ابرجاذب از روش‌های پیشنهاد شده در صرفه‌جویی مصرف آب بوده است ولی درانتخاب نوع پلیمر مناسب در کشاورزی، تعیین مدل مناسب نفوذ در پلیمر بسیار ضروریست. هدف از این پژوهش، مطالعه خواص تورمی پلیمرهای سوپر جاذب در محیط متخلخل با پایش میزان تورم و تعیین سینتیک تورمی ژل به‌منظور تعیین مدل جذب سیال در پلیمرهای به‌کار برده شده بود.

مواد و روش‌ها: برای سنجش مدل جذب آب توسط دو پلیمر ابرجاذب از خانواده پلی‌آکریل‌آمید با نام اختصاری T-A100 و T-A200، آزمایشی با ۴ تکرار در زمان تا لحظه رسیدن به تورم تعادلی به‌صورت لحظه‌ای و تجمعی انجام و سینتیک جذب سیال (تعیین تغییرات میزان جذب آب توسط ژل با زمان) با روش غوطه‌وری در آب مقطر معین شد. سپس، نمودار داده‌ها بر حسب تغییرات نسبت حلال جذب شده لحظه‌ای نسبت به حالت تعادلی با زمان ترسیم شده و روند تغییرات جذب حلال نسبت به زمان به‌دست آمد. برای تعیین مکانیسم نفوذ، از مدل مربوطه استفاده شده و سرانجام ضرایب n و k محاسبه گردیدند.

یافته‌ها: جذب سیال در محیط‌های ناهمگن مثل ژل‌ها با تغییر شکل قابل‌ملاحظه‌ای همراه بود. رسم گراف بر حسب میزان حلال جذب شده لحظه‌ای با زمان و بررسی نتایج نشان داد در همه موارد n کوچک‌تر از ۰/۵ بود و در نتیجه سازوکار انتقال حلال به درون شبکه‌های پلیمرهای مذکور، به خوبی از قانون فیک پیروی می‌کند.

نتیجه‌گیری: پلیمر ابرجاذب مناسب در کشاورزی باید بتواند در حداقل زمان، حداکثر توانایی جذب آب را دارا باشد، بدین‌سان از هدررفت آب در بارندگی یا آبیاری اندک اعمال شده به خوبی ممانعت می‌کند. تحقق این امر، پیروی از مدل نفوذ فیک است که در آن سرعت نفوذ از سرعت آسایش مولکولی، بسیار کم‌تر بوده که تنها پدیده نفوذ، در انتقال

* مسئول مکاتبه: sohebrahimi@gmail.com

جزء نفوذکننده مؤثر است و پدیده آسایش مولکولی تأثیری بر انتقال نفوذکننده ندارد؛ بنابراین پس از هر تغییر شکل یا تورم، پلیمر به سرعت به حالت تعادلی جدید رسیده و تنش‌های به‌وجود آمده، سریعاً از بین می‌روند و تأثیری بر سرعت انتقال جزء نفوذکننده ندارند. در این پژوهش، نفوذ سیال به داخل پلیمرهای مذکور از مدل فیک پیروی کرده و می‌توانند به شرط توانایی و قابلیت تناوبی تورم در کشاورزی توصیه گردند.

واژه‌های کلیدی: پلیمر، تورم تعادلی، قانون فیک، مدل، نفوذ آب

مقدمه

یکی از مسائل اساسی در انتخاب نوع پلیمر مناسب در کشاورزی، تعیین مدل مناسب برای تشریح نفوذ آب در پلیمر می‌باشد. ابرجاذب باید بتواند در حداقل زمان، حداکثر توانایی جذب آب را دارا باشد. جذب سیال به داخل شبکه پلیمر، توسط فرایند نفوذ کنترل می‌شود. معادله اساسی پدیده نفوذ در انتقال جرم، قوانین فیک می‌باشد که انتقال میکروسکوپی مولکول‌ها را تشریح می‌کند (۱ و ۷). قانون اول فیک، مدل مناسب برای تشریح نفوذ ماده در حالت پایا به‌شمار می‌رود (۹)، اما در شرایط غیرپایا، غلظت سیال در طی فرایند نفوذ در طول زمان ثابت نیست و با معادله دیفرانسیل جزئی سهموی حل می‌شود. قانون دوم فیک ترکیبی از قانون پایستگی جرم و قانون اول فیک در مورد نفوذ می‌باشد.

فرایند نفوذ در مولکول‌های کوچک، معمولاً با قانون فیک بیان می‌شود. ولی در مورد پلیمرها یا ماکرومولکول‌ها، به‌علت تفاوت ساختمان مولکولی محدوده‌ای از رفتارهای نفوذی در این مواد مشاهده شده است. برای مطالعه منسجم این رفتارها تقسیم‌بندی زیر به‌کار می‌رود.

نفوذ در پلیمرهای لاستیکی: نفوذ سیال با وزن مولکولی اندک، در پلیمرهای لاستیکی، عموماً توسط قانون فیک، بیان می‌شود که در آن، گرادیان سیال نفوذکننده، به‌عنوان نیروی محرکه لازم برای پدیده نفوذ، عمل می‌کند و ضریب نفوذ وابسته به غلظت باشد (۶).

نفوذ در پلیمرهای شیشه‌ای: فرایند جذب در پلیمرهای

شیشه‌ای علاوه بر پدیده نفوذ مولکولی جزء نفوذکننده که بر اثر حرکت براونی ایجاد می‌شود، تابع پدیده آسایش مولکولی (نحوه پاسخگویی پلیمر به تنش‌های تحت‌تأثیر حرکت حلال از میان زنجیره‌های پلیمری) نیز می‌باشد. برای حذف تنش‌های به‌وجود آمده، تغییر آرایش فضایی زنجیره‌ها موجب انتقال حلال از میان پلیمر شده و بسته به سرعت‌های نسبی دو پدیده نفوذ مولکولی حلال و آسایش مولکولی زنجیره‌های پلیمری، رفتارهایی گوناگون برای جذب حلال توسط پلیمر، مشاهده می‌شود (۶). بدین‌سان، سه حالت اصلی برای پدیده جذب در پلیمر، به شرح زیر است:

حالت اول: انتقال یا نفوذ فیکی، که در آن سرعت نفوذ از آسایش مولکولی، بسیار کم‌تر بوده و تنها پدیده نفوذ، در انتقال مؤثر است (۴). بنابراین پس از هر تورم، پلیمر به‌سرعت به حالت تعادلی جدید رسیده و تنش‌های به‌وجود آمده، سریع از بین رفته و تأثیری بر سرعت انتقال ندارند. در این حالت، فرایند انتقال با ضریب نفوذ، کنترل شده و چنین انتقالی را انتقال نوع اول گویند.

حالت دوم: در این حالت، سرعت نفوذ از سرعت آسایش مولکولی بسیار بیش‌تر است و بعد از هر تورم، تنش‌های به‌وجود آمده به‌کندی از بین رفته و جبهه‌ای بین ناحیه متورم و غیرمتورم به وجود می‌آید (۹) و پارامتر کنترل‌کننده فرایند انتقال سرعت و پیشروی همین جبهه است.

مواد و روش‌ها

برای بررسی سینتیک جذب سیال توسط پلیمر لازم است رفتار تورمی ژل‌ها با زمان، مورد ارزیابی قرار گرفت. این پژوهش در بخش فیزیک و آبیاری خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران انجام شد. بدین منظور نمونه‌های پلیمرهای ابرجاذب از خانواده آکریل‌آمید با نام‌های اختصاری T-A100 و T-A200 سنتز شده توسط پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی به‌طور کامل در آون خشک شده و با الک استاندارد با اندازه ۱-۲ میلی‌متر به‌منظور ایجاد یکنواختی، غربال شدند. سپس رفتار تورمی آن‌ها با بررسی تورم آزاد نمونه‌ها (ظرفیت و نرخ تورم)، با روش کیسه چای بررسی شد (۸). به این منظور، ابتدا نمونه‌های تهیه شده در مقدار آب کافی قرار داده شد تا ناخالصی‌های احتمالی و مونومرهای واکنش‌نیافته از شبکه پلیمری خارج و خطای اندازه‌گیری حذف، سپس در آون قرار گرفت تا خشک شوند. ۵ میلی‌گرم از نمونه‌های خشک شده، توزین و در صافی‌های پارچه‌ای با قدرت ناچیز جذب آب قرار داده شده و در محیط تورم، ارلن ۲۵۰ سی‌سی آب مقطر غوطه‌ور شد. هر یک از صافی‌ها ۱۰ مرتبه در حالت تر، در شرایط مشابه آزمون، توزین شده و میانگین وزن آن در شرایط آزمون محاسبه شد. پس از ۴۸ ساعت، نمونه‌های متورم شده دوباره وزن شدند. سپس، نسبت تورم نهایی به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$\text{نسبت تورم نهایی} = \frac{M_f - M_o}{M_o} \times 100 = \frac{M_\infty}{M_o} \quad (2)$$

که در آن، M_o وزن پلیمر خشک اولیه، M_f وزن پلیمر متورم در حالت تعادل (وزن نهایی) و M_∞ جرم سیال جذب شده در حالت تعادل می‌باشد.

حالت سوم: در انتقال غیرفیک، سرعت نفوذ و استراحت قابل مقایسه بوده و انتقال سیال نفوذکننده تابعی از هر دو فرایند است (۳ و ۱۱).

برای شناسایی انواع مختلف حالت‌های انتقال سیال، ابتدا داده‌های میزان تورم بر حسب زمان در دستگاه مختصات رسم می‌شود سپس به‌طور تقریبی از مطابقت نواحی ابتدایی منحنی داده‌های جذب (۶۰ درصد اولیه منحنی)، با معادله تجربی زیر استفاده می‌شود (۲):

$$M_t/M_\infty = kt^n \quad (1)$$

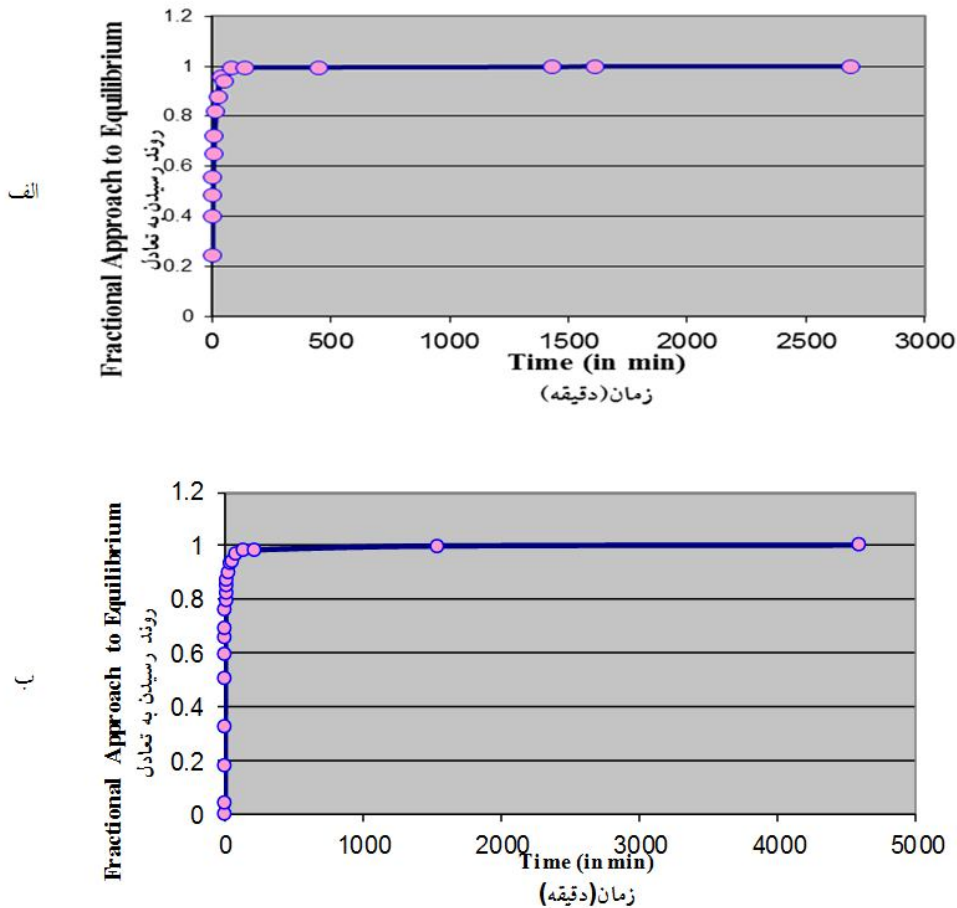
که در آن، M_t جرم سیال نفوذ کرده در پلیمر در زمان t ، M_∞ جرم سیال جذب شده در حالت تعادل می‌باشد. n و k نیز ثابت‌های تناسب برای منحنی می‌باشند که k یک ثابت دربرگیرنده مشخصه شبکه پلیمر و سیال می‌باشد و n نمای نفوذی است که مکانیسم نفوذ را مشخص می‌کند (۱۰). برای نفوذ فیک $n \leq 0.5$ ، برای انتقال غیرفیک $0.5 < n < 1$ و برای حالت دوم، $n=1$ می‌باشد. استفاده از ردیاب‌ها در آزمایش‌های جذب بیانگر آن است که منحنی نفوذ فیک، یکنواخت و پیوسته می‌باشد در حالی که در انتقال نوع دوم، منحنی جذب پیوسته نیست. در نفوذ غیرعادی، یک موج غلظت پیوسته به درون پلیمر حرکت می‌کند به‌نحوی که سرعت و شدت آن با زمان کاهش می‌یابد. بدین‌صورت، در انتخاب پلیمر مناسب، با بررسی منحنی جذب سیال توسط پلیمر، تناسب آن برای هدف موردنظر ارزیابی می‌گردد (۲ و ۵).

در این راستا، هدف از این پژوهش، مطالعه خواص تورمی پلیمرهای سوپر جاذب در محیط متخلخل به‌منظور اندازه‌گیری میزان تورم و جذب تعادلی پلیمر و تعیین سینتیک تورمی ژل (تغییرات میزان جذب آب توسط ژل‌ها با زمان) برای تعیین مدل جذب سیال در پلیمرهای به‌کار برده شده بود.

نتایج و بحث

این آزمایش‌ها سه بار تکرار شده و مقادیر مندرج در منحنی‌ها که در شکل ۱ نمایانده شده است، میانگین نتایج مذکور می‌باشد. براساس محاسبات نهایی تورم آزاد در آب مقطر برای پلیمر T-A200،

معادل ۲۳۸/۹ و برای پلیمر T-A100، معادل ۲۲۸/۷ به دست آمد. سرعت رسیدن به تورم تعادلی برای پلیمر T-A200 بیش‌تر و شیب بالاتری را نشان داد.



شکل ۱- شدت تورم آزاد پلیمر T-A100 (الف) و T-A200 (ب) در مجاورت آب مقطر.
Figure 1. Rate of free swelling in distilled water T-A100 (right) and T-A200 (left).

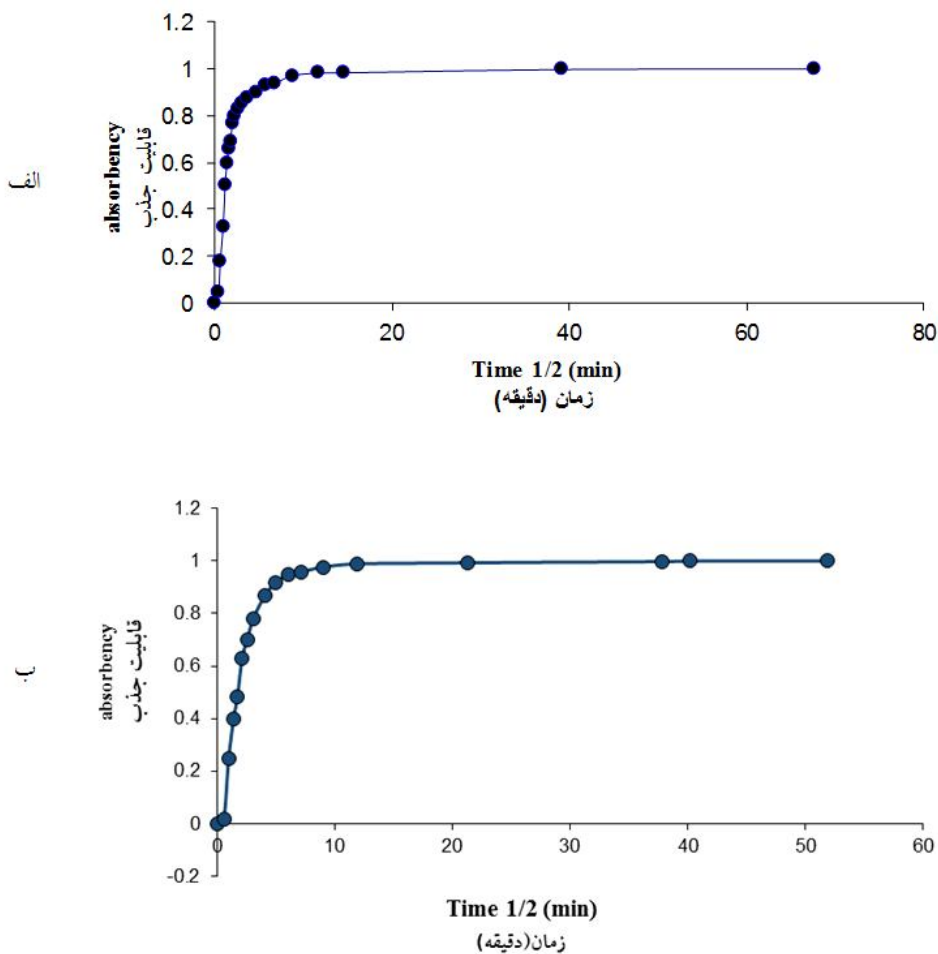
اضافی بین ذرات و روی سطوح آن‌ها خارج شود. بعد از آن، سطح نمونه و صافی توسط یک برگ کاغذ خشک‌کن دو لایه خشک شده و نمونه با دقت ۰/۰۱ گرم توزین می‌شود. هر یک از این آزمایش‌ها سه بار تکرار شد و مقادیر مندرج در شکل ۲، میانگین نتایج مذکور می‌باشد.

سینتیک جذب سیال عبارت از تعیین تغییرات میزان جذب آب توسط ژل با زمان می‌باشد و برای تعیین آن، نمونه‌های ۵ میلی‌گرمی از پلیمر تهیه شده و در کیسه‌های مخصوص در محیط تورم که آب مقطر می‌باشد غوطه‌ور شدند. سپس در زمان‌های متوالی، صافی حاوی نمونه‌های در حال تورم از محیط خارج شده و به مدت یک دقیقه آویزان می‌گردد تا آب

ثابت شدن نرخ میزان تغییر یعنی تا زمانی که M_t به M_{eq} رسید، ادامه یافت و داده‌های لازم برای تعیین سینتیک تورم ژل تا رسیدن به حالت تعادلی به دست آمد که در شکل ۲ نشان داده شده است.

$$(۳) \quad \text{سینتیک تورم ژل} = \frac{M_w - M_o}{M_f - M_o}$$

که در آن، M_w وزن پلیمر متورم در هر لحظه و M_o وزن پلیمر خشک اولیه و M_f وزن پلیمر متورم در حالت تعادل (وزن نهایی) می‌باشد. این عمل تا زمان



شکل ۲- سینتیک جذب سیال توسط ژل T-A100 (الف) و T-A200 (ب).

Figure 2. Rate of Free Swelling in Distilled Water T-A100 (right) and T-A200 (left).

در مرحله بعد، نمودار داده‌ها بر حسب تغییرات نسبت حلال جذب شده در هر لحظه به حلال جذب شده در حالت تعادل در مقابل زمان ترسیم شده (شکل ۳) و روند تغییرات جذب حلال توسط دو پلیمر با زمان به دست آمد. برای تعیین مکانیسم نفوذ، از مدل ۴ استفاده شده و برای محاسبه ضرایب k و n

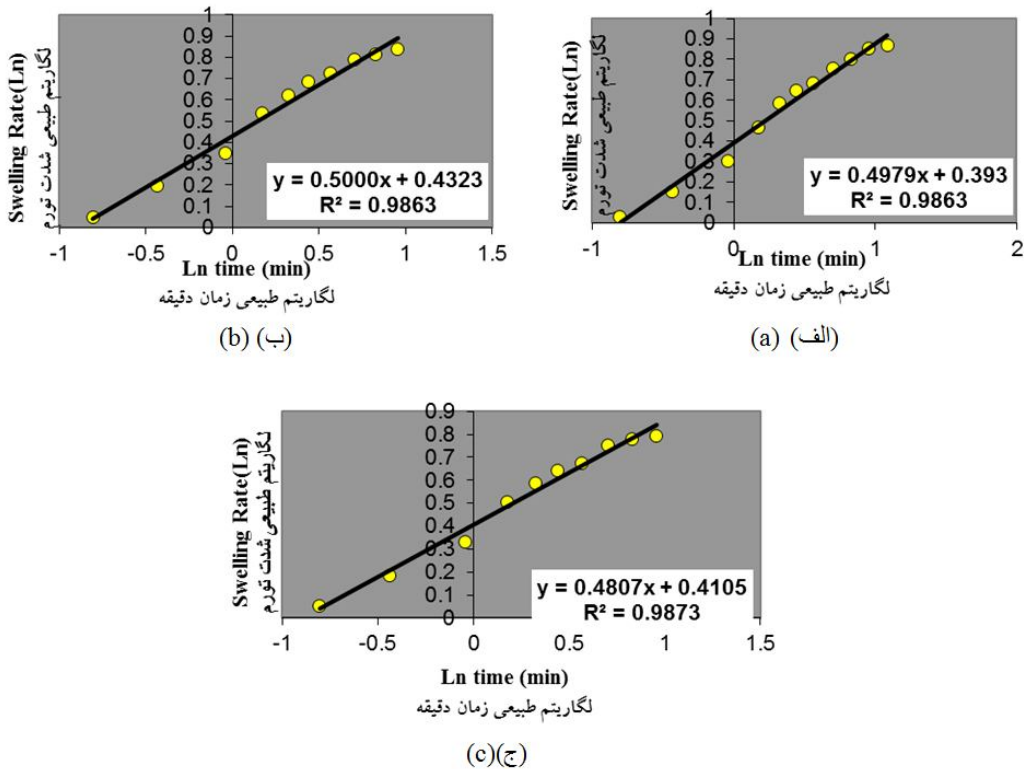
بدین‌سان سینتیک جذب سیال (تعیین تغییرات میزان جذب آب توسط ژل با زمان)، مورد آزمون قرار گرفت. این عمل تا زمان ثابت شدن نرخ میزان تورم، ادامه یافت و داده‌های لازم برای تعیین سینتیک تورم ژل تا رسیدن به حالت تعادلی به دست آمد و نمودار آن براساس درصد تورم به جذر زمان ترسیم گردید.

اگر $n > 0.5$ باشد مدل جذب سیال از قانون فیک پیروی می‌کند. اگر $n = 1$ باشد جذب سیال توسط پلیمر از نوع دوم می‌باشد و اگر $0.5 < n < 1$ باشد مدل جذب از نوع غیرفیکی می‌باشد. نتایج مربوط به سینتیک جذب آب توسط پلیمر T-A100، با استفاده از رابطه ۴، در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج مربوط به سینتیک جذب آب توسط پلیمر T-A200، با استفاده از رابطه ۴، در شکل ۴ نشان داده شده است.

داده‌های تورمی با تبدیل لگاریتمی این رابطه دوباره محاسبه و رسم می‌شوند.

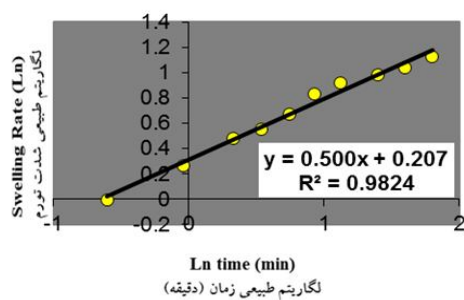
$$\text{Log} [Mt/M_{eq}] = \text{Log} k + n \text{Log} t \quad (4)$$

با توجه به رابطه فوق، با قرار دادن مقادیر لگاریتمی رسیدن به ۶۰ درصد اولیه حالت تعادلی، داده‌های مربوط به دست می‌آیند که شیب خط معادل n و عرض از مبدأ آن‌ها معادل k خواهد بود. به این ترتیب پارامترهای n و k به دست می‌آیند. مقدار n شاخص مناسبی برای تعیین مدل جذبی می‌باشد

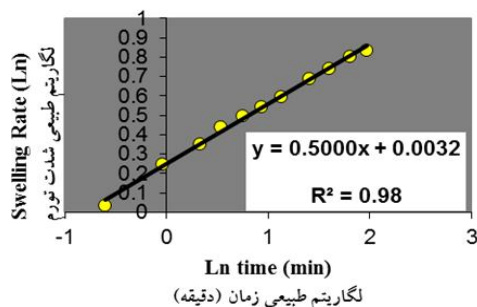


شکل ۳- شیب تورم آزاد پلیمر T-A100 در مجاورت آب مقطر در تکرار اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج).

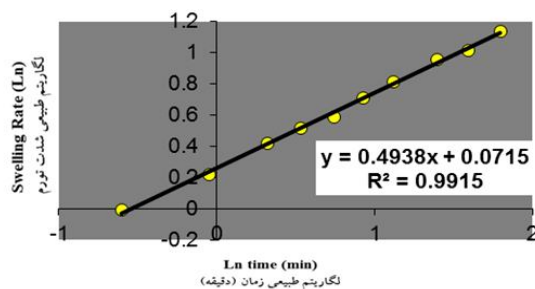
Figure 3. Rate of free swelling in distilled water T-A100 in replication No. 1(a), replication No. 2 (b) and replication No. 3 (c).



(ب) (ب)



(الف) (ا)



(ج) (ع)

شکل ۴- شدت رفتار تورم آزاد پلیمر T-A200 در مجاورت آب مقطر در تکرار اول (الف)، دوم (ب) و سوم (ج).

Figure 4. Rate of free swelling in distilled water T-A200 in replication No. 1(a), No. 2(b) and No. 3 (c).

با محاسبه شیب خطوط تقریباً راست در ضرایب n برای تورم پلیمرهای مورد مطالعه به دست آمده است. شکل‌های ۳ و ۴، نتایج جدول‌های ۱ و ۲ در مورد

جدول ۱- نتایج ضریب n محاسبه شده از داده‌های تورمی پلیمر (T-A100).

Table 1. The coefficient of n calculated from the inflation of polymer (T-A100).

شماره نمونه Number of samples	تکرار ۱ Replication 1	تکرار ۲ Replication 2	تکرار ۳ Replication 3
N	0.4979	0.5000	0.4807

جدول ۲- نتایج ضریب n محاسبه شده از داده‌های تورمی پلیمر T-A200.

Table 2. The coefficient of n calculated from the inflation of polymer (T-A200).

شماره نمونه Number of samples	تکرار ۱ Replication 1	تکرار ۲ Replication 2	تکرار ۳ Replication 3
N	0.5000	0.5000	0.4938

مولکولی، بسیار کمتر بوده که تنها پدیده نفوذ، در انتقال جزء نفوذکننده مؤثر است. بنابراین، پس از هر تغییر شکل یا تورم، پلیمر به سرعت به حالت تعادلی جدید رسیده و تنش‌های به وجود آمده، سریعاً از بین می‌روند و تأثیری بر سرعت انتقال جزء نفوذکننده ندارند. بدین‌سان با آبیاری یا بارندگی صورت گرفته این پلیمرها قادر خواهند بود به سرعت مقادیر قابل توجهی آب را در زمان بسیار کوتاه در خود جذب نمایند. بنابراین با شرط قابلیت تناوب و تکرار این پدیده (۸) در مکش‌های مختلف، می‌توانند در کشت‌ورزی توصیه گردند.

بدین‌صورت، برای محاسبه ضریب n داده‌های تورمی با تبدیل لگاریتم دوباره محاسبه و رسم شده و با قرار دادن مقادیر لگاریتمی نمودار سینتیک تورم \ln ، نمودارهای خطی به دست آمدند که شیب خط معادل n بود. به این ترتیب برای محاسبه ضریب n ، داده‌های تورمی با تبدیل لگاریتم طبیعی (\ln)، دوباره محاسبه و رسم گردیده‌اند.

نتیجه‌گیری

محاسبات نشان داد در همه موارد n کوچک‌تر از ۰/۵ بود و در نتیجه سازوکار انتقال حلال به درون شبکه‌های پلیمرهای مذکور، از نوع انتقالی فیزیکی می‌باشد که در آن سرعت نفوذ از سرعت آسایش

منابع

1. Ebrahimi, S., Homae, M., and Vasheghani Farahani, E. 2008. Cyclic Swelling of superabsorbent polymers in soil porous media. J. Agric. Engin. Res. 8: 4. 1-18. (In Persian)
2. Eubeler, J.P., Bernhard, M., and Knepper, T.P. 2010. Environmental biodegradation of synthetic polymers. 2. Biodegradation of Different Polymer Groups. Trends in Analytical Chemistry, 29: 1. 84-98.
3. Frisch, H.L. 1980. Sorption and transport in glassy polymers - A review. polymer engineering science Polym. Eng. Sci. 20: 2-13.
4. Kazanskii, K.S., and Dubrouski, S.A. 1992. Chemistry and physics of agricultural hydrogels. J. Adv. Polym. Sci. 101: 97-133.
5. Kim, S.J., Shin, S.R., Lee, Y.M., and Kim, S.I. 2003. Swelling characterizations of Chitosan and Polyacrylonitrile semi-interpenetrating polymer network hydrogels. J. Appl. Polym. Sci. 87: 2011-2015.
6. Michigan, J. 2006. Hydrogel polymer effects on available water capacity and percolation of sandy soils at Al – Hassa, Saudi Arabia. CSBE/SCGAB Annual conference.
7. Naderi, F. 1996. Evaluation of Hydrogel swelling behaviors in porous media. MS. Thesis in Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University. 130p. (In Persian)
8. Nofziger, D.L., and Wu, J. 2003. Diffusion of solutes in soil. Department of Plant and Soil Science, Oklahoma University Press, U.S.A.
9. Rockett, T.J., and Rose, V. 2003. Water diffusion in hull materials. Department of Chemical Engineering., Rhode Island University Press, Kingston.
10. The Ministry of Agriculture. 1999. Vice President of Planning and Budget. Ministry of Agriculture, Agriculture in a glance. 91p. (In Persian)
11. Vasheghani-Farahani, E. 1990. Swelling and exclusion behavior of hydrogels. Ph.D. Thesis, McGill University, Montreal, Canada.
12. Xiahua, Q., Mingzhu, L., Zhenbin, C., and Fen, Z. 2008. Study on the swelling kinetics of superabsorbent using open, circuit potential measurement. Euro. Polym. J. 44: 743-754.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(6), 2019

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2018.9009.2291

Short Technical Report

Water absorption kinetics by super-absorbent polymers T-A100 and T-A200

*S. Ebrahimi¹, M. Homaei² and E. Vasheghani Farahani³

¹Graduate of Tarbiat Modares University, Tehran, Iran and Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran,

²Professor, Dept. of Soil Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran,

³Professor, Dept. of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 04.26.2015; Accepted: 10.15.2018

Abstract

Background and Objectives: The increase of irrigation efficiency is a technique for water conservation; therefore, appropriate management and the application of efficient methods in order to maintain enough water in the soil are essential for optimum utilization of scarce water resources of the country. The use of super-absorbent polymers offers effective ways of saving water in agriculture. However, before selecting a suitable polymer, determining an appropriate model is essential. The purpose of this study was to study the inflation properties of superabsorbent polymers in a peripheral environment by controlling the amount of swelling and determining the gel infiltration kinetics to determine the fluid adsorption model in polymers.

Materials and Methods: Water absorption model was measured by two superabsorbent polymers from the polyacrylamide family, abbreviated T-A200 and T-A100, by performing a four-replicate experiment until the moment of equilibrium momentum and cumulative swelling and absorption. The fluid was immersed in distilled water. Then, the data diagram was obtained based on changes in the instantaneous absorbed ratio of the solvent relative to the equilibrium state with the time of drawing and the trend of adsorption of solvents. To determine the penetration mechanism, the corresponding model was used and finally, the coefficients n and k were calculated.

Results: Absorption of fluid in heterogeneous environments such as gels was accompanied by considerable changes. The plotting of the graph in terms of the amount of solvent adsorbed instantaneously with time and the results showed that in all cases n was less than 0.5 and as a result, the mechanism of transferring the solvent into the networks of the polymers is well adhered to Fick's law.

Conclusion: The appropriate super-absorbent polymer in agriculture should be able to minimize water absorption in the least amount of time, thus effectively preventing water loss in rain or irrigation. To prove it, the model should follow the Fick diffusion which penetration rate is lower than the speed of molecular relaxation and only diffusion phenomena is effective through the transfer of ground-penetrating, so, molecular relaxation phenomenon does not have an effect on the transfer of ground-penetrating. Consequently, after any deformation or swelling, the polymers quickly reached a new balance and stresses will quickly vanish; therefore, it does not have any effect on the speed of penetrating component. In this study, the penetration of the fluid into the polymer followed the Fick model. Hence, this model would certainly be recommended to periodic swelling ability in agricultural purposes.

Keywords: Adsorption kinetics, Equilibrium swelling, Fick's law, Polymers, Super absorbent

* Corresponding Author; Email: sohebrahimi@gmail.com

