شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: حاصل‌خیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای

الگوی رهاسازی مس از ماتریکس‌های آلجینات-زئولیت

پگاه رضوی[۱]، مهران شیروانی[۲]، فاطمه مسعودی[۳] *

[۱] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۲] دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۳] دانشجوی دکترای گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

کاربرد بیش از اندازه کودهای شیمیایی منجر به خسارات زیست محیطی و اقتصادی و همچنین افزایش غلظت عناصر غذایی در خاک به میزان بیش از حد مطلوب برای گیاه شده که نتیجه آن آبشویی و یا رسوب عناصر غذایی است. یکی از راه‌کارهای مفید در این زمینه تولید و استفاده از کودهای کندرهش است. پلیمرهای طبیعی از جمله مناسب ترین ترکیبات جهت سنتز سیستم‌های کندرهش عناصر غذایی می‌باشند. در این مطالعه پلیمر طبیعی آلجینات به تنهایی و به همراه رس زئولیت در نسبت‌های ۱:۴ و ۱:۸ جهت تهیه سیستم‌های کندرهش عنصر مس مورد استفاده قرار گرفت. سیستم‌های تهیه شده در محلول‌های سولفات مس با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر قرار داده شد تا عمل جذب مس انجام شود، سپس میزان مشخصی از سیستم‌های سنتزشده، در دو حالت خشک و مرطوب در محلول $CaCl_2$ ۰/۰۱ مولار قرار داده شد و میزان آزادسازی مس از ۲۴ ساعت تا ۵۸ روز اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که میزان آزادسازی این عنصر از سیستم های مرطوب نسبت به سیستم های خشک شده بیش‌تر بود. الگوی رهش مس از سیستم‌های سنتز شده به عنوان تابعی از زمان توسط مدل‌های سینتیکی نیز بررسی و مشخص شد مدل سینتیک مرتبه اول به خوبی داده های رهش مس را توصیف میکند. به طور کلی سیستم‌های آلجینات و آلجینات:زئولیت به عنوان ماتریکس‌های موثر و کارآمد در تهیه سیستم کندرهش مس پیشنهاد می‌شوند.

کلمات کلیدی: آلجینات، پلیمر طبیعی، آزادسازی، کندرهش

مقدمه

امروزه از کودهای شیمیایی به عنوان اقتصادی ترین ابزار برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. کود باید بتواند علاوه بر افزایش تولید، کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقا داده و ضمن آلوده نکردن محیط زیست، تجمع مواد آلاینده در محصولات غذایی را کاهش داده و سلامتی انسان و دام را تامین نماید. یکی از راه‌کارهای مفید در این زمینه استفاده از کودهای کندرهش یا سیستم‌های با رهش کنترل شده است. کودهای کندرهش بر مبنای کاستن میزان حلالیت در آب تولید و منجر به فراهم شدن عنصر غذایی در مدت زمان طولانی‌تری گردیده و کارآیی مصرف کود را افزایش می‌دهند. در این نوع کودها، عناصر غذایی به تدریج و با سرعتی کندتر از کودهای مرسوم آزاد می‌شوند. بنابراین کارایی این کودها افزایش و آبشویی عناصر کاهش می‌یابد.

در تولید کودهای کندرهش می‌توان از مواد بر پایه طبیعی و سنتزی استفاده کرد. در انواع پایه طبیعی از پلی ساکاریدهای آلجینات، کیتوسان، نشاسته، لیگنین و سلولز و در انواع سنتزی از پلیمرهایی مانندپلی سولفون، پلی وینیل الکل، پلی اکریلیک اسید به عنوان پلیمرهای سنتزی استفاده می‌شود.

آلجینات ماده‌ای است که در جلبک‌های قهوه‌ای رنگ وجود دارد و پلیمری با وزن مولکولی زیاد است. این پلیمر محتوی یون‌های تبادلی است که تاثیر بسزایی بر خصوصیات آن می‌گذارد. آلجینات پلی ساکارید آنیونی خطی متشکل از دو واحد سازنده مانورونیک اسید و گلورونیک اسید می باشد (Draget ، ۲۰۰۰).در مطالعه‌ای Sharma و همکاران (۲۰۱۳) نانو ذرات کلسیم آلجینات را به عنوان منبع ذخیره آب برای آبیاری مداوم در مناطق خشک به کار بردند. نتایج آنان نشان داد که درصد آزاد سازی آب در یک زمان مشخص با افزایش میزان آلجینات افزایش یافت. در تحقیق Xie و همکاران (۲۰۱۱) از آلجینات به همراه رس آتاپولگایت به عنوان پوشش داخلی و ساقه گندم اصلاح شده از طریق کوپلیمره کردن با پلیمر سوپر جاذب اکریلیک اسید به عنوان پوشش خارجی کودهای اوره و بوراکس (بور) استفاده گردید و نتایج نشان داد محصول کندرهش اقتصادی، غیر سمی و دوستدار محیط زیست بوده و در کشاورزی و باغبانی مناسب می‌باشد.

کانی‌های رسی نیز از جمله مواد استفاده شده به‌عنوان حامل عناصر غذایی می‌باشند و به دلیل داشتن سطح باردار و تخلخل درونی می‌توانند عناصر را در سطح و درون منافذ خود نگه‌داری کنند و در رهش تدریجی این عناصر کمک می‌نمایند. افزودن رس با نسبت‌های متفاوت به ماتریکس سیستم‌های کندرهش تفاوت سرعت رها سازی عناصر را باعث می‌شود.

* ایمیل نویسنده مسئول: fatemeh.masoudi70@gmail.com

خاک‌های مناطق خشک دارای مقدار اندکی مواد آلی می‌باشند، این خاک‌ها عموما آهکی بوده و در نتیجه بسیاری از گیاهان در این خاک‌ها با مشکل تغذیه عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن، روی، مس و منگنز رو به رو هستند. مس به عنوان عنصر کم مصرف برای گیاهان و حیوانات مطرح است که مقدار آن در خاک‌ها بسیار کم (۳۰-۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) و جذب آن در گیاهان به میزان کم صورت می‌گیرد. از آن‌جا که مس تمایل شدید برای اتصال به ترکیبات آلی دارد کاهش در مقدار ماده آلی خاک می‌تواند به طور غیرمستقیم بر قابلیت دسترسی مس در خاک اثر بگذارد. (کبیری نژاد و همکاران ۱۳۹۴)

در بین عناصر غذایی کم‌مصرف گیاه، مس عنصر غذایی با کاربرد وسیع بوده که نقش‌های مهمی در گیاهان ایفا می‌کنند. مس یک عنصر انتقالی بوده، همانند آهن در واکنش‌های انتقال الکترون شرکت می‌کند و به راحتی از حالت دو ظرفیتی به یک ظرفیتی کاهش می‌یابد. نقش اصلی این عنصر در گیاه، فعال کردن آنزیم واکنش‌های اکسایش و کاهش است. این عنصر در گیاه متحرک نیست؛ بنابراین کمبود آن ابتدا در برگ‌های جوان‌تر گیاه مشاهده می‌شود.

اولین مطالعه در زمینه استفاده از کودهای کندرهش در سال ۱۹۶۲ در ژاپن صورت گرفت و تاکنون نیز مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از این نوع کودها جهت تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بدون داشتن اثر سوء بر محیط زیست صورت گرفته است. به رغم وجود مطالعات زیاد در زمینه به‌کارگیری کودهای کندرهش به‌عنوان منبع تامین کننده عناصر غذایی مورد نیاز و تامین آب گیاهان، در کشور ما توجه چندانی به چنین کودهایی نشده است. هم‌چنین در زمینه به‌کارگیری رس زئولیت به همراه پلی‌مر زیستی تجزیه‌پذیر آلجینات به همراه عناصر کم مصرف مطالعاتی انجام نشده است. جهت تولید چنین سیستم‌هایی که بتواند عناصر غذایی را به تدریج در اختیار گیاه قرار دهد ابتدا انجام برخی آزمایشات جذب و رهاسازی عناصر مورد نظر توسط ماتریکس‌های مختلف ضروری است. بنابراین تحقیق حاضر در نظر دارد الگوی رهش فلز مس از ماتریکس‌های حاوی بیوپلیمرآلجینات و رس زئولیت را به منظور تولید سیستم کندرهش حاوی این عنصر کم نیاز گیاه ارزیابی نماید.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده

رس زئولیت مورد استفاده به عنوان حامل از معدن افتر در سمنان تهیه و پس از خرد شدن از الک ۲۷۰ مش عبور داده شد. پلیمر آلجینات به عنوان ماده زمینه (ماتریکس) و سولفات مس نیز به عنوان تامین کننده یون مس در سیستم کندرها استفاده شد. تهیه سیستم‌های کندرهش با استفاده از سدیم آلجینات جهت تهیه این سیستم‌ها، ۳ گرم پودر آلجینات به ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه و با همزن مغناطیسی هم زده شد. سپس ۰/۷۵ یا ۰/۳۷۵ گرم رس زئولیت جهت تهیه سیستم‌های با نسبت ۱:۴یا ۱:۸ به محلول سدیم آلجینات ۳ درصد اضافه گردید. سوسپانسیون حاصله پس از همگن شدن با استفاده از بورت و با سرعت ثابت به محلول ۵ درصد کلرید کلسیم در حال مخلوط شدن اضافه گردید. در اثر برهم‌کنش بین آنیون‌های کربوکسیلات واحدهای گلورونات آلجینات و یون کلسیم، بلافاصله پس از برخورد مخلوط آلجینات و رس با محلول کلرید کلسیم، دانه‌های آلجینات مورد نظر تشکیل گردیدند.تهیه سیستم‌های کندرهش مس بر پایه ماتریکس آلجینات، زئولیت و هیبرید آلجینات –زئولیت محلول سولفات مس با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر آماده گردید. سپس یک گرم از دانه‌های آلجینات یا آلجینات – رس در سه تکرار توزین و درلوله‌های فالکون ۵۰ میلی لیتری قرار داده شد و ۲۰ میلی لیتر محلول سولفات مس به هر یک افزوده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه شیک شد. سپس محلول رویی جدا و درون ظروفی ریخته شد و میزان غلظت مس محلول‌ها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. هم‌چنین ۰/۳۷ گرم رس زئولیت به عنوان شاهد در سه تکرار توزین و در فالکون‌های ۵۰ میلی لیتری قرار داده و ۲۰ میلی لیتر محلول سولفات مس به هر یک افزوده و به مدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه شیک شد. سپس فالکون‌های حاوی رس زئولیت با دور ۲۵۰۰ سانتریفیوژ شد و محلول رویی جدا و درون ظروفی ریخته شد و میزان غلظت مس در آنها با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. در نهایت میزان مس بارگذاری شده در هر سیستم از تفاوت غلظت مس اولیه و نهایی محاسبه گردید. بررسی الگوی آزادسازی مس از سیستم های سنتز شده جهت مطالعه سینتیک آزاد سازی یون مس، مقدار ۱ گرم از سیستم‌های سنتز شده با پلیمر آلجینات و یا ۰/۳۷ گرم از رس زئولیت حاوی مس در ۴۰ میلی لیتر محلول۰/۰۱ مولار $CaCl_2$ قرار داده شد و به منظور جلوگیری از رشد میکروب ها دو قطره تولوئن به هر ظرف اضافه گردید. اندازه‌گیری مس آزاد شده از نمونه‌ها به محلول $CaCl_2$ پس از ۱، ۲، ۴، ۷، ۱۰، ۱۳، ۱۷، ۲۱، ۲۸، ۳۵، ۴۲ و ۵۱ روز در دمای اتاق انجام گرفت. قبل از هر اندازه گیری جهت همگن شدن، نمونه‌ها به مدت نیم ساعت شیک شدند. پس از برداشت کل محلول، نمونه‌ها را با مقدار کمی آب مقطر شسته و جهت بررسی آزادسازی مس در زمان بعد، مجدداً ۴۰ میلی لیتر محلول $CaCl_2$ ۰/۰۱ مولار به نمونه‌ها اضافه گردید. غلظت مس آزاد شده در محلول‌ها توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی اندازه گیری گردید. تهیه سیستم کندرهش مس از ماتریکس پلیمرهای خشک شده آلجینات و هیبرید آلجینات –زئولیت بدین منظور یک گرم از سیستم‌های بارگذاری شده که مطابق روش ذکر شده آماده شده بودند، در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و برای مراحل بعدی آزادسازی نگه‌داری شدند. بررسی الگوی آزادسازی مس از سیستم‌های

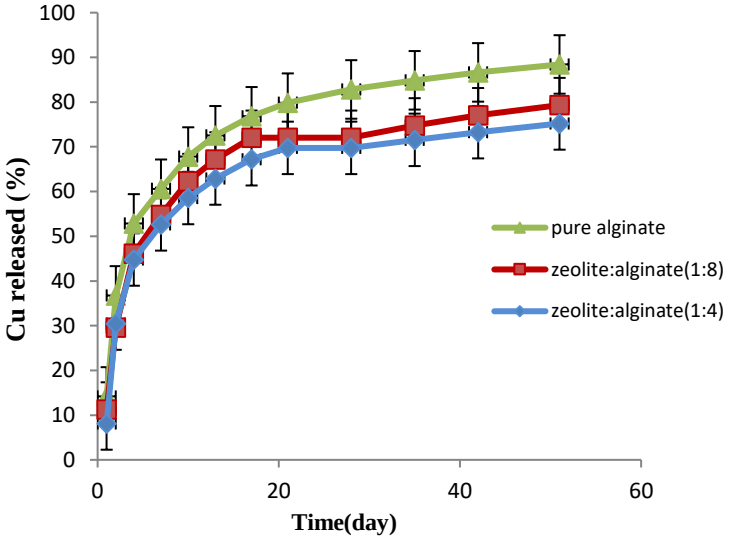
خشک سیستم‌های کندرهش خشک شده حاوی مس به فالکون‌های حاوی ۴۰ میلی لیتر محلول $CaCl_2$ ۰/۰۱ مولار منتقل شد. به منظور جلوگیری از رشد میکروب‌ها دو قطره تولوئن به هرظرف اضافه گردید. اندازه‌گیری مس آزاد شده از نمونه‌ها به محلول $CaCl_2$ پس از ۱، ۲ ،۴، ۷ ، ۱۰ و ۱۳ روز در دمای اتاق انجام گرفت و سپس هر ۴ روز یک بار به مدت دو ماه ادامه یافت. غلظت مس درنمونه‌ها توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

جهت برازش داده‌های سینتیک رهاسازی مس از سیستم‌های کندرهش از نرم افزارGraphpad Prism استفاده شد. تجزیه وتحلیل آماری داده‌ها نیز با استفاده از نرم افزار SAS و رسم نمودارها توسط نرم افزار Excel انجام گرفت. مقایسه میانگین با آزمون LSD انجام شد.

نتایج و بحث

الگوی آزادسازی مس از سیستم‌های کندرهش سنتز شده مرطوب آزادسازی مس از سیستم‌های سنتزشده بر پایه آلجینات خالص و آلجینات:رس با نسبت‌های ۱:۸ و ۱:۴ در شکل ۱ نشان داده شده است. درصد آزادسازی مس از آلجینات خالص و سیستم‌های آلجینات:رس با نسبت‌های ۱:۸، ۱:۴ در ۲۴ ساعت اول آزمایش به ترتیب ۱۴/۱۸، ۱۱/۲۵، ۸/۱۳ درصد بود. بنابراین با افزایش مقدار رس در سیستم‌های سنتز شده درصدآزاد سازی مس کاهش یافت، به طوری که بیش‌ترین درصد آزاد سازی مس از سیستم آلجینات فاقد رس مشاهده شد.



شکل ۱- درصد آزاد سازی تجمعی مس از سیستم های کندرهش برپایه آلجینات و آلجینات:زئولیت با نسبت‌های ۱:۴ و۱:۸ در حالت مرطوب

برازش مدل‌های شبه رده اول، تابع توانی و پخشیدگی پارابولیک بر داده‌های رهاسازی مس از سیستم‌های کندرهش تهیه شده در جدول ۱ نشان داده شده است. مدل شبه رده اول در تمامی نسبت‌ها بهتر از دو مدل دیگر رهش مس از سیستم‌های مورد مطالعه را توصیف نمود.

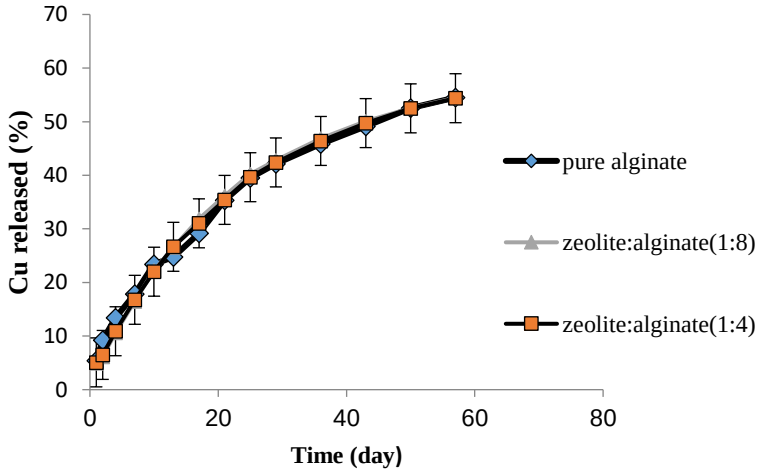
جدول۱- ثابت ها و ضرایب تبیین R^2 حاصل از برازش مدل های سینتیک تابع توانی و پخشیدگی پارابولیک و شبه رده اول بر داده های آزاد سازی مس از سیستم های مختلف آلجینات: زئولیت و آلجینات خالص در حالت مرطوب

مدل	شبه رده اول			تابع توانی			پخشیدگی پارابولیک		
سیستم کندرهش	q_e	k_1	R^2	a	b	R^2	k_i	I	R^2
آلجینات خالص	۶۱/۲۲	۰/۲۱	۰/۹۴***	۲۴/۵۲	۰/۲۷	۰/۸۷**	۷/۵۷	۱۹/۷۶	۰/۷۹*
آلجینات:زئولیت(۱:۸)	۴۴/۶۷	۰/۱۸	۰/۹۶***	۱۶/۴	۰/۲۹	۰/۸**	۵/۸	۱۲/۲۹	۰/۸۱**
آلجینات:زئولیت(۱:۴)	۴۳/۰۶	۰/۱۷	۰/۹۲***	۱۵/۱۱	۰/۳	۰/۸۸**	۵/۷۴	۱۰/۸۷	۰/۸۲**

*، ** و*** به ترتیب معنی دار در سطح آماری ۵، ۱ و ۰/۰۱ درصد

الگوی آزاد سازی مس از سیستم‌های کندرهش خشک شده

شکل ۲ نشان دهنده درصد آزادسازی مس از سیستم‌های آلجینات خالص و مخلوط آلجینات:زئولیت با نسبت‌های مختلف در حالت خشک می‌باشد. در مورد سیستم‌های خشک شده تفاوتی در الگوی رهش مس مشاهده نشد. به عبارت دیگر آلجینات و سیستم‌های هیبریدآلجینات:زئولیت خشک شده تفاوت چندانی در رهش مس نداشتند. درصد آزاد سازی مس از سیستم‌های خشک شده کندرهش در ۲۴ ساعت اول آزمایش ۵/۴ درصد بود. Albano و همکاران (۲۰۰۶) روند آزاد سازی عنصر مس از ماده زمینه پوست درخت کاج و کمپوست جنگلی در چهار نوع کود را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که غلظت مس موجود در محلول در ابتدای آزمایش بیش‌تر از $mg\ L^{-1}$ ۱۰۰ برای همه تیمارها بود و سپس سریعاً کاهش پیدا کرد و به $mg\ L^{-1}$ ۰/۲رسید. احتمالاً دلیل آزاد سازی بیش‌تر مس در همه تیمارها در ابتدای آزمایش به دلیل غنی بودن پوست درخت کاج و کمپوست جنگلی از مس می باشد.



شکل ۲- درصد آزادسازی تجمعی مس از سیستم های کندرهش بر پایه آلجینات و آلجینات:زئولیت در حالت خشک

برازش مدل‌های شبه رده اول و پخشیدگی پارابولیک بر داده‌های آزادسازی مس از سیستم‌های خشک بر پایه آلجینات و آلجینات:زئولیت با نسبت‌های ۱:۴ و ۱:۸ در جدول ۲ نشان داده شده است. هر دو مدل دارای R^2 نزدیک به یک بوده و داده‌های آزادسازی مس از سیستم‌های خشک را به طورمعنی‌داری توجیه نمودند. با دو مدل شبه رده اول و پارابولیک مطابقت نشان دادند. در مورد همه نسبت‌های مورد مطالعه حداکثر مس قابل رهش براساس مدل شبه رده اول ۳۲/۴ میلی‌گرم برگرم بود. ثابت سرعت مدل شبه رده اول نیز برابر با day^{-1} ۰/۰۴

بدست آمد. ضریب سرعت پخشیدگی مس (k_i) محاسبه شده از معادله پخشیدگی پارابولیک برای سیستم‌های خشک تهیه شده برابر با ۴/۵۷ $mg\ g^{-1}\ day^{-0.5}$ بود.

جدول ۲– ثابت و ضریب تبیین (R^2) حاصل از برازش مدل‌های سینتیک شبه رده اول و پارابولیک بر داده های آزاد سازی مس از سیستم‌های آلجینات و آلجینات : زئولیت در حالت خشک

مدل	شبه رده اول			پخشیدگی پارابولیک		
سیستم کندرهش	q_e	k_1	R^2	k_i	I	R^2
آلجینات خالص	۳۲/۴	۰/۰۴	۰/۹۹***	۴/۵۷	-۱/۸۲	۰/۹۸***
آلجینات:زئولیت (۱:۸)	۳۲/۲	۰/۰۳	۰/۹۹***	۴/۵۰	-۱/۸۲	۰/۹۹***
آلجینات:زئولیت (۱:۴)	۳۲/۳	۰/۰۳	۰/۹۹***	۴/۴۰	-۱/۸۲	۰/۹۷***

*** معنی دار در سطح آماری ۰/۰۱ درصد

نتیجه‌گیری:

ارزیابی آزاد سازی مس از سیستم‌های تهیه شده بر پایه آلجینات:زئولیت با نسبت‌های ۱:۴، ۱:۸ و آلجینات خالص در حالت مرطوب نشان داد که بیش‌ترین آزادسازی در ۲۴ ساعت ابتدای آزمایش مربوط به سیستم آلجینات خالص و کم‌ترین آزادسازی نیز مربوط به سیستم آلجینات:زئولیت با نسبت ۱:۴ بود. تفاوت بارزی در آزادسازی مس از سیستم‌های تهیه شده بر پایه آلجینات:زئولیت و آلجینات خالص در حالت خشک وجود نداشت.. مدل سینتیک شبه مرتبه اول بهترین برازش را برداده‌های آزاد سازی مس در حالت مرطوب داشت. به طور کلی سیستم‌های آلجینات و آلجینات:زئولیت به عنوان ماتریکس‌های موثر و کارآمد در کندرهش کردن مس پیشنهاد می‌شوند.

منابع:

Draget, K. I**.,** 2000. Alginates. PP. 381-392. In: Phillips, G.O.; Williams, P.A. (eds). Handbook of hydrocolloids.Woodhead Publishing.

Sharma, R., J. Bajpaia, A.K. Bajpaia, S. Acharya, R.B. Shrivastava and S.K. Shukla. 2014. Designing slow water-releasing alginate nanoreserviors for sustained irrigation in scanty rainfall areas.Carbohyd Polym. 102: 513– 520.

Xie, L., M. Liu, B. Ni, X. Zhang, Y. Wang. 2011. Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgite. J. Chem.Eng. 167 :342–348.

کبیری نژاد، ش.، کلباسی، م.، خوشگفتارمنش، ا. ح.، هودجی، م. و افیونی، م.۱۳۹۴. اثر گیاهان پیش کاشت بر شکل‌های شیمیایی مس در ریزوسفر و توده خاک و ارتباط آن با جذب مس بوسیله گیاهان. نشریه آب و خاک (۲) ۳۰، ۵۲۱-۵۱۱.

Albano, J. P., D.J. Merhaut and E. Blythe. 2006. Nutrient release from controlled – release fertilizers in a neutral-pH substrate in an out doorenvirment: 2. Leachate calcium, manganes, zinc, copper, and molybdenum concentration. J. Hort .Sci. 41:1683-1689.

Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation

Copper release pattern from alginate-zeolite matrices

Razavi[1], P., Shirvani[2] ,M.,Masoudi[3*],F.

[1]Former M.Sc. student of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

[2]Associate Prof. of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology

[3]Ph.D. Student, Soil Science Department, Isfahan University of Technology, Iran

Abstract

Excessive use of chemical fertilizers typically leads to environmental and economic problems as well as solution nutrient concentration higher than optimal for the plant resulting in a potential for leaching losses or precipitation of nutrients. One of the effective methods to overcome these problems is the development and use of slow-release fertilizers. Biopolymers are the most suitable compounds for synthesis of the slow-release systems of nutrients. In this study, alginate with and without combination with zeolite clay in zeolite:alginate ratios of 1:4 and 1:8 were used to produce slow-release systems of copper (Cu). To load the systems with Cu, the synthesized systems were put in solutions of $CuSO_4$ with concentration of 200 mg l^{-1}. In the release experiments, specified amounts of loaded matrixes in two forms (dried or moist) were transferred into vessels containing 0.01 M $CaCl_2$ solutions and the amounts of Cu released were measured from 24 hours to 58 days. Results showed that the Cu releases from the moist systems were greater than those form the dried ones.. Pure alginate systems showed the greatest amounts of releasable Cu as estimated by the pseudo-first order model. Overall, alginate and zeoite:alginate hybrids can be applied as an environment-friendly products for synthesis of slow-release systems of Cu.

Key words: Alginate, Biopolymer, Slow-release systems.

* Corresponding author, Email: fatemeh.masoudi70@gmail.com