ارزیابی کود آهن کندرهای پلی‌آکریلاتی

سید محمود سمر، منصوره محمودی سلطان آباد و عبدالامیر بستانی
دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی،کرج، ایران
دانش آموخته دوره کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه شاهد
دانشیار گروه علوم خاک دانشگاه شاهد

چکیده:
کودهای سولفات و کلات آهن، بر هیدروژل پلی آکریلاتی بارگذاری و اثربخشی آنها در دو نمونه خاک آهکی ارزیابی شد. مقادیر یکسان آهن از دو منبع سولفات و کلات، به شکل محلول و یا ژلکود به خاکها افزوده و با گذشت زمان آهن فراهم خاک اندازه‌گیری شد. ۲۴ و ۶۷۲ ساعت پس از افزودن ژلکود سولفات آهن، غلظت آهن فراهم خاکها به ۱۴ و ۴ برابر آهن بومی خاک رسید که در مقایسه با محلول سولفات آهن، به ترتیب ۴۰۰ و ۱۰۰ درصد افزایش داشت. تفاوتی میان اثر ژلکود کلات آهن و محلول آن دیده نشد و افزایش آهن فراهم خاک در این دو تیمار بیش از تیمارهای سولفات آهن بود. افزایش کربنات کلسیم خاک تاثیری بر اثربخشی ژلکود سولفات آهن نداشت. یافته‌های این آزمایش نشان داد که ژلکود کندرهای پلی آکریلات- سولفات آهن، در یک بازه زمانی کافی برای جذب گیاه، اثربخشی بیشتری از کود ساده سولفات آهن دارد.

واژه‌های کلیدی: هیدروژل، سولفات آهن، کند رها، آهن فراهم خاک، خاک‌های آهکی.

مقدمه:

مصرف خاکی کود کلات آهن، اثر سریع و قاطعی در رفع کمبود آهن دارد. در این کودها، آهن با مولکول‌های آلی تشکیل کمپلکس می‌دهند. به این ترتیب از رسوب سریع آن در خاک جلوگیری می‌شود (سمر و همکاران، ۱۳۹۰). البته به علت قیمت بالا، مصرف آنها برای محصولات خاصی توجیه اقتصادی دارد. اصلاح کمبود آهن در خاکهای آهکی، تنها با مصرف مقادیر بسیار زیاد از کودهای معدنی همچون سولفات آهن امکانپذیر است (مورتوت،۱۹۹۲، ب)، زیرا کریستال‌های کود سولفات آهن پس از قرار گرفتن در میان ذرات خاک آهکی به سرعت به صورت اکسید و هیدروکسیدهای آهن سه ظرفیتی رسوب می کنند. اگر چنین کودی به گونه ای کندرها شود، اثربخشی آن تا حدی افزایش یافته و مقدار مصرف کمتر می شود. هر چه کود کندرهاتر شود، تثبیت آن در خاک کمتر میشود (ترنکل[1]،۲۰۱۰).

هیدروژلها، پلیمرهای آبدوستی هستند که علاوه بر افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، برای کندرها کردن کودهای شیمیایی نیز کاربرد دارند. این مواد دارای گروه‌های عامل آبدوست، با ساختمان سه بعدی حاصل از پیوندهای عرضی[2] می‌باشند. این مواد حتی تا ۴۰۰ برابر وزن هیدروژل خشک آب جذب میکنند ولی به دلیل وجود پیوندهای عرضی، حل نمی‌شوند. گاهی برای بالا بردن ظرفیت جذب آب، از مونومرهایی که دارای گروه‌های عاملی یونیزه شونده هستند (مانند COOH) استفاده می‌شود. هر چه اتصالات عرضی در داخل شبکه هیدروژل بیشتر شود، ساختمان آن مستحکمتر شده و در نتیجه از مقدار نفوذ آب به داخل شبکه و آماس آن کاسته می‌شود. اتصالات عرضی می‌تواند یک ترکیب چند وینیلی (مانند اتیلن گلیکول دی متاکریلات یا متیلن بیس آکریلامید) و یا ترکیبات چند عاملی (مانند اپی کلروهیدرین یا گلیسرول) باشند (کبیری و ظهوریان‌مهر، ۲۰۰۴).

آکریلیک اسید، آکریلاتهای سدیم و پتاسیم و همچنین آکریل آمید، رایج‌ترین مونومرها در هیدروژل‌های تجاری هستند. از دیدگاه ترمودینامیکی، علت تورم هیدروژل در آب، وجود اختلاف پتانسیل شیمیایی آب، در بیرون و درون شبکه هیدروژل

[1] -Trenkel
[2] - Cross link

می‌باشد. در نتیجه آب از محیط بیرونی که دارای پتانسیل شیمیایی بیشتری است، به درون هیدروژل حرکت می‌کند. این حالت مشابه گذر آب از غشای نیمه تراوای قرار گرفته بین دو محلول نمکی با غلظت‌های مختلف بوده و ماهیتی اسمزی دارد (نوروزی و همکاران، ۱۳۸۷). هیدروژلها از طریق جذب محلول کودی (بارگذاری) نیز کودهای شیمیایی کندرها را پدید می‌آورند. در این روش کافی است تا محلولی از کود را با هیدروژل مخلوط و فرصت کافی داد تا جذب هیدروژل شود. به این ترتیب کود کندرها به صورت دستی (خارج از کارخانه) آماده میشود. ژلکودها پس از قرار گرفتن در یک محلول، از طریق پخشیدگی[1] و یا جریان همرفتی[2] (خروج محلول کودی از ژلکود)، کود را به تدریج آزاد میکند.

جامنونگکان و کاپیروم[3] (۲۰۱۰)، در آزمایشی سرعت آزاد شدن کود فسفاتی از چند هیدروژل (ترکیبی از پلی وینیل الکل[4] و چیتوزان[5]) را در محیط آبی و خاکی بررسی کردند. هنگامی که هیدروژل‌های حاوی کود فسفاتی در خاک قرار می‌گرفتند، پس از ۳۰ روز، تنها بین ۱۰ تا ۳۰ درصد از محتوای فسفر خود را آزاد می‌کردند. نکته جالب در آزمایش ایشان آن است که حتی با خشک شدن خاک، هیدروژل‌ها همچنان مقداری آب و کود را در درونشان حفظ می‌کردند. میکلسون[6] (۱۹۹۵)، در آزمایشی کمبود منگنز گیاه سویا را با استفاده از جایگذاری نواری کودهای معدنی و کلاتی حاوی این عنصر که به صورت محلول در توده هیدروژل نگهداری شده بود، در یک آزمایش گلدانی ارزیابی نمود. نتایج این پژوهش نشان داد که کودهای سولفات و کلرید منگنز کندرها شده با کمک هیدروژل بسیار اثربخش‌تر از شکل محلولشان بودند (شکل ۱-۱۷). مورتوت و همکاران (۱۹۹۲، ب) در یک آزمایش گلدانی، پاسخ گیاه سورگوم به مصرف نواری چند هیدروژل حاوی سولفات آهن (از جمله کوپلیمر آکریلیک اسید و آکریل آمید) را در مقایسه با کلات آهن و سولفات آهن، ارزیابی نمودند. سولفات آهن در مقایسه با کلات آهن، از نظر تولید ماده خشک گیاهی، محتوای آهن گیاه و افزایش آهن قابل عصاره گیری خاک، اثر ناچیزی داشت. اما ژلکودهای دارای سولفات آهن، کندرها بوده و با اثربخشی بیشتری، در مواردی به اندازه کلات آهن موثر بودند.

در سالهای اخیر انواعی از هیدروژلهای پلی آکریلاتی وارداتی و یا تولید داخل در بازار نهاده های کشاورزی کشور ارائه گردیده است. در آینده نزدیک نیز واحدهای پتروشیمی تولید کننده آکریلیک اسید، که ماده اولیه تولید هیدروژلهای پلی آکریلاتی میباشد، در کشور به بهره برداری خواهند رسید (۱۴). بنابراین هیدروژلها با قیمتی مناسب در دسترس خواهد بود. با توجه به آن که درجه کندرهایی کود وابسته عواملی چون نوع هیدروژل، چگونگی فرآیند ساخت آن و نوع کود بارگذاری شده دارد و در مورد کود آهن تا کنون پژوهشی در داخل کشور انجام نشده، آزمایش زیر به اجرا گذاشته شد.

مواد و روشها:

از یک هیدروژل پلی آکریلاتی تجاری برای کندرها سازی کودهای آهن استفاده شد. بیشینه جذب آب این هیدروژل در آب مقطر و محلول کلرید سدیم با هدایت الکتریکی ۲ دسی‌زیمنس بر متر، به ترتیب برابر با ۲۹۰ و ۹۲ برابر وزن هیدروژل خشک بود.

دو نمونه خاک آهکی هواخشک با ویژگی‌های متفاوت، نرم و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. خاک اول دارای بافت لوم، ۵ درصد معادل کربنات کلسیم کل و ۵ میلی گرم بر کیلوگرم آهن فراهم بود. خاک دوم دارای بافت لای رسی، ۳۷ درصد معادل کربنات کلسیم کل و ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم آهن فراهم بود. ظروف پلاستیکی ۲۰ میلی لیتری آماده و در هر یک ۱۰ گرم خاک قرار داده شد. با افزودن آب مقطر، مقدار رطوبت خاک در حد مکش ۳۳- کیلوپاسکال تنظیم و پس از بستن درب آن، به مدت ۲۴ ساعت فرصت داده شد تا رطوبت خاک یکنواخت شود. سپس ۲ گرم از هیدروژل دارای ۹۰ درصد آب بر روی شیشه ساعت قرار داده شد و ۰/۴ میلی‌لیتر از محلول های سولفات آهن و کلات آهن، دارای ۱/۴۴ میلی‌گرم آهن، به آن

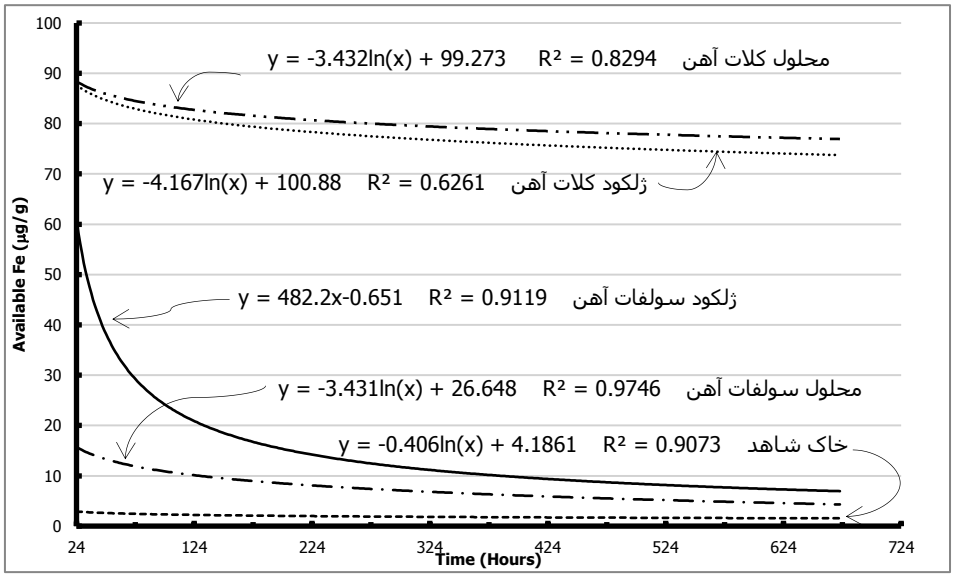
[1] - Diffusion
[2] - Convective flow
[3] - Jamnongkan and Kaewpirom
[4] - polyvinyl alcohol
[5] - chitosan
[6] -Mikkelsen

افزوده گردید و ۱۰ دقیقه فرصت داده شد تا جذب هیدروژل شود. به این ترتیب نسبت آهن به هیدروژل خشک ۰/۷۲ درصد شد. این غلظت آهن در هیدروژل بر اساس نتایج آزمایشات قبلی انتخاب گردید. سپس هیدروژل مذکور در مرکز توده خاک موجود در لوله پلاستیکی، جایگذاری گردید. در تیمار کود محلول، ۰/۴ میلی‌لیتر از هر یک از محلول‌های کودی به وسیله سرنگ، در مرکز توده خاک تزریق شد. پیش آزمایشها نشان داده بود که حضور ژل به تنهایی تاثیری بر آهن خاک ندارد، به همین علت تیماری در این خصوص لحاظ نگردید.

در مدت زمان آزمایش، رطوبت خاک در حد مکش ۳۳- کیلوپاسکال، از طریق توزین و افزودن قطرات آب مقطر، ثابت نگه داشته شد. پس از گذشت صفر، ۲۴، ۷۲، ۱۶۸، ۳۳۶، ۵۰۴، ۶۷۲ ساعت، آهن فراهم خاک با استفاده از محلول عصاره گیر دی تی پی ای، عصاره گیری شد (علی احیایی، ۱۳۷۶). در تیمارهای دارای ژلکود، عصاره گیری خاک به همراه ژلکود انجام شد. علت این کار آن بود که بر اساس نتایج تحقیقات گذشته، جدا کردن دقیق خاک از ژل امکانپذیر نبوده و منجر به کاهش دقت آزمایشها میگردد (مورتوت و همکاران، ۱۹۹۲، الف). به عبارت دیگر فرض بر آن بود که آهن قابل عصاره گیری، چه در ژلکود و چه در خاک، به یک اندازه برای گیاه قابل استفاده می‌باشد. در زمان صفر، مقدار آهن فراهم خاک، برابر با مجموع آهن بارگذاری شده در ژلکود و آهن فراهم بومی خاک فرض شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی در ۳ تکرار و در محیط آزمایشگاه انجام شد.

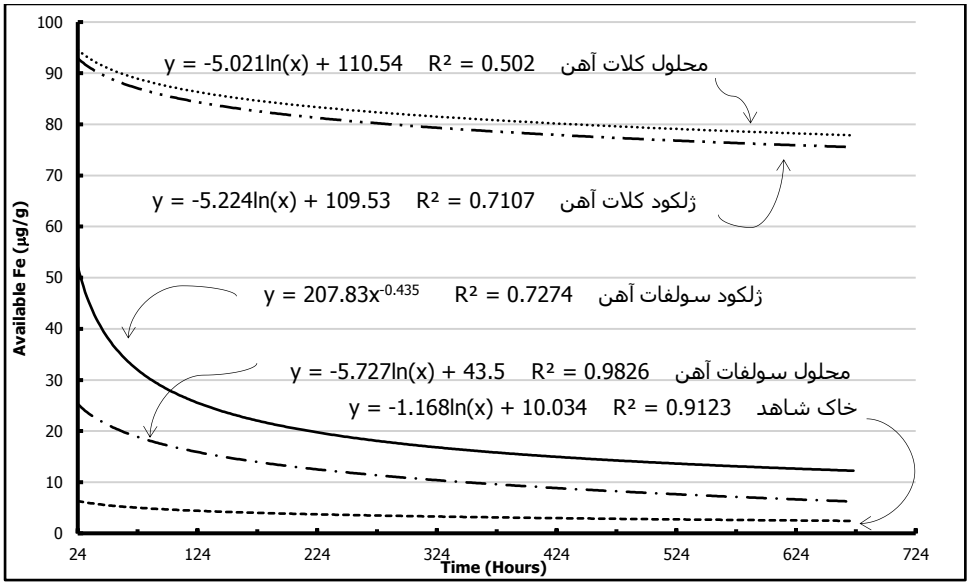
نتایج و بحث:

شکلهای ۱ و ۲، مقدار آهن فراهم در نمونه های خاک را پس از اعمال تیمارها نشان می‌دهد. کلات آهن چه در شکل محلول و چه به صورت ژلکود، آهن خاک را به صورت پایداری افزایش داده است.



شکل ۱- مقدار آهن فراهم در خاک ۱ در تیمارهای مختلف

کلات آهن در طول زمان آزمایش موجودیت خود را حفظ کرده و از رسوب سریع آهن در میان ذرات خاک تا حد زیادی جلوگیری نموده است. این ویژگی باعث گردیده که آزاد سازی آهسته تر آهن توسط ژلکود، نقشی در افزایش فراهمی آهن خاک نداشته باشد.



شکل ۲- مقدار آهن فراهم در خاک ۲ در تیمارهای مختلف

میکلسون (۱۹۹۵) نتایج مشابهی را برای کود کلات منگنز گزارش نمود. وی در آزمایشی ژلکود کلات منگنز (با بنیان ئی دی تی ای) را با کلات منگنز در کشت گلدانی گیاه سویا مقایسه و اثربخشی یکسانی را گزارش کرد. اما مورتوت و همکاران (۱۹۹۲، الف)، در آزمایش همسانی مشاهده نمودند که ژلکود کلات آهن، اثربخش تر از کلات آهن به تنهایی است. محلول سولفات آهن، همانگونه که توقع بود (نورول و لیندسی ۱۹۸۲)، در ابتدا آهن فراهم خاک را به شدت افزایش داد ولی پس از آن بر اثر رسوب، کاهش شدیدی را در پی داشت. ژلکود سولفات آهن از این جهت موثرتر بود ولی به ویژه در دراز مدت، کمتر از کلات آهن اثربخشی داشت. افزایش اثربخشی ژلکود سولفات آهن در مقایسه با محلول آن، میتواند از نظر تامین آهن برای گیاه مفید باشد. این احتمال وجود دارد که بهره وری ریشه از افزایش آهن ژلکود، بیش از افزایش مقدار عددی آهن فراهم باشد. البته اثبات آن نیاز به آزمایشی مجزا دارد. در تمامی تیمارها، افزایش آهن فراهم در خاک پر آهک، اندکی بیش از خاک کم آهک بود. به نظر می‌رسد علت این مطلب، بیشتر بودن مقدار آهن فراهم بومی، در خاک پر آهک باشد (داده ها ارائه نشده است).

سولفات آهن کندرها شده با هیدروژل پلی آکریلاتی توانسته است در مدت نزدیک به یک ماه، بسیار کارآتر از کود ساده باشد. این ویژگی متاثر از مقدار آهک خاک نمیباشد. ژلکود آبدار را میتوان با کمک دستگاههای پنوماتیک به راحتی در خاک مجاور ریشه جایگذاری کرد و به این ترتیب ممکن است باز هم کارآیی کود افزایش یابد که اثبات آن نیاز به پژوهش بیشتری دارد (بلک[1]،۱۹۹۹). نکته مهم آن است که درجه کندرهایی کود متاثر از نسبت کود به هیدروژل است. به عبارت دیگر میتوان بسته به نیاز محصول و ویژگیهای خاک، کودی با درجه کندرایی مناسب آماده نمود و در این حالت نیازی به فرآیندهای کارخانه ای گران قیمت نیست. در این روش، مقدار هیدروژل مصرفی اندک بوده و هزینه ناچیزی خواهد داشت.

فهرست منابع:

سمر، س. م. س. سماوات، م. س. تدین، ح. رضایی، م. م. طهرانی، م. س. اردکانی، ح. بشارتی و ع. ر. فلاح. ۱۳۹۰. آهن در خاک و گیاه، ۱۹۱ صفحه. نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.

ظهوریان مهر، م. ج. ۱۳۸۵. سوپر جاذب‌ها. ۵۴ صفحه. تهران: انجمن پلیمر ایران.

پتروزون. پایگاه اطلاع رسانی سازمان منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی. http://petzone.ir .

[1] Black

Black,C.A. 1992. Soil Fertility Evaluation and Control. pp. Lewis Publisher.
Mikkelsen, R., 1995. Using hydrophilic polymers to improve uptake of manganese fertilizers by soybeans. Fertilizer research, 41(2): 87-92.
Mortvedt, J.J., Mikkelsen, R.L. & Behel, A.D., 1992(a). Grain sorghum response to granular formulations of iron sources and hydrophilic polymers. Journal of Plant Nutrition,15(10): 1913-1926.
Mortvedt, J.J., Mikkelsen, R.L., & Kelsoe, J.J., 1992(b). Crop response to ferrous sulfate in banded gels of hydrophilic polymer. Soil Science Society of America Journal, 56: 1319–1324.
Norvell.W. A., & Lindsay, W.L., 1982. Estimation of the concentration of Fe^{3+} and (Fe^{3+}) $(OH^{-})^{3}$ ion product from equilibria of EDTA in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 46: 710-715.
Trenkel, M.E., 2010. Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France.
Tyliszczak, B., Polaczek, J., & Pielichowski, K., 2009. PAA-Based Hybrid Organic-Inorganic Fertilizers with Controlled Release. Polish J. of Environ, 18(3): 475-479.

Evaluation of a polyacrylate base slow release Fe fertilizer

S. M. Samar, M. Mahmoodi Soltanabad and A. Bostani
Assistant Professor of Soil and Water research Institute of Iran, Agricultural Research, Extension and Education, Karaj,Iran
Graduated student of Soil Science Department, Shahed University
Assistant Professor of Soil Science Department, Shahed University

Abstract
$FeSO_4$ and FeChelate fertilizers loaded on a polyacrilate base hydrogel and their effectiveness evaluated in two calcareous soil. Equal amounts of Fe were added to soil samples either as solution or gelyfertilizer of FeSO4 and Faceplate. Then soil available Fe was determined during the experiment. After 24 hours $FeSO_4$ gelyfertilizer increase soil available Fe 14 times of soil native iron, but reduced to 4 times after 672 hours. In comparison with $FeSO_4$ solution, this fertilizer was 400% and 100% more effective at mentioned times. Faceplate solution and Faceplate gel fertilizer had same effectiveness and increased soil available Fe at mentioned time 40 and 17 times respectively. Increasing soil lime had no effect on $FeSO_4$ gel fertilizer performance. It is concluded that slow release $FeSO_4$ – poly acrylate base hydrogel is more effective than simple $FeSO_4$ in a period of time that is adequate for plant absorption.

Key words: Hydrogel, Iron sulphate, Slow release, Soil available Fe, Calcareous soils.