هوادیدگی بیولوژیکی بیوتیت و رهاسازی پتاسیم از آن تحت تأثیر ماده آلی

زینب نادری زاده[1] و حسین خادمی[2]

1 و 2- دانشجوی مقطع دکتری و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

z.naderizadeh@ag.iut.ac.ir

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثر ماده آلی بر هوادیدگی بیولوژیکی کانی بیوتیت و رهاسازی پتاسیم از آن صورت گرفت. بستر کشت مخلوطی از شن کوارتزی، بیوتیت و ماده آلی در سه سطح شاهد، نیم و یک درصد بود. در دوره 120 روزه کشت گیاهان با محلول غذایی کامل یا بدون پتاسیم تغذیه شدند. پس از اتمام دوره رشد، گیاهان و بخش رس کانی‌های بستر کشت آنالیز شد. در هر دو وضعیت تغذیه‌ای، حضور ماده آلی در بسترهای کشت دارای بیوتیت باعث افزایش معنی‌دار میزان جذب پتاسیم کل نسبت به شرایط بدون ماده آلی شد. در بسترهای دارای بیوتیت در شرایط تغذیه‌ای با پتاسیم، ماده آلی تأثیر ناچیزی در میزان تغییرات کانی‌شناسی داشته است، اما در وضعیت تغذیه‌ای بدون پتاسیم افزودن ماده آلی به بسترهای حاوی این کانی منجر به افزایش معنی‌دار تغییرات کانی‌شناسی شده است.

کلمات کلیدی: **رهاسازی پتاسیم، ماده آلی، هوادیدگی بیولوژیکی بیوتیت**

مقدمه

میکاها بعنوان سیلیکات‌های لایه‌ای معمول در خاک‌ها و رسوبات، از ذخایر تغذیه‌ای مهم پتاسیم و منیزیم به حساب می‌آیند و از طریق هوادیدگی، این عناصر را به محلول خاک آزاد می‌کنند (بهاتی و همکاران، 2011). موسکویت و بیوتیت متداول‌ترین میکاها در سنگ‌های دگرگونی و آذرین هستند (اسپارکس، 1987). بیوتیت در توالی هوادیدگی بیوشیمیایی سیلیکات‌های صفحه‌ای، حداقل پایداری را دارد و نقش مهمی در قابلیت دسترسی بیولوژیکی عناصر معدنی مثل پتاسیم، منیزیم و آهن ایفا می‌کند (هوپف و همکاران، 2009). مطالعات نشان داده‌اند که بیوتیت منبع تغذیه‌ای مهمی برای پتاسیم می‌باشد (فرانکل، 1977؛ نوروزی و خادمی، 2010).

نخستین نشانه‌های تأثیر میکروارگانیسم‌ها بر افزایش هوادیدگی بیوتیت توسط فرانکل (1977) گزارش شد. میکروارگانیسم‌ها می‌توانند از طریق متابولیسم میکروبی، تولید اسیدهای آلی و معدنی و جذب عناصر غذایی یا تشکیل کمپلکس با آن‌ها بر روی مکانیسم یا سرعت انحلال کانی‌ها تأثیرگذار باشند (هوپف و همکاران، 2009). علاوه‌بر میکروارگانیسم‌ها، مطالعات متعددی نقش گیاهان را در رهاسازی پتاسیم از کانی‌های پتاسیم‌دار اثبات کرده‌اند.

افزودن مواد آلی به خاک به میزان قابل‌توجهی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اثر می‌گذارد (استریت و همکاران، 1978). حضور مواد آلی حل‌شده در محلول خاک تأثیر شایانی بر هوادیدگی کانی‌ها و آزادسازی عناصر دارد (مک لین و واتسون، 1985). خادمی و آروسینا (2008) در تحقیقی تأثیر ماده آلی (پیت) و ریزوسفر جو، یونجه و کلزا بر آزادسازی منیزیم از سپیولایت و پالیگورسکایت را بررسی کردند. مطالعات کانی‌شناسی پس از 100 روز کشت، تشکیل کائولینیت را در بسترهای حاوی پالیگورسکایت در ریزوسفر هر سه گیاه در هر دو وضعیت ماده آلی نشان داد. علاوه‌براین سپیولایت نیز در ریزوسفر جو و کلزا به کائولینیت تبدیل شده بود. اما در شرایط بدون ماده آلی در ریزوسفر یونجه، کائولینیت تشکیل نشد. آن‌ها ایجاد اسیدیته بالا ناشی از فعالیت ریشه، تجزیه مواد آلی و جذب منیزیم توسط گیاه را از عوامل تشکیل کائولینیت بیان کردند.

تاکنون مطالعه‌ای در زمینه هوادیدگی بیولوژیکی کانی بیوتیت و رهاسازی پتاسیم از آن تحت تأثیر مقادیر متفاوت ماده آلی صورت نگرفته است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی این موضوع انجام شد.

مواد و روشها

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. کانی میکایی بیوتیت و شاهد، دو نوع محلول غذایی با یا بدون پتاسیم و ماده آلی در سه سطح (شاهد، نیم درصد و یک درصد) تیمارهای آزمایش بودند. بیوتیت در اندازه کوچکتر از 230 مش به گونه‌ای به محیط کشت اضافه گردید که مقادیر یکسانی پتاسیم (معادل 0/35 درصد K_2O) داشته باشد. شن کوارتزی (پرکننده گلدان‌ها) نیز در اندازه بزرگتر از 200 مش استفاده شد.
پس از اندازه‌گیری پتاسیم چند باقی‌مانده گیاهی، کوکوپیت به علت داشتن کمترین مقدار پتاسیم (0/00025 درصد) به عنوان ماده آلی انتخاب شد. با آماده‌سازی بسترهای کشت (گلدان‌های 600 گرمی)، بذر یونجه رقم رهنانی کاشته شد. در دوره کشت گیاهان با محلول غذایی دارای پتاسیم یا بدون پتاسیم (استگنر، 2002) تغذیه و با آب مقطر آبیاری شدند. پس از 120 روز کشت، گیاهان برداشت و مقدار پتاسیم پس از عصاره‌گیری به روش خاکستر خشک (خوشگفتارمنش، 1386) با شعله‌سنج تعیین شد. همچنین کانی میکایی بستر کشت و محصولات هوادیدگی آن از شن کوارتزی جدا شدند و بخش رس کانی‌ها به روش پراش پرتو ایکس بررسی شد.

نتایج و بحث

ترکیب عنصری شن کوارتزی و بیوتیت قبل از آزمایش

ترکیب عنصری شن کوارتزی و بیوتیت مورد استفاده در جدول 1 آمده است.

جدول 1- ترکیب عنصری بیوتیت و شن کوارتزی به وسیله فلورسانس پرتو ایکس بر حسب درصد (نوروزی و خادمی، 2010)

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	Fe_2O_3	MnO	P_2O_5	TiO_2	LOI	Total
بیوتیت	0/34	12/12	13/65	37/28	6/66	2/86	14/01	0/08	0/03	7/57	5/4	100
شن کوارتزی	<0/1	0/11	0/36	97/53	<0/1	0/61	0/57	-	-	-	0/48	99/86

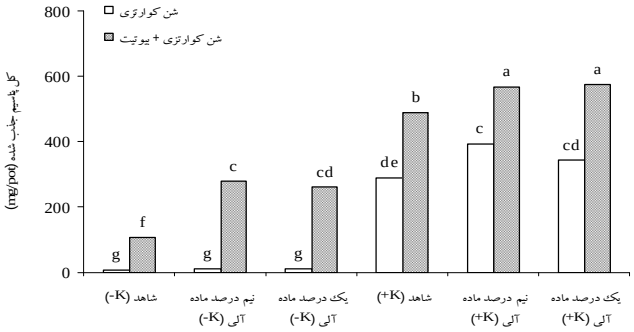
تأثیر ماده آلی بر کل پتاسیم جذب شده توسط گیاه

حضور ماده آلی در هر دو وضعیت تغذیه‌ای، در بستر دارای بیوتیت باعث افزایش معنی‌دار کل پتاسیم جذب‌شده توسط گیاه شده است. اما حضور ماده آلی در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم در بسترهای بدون بیوتیت تفاوت معنی‌داری در جذب پتاسیم ایجاد نکرده است. علاوه براین در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم، بین سطوح نیم و یک درصد ماده آلی تفاوت معنی‌داری در میزان جذب پتاسیم کل در بسترهای بیوتیت وجود ندارد.

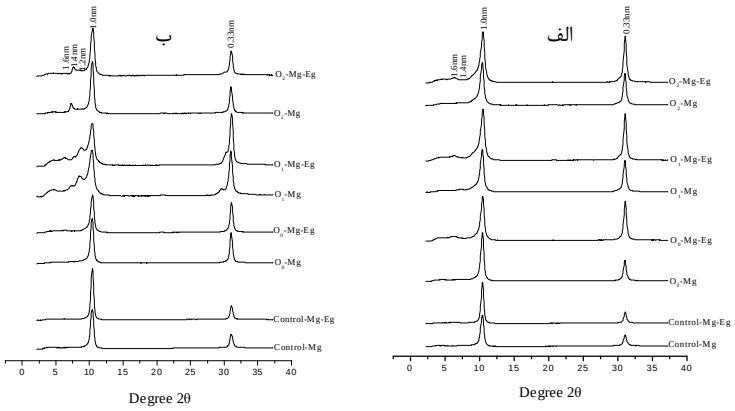
کانی‌شناسی بخش رس بسترهای کشت دارای بیوتیت در پایان آزمایش

در پراش‌نگاشت‌های پرتو ایکس مربوط به هر دو شرایط تغذیه‌ای و در هر سه سطح ماده آلی، علاوه بر قله‌های 0/33 نانومتر و 1 نانومتر اولیه کانی بیوتیت قله 1/4 نانومتر در تیمار اشباع با منیزیم (Mg) قابل تشخیص است (شکل 2). با توجه به اینکه در نمونه بیوتیت قبل از کشت (Control) این قله وجود نداشته است، بنابراین کانی جدیدی در این بسترهای کشت تشکیل شده است. حضور ماده آلی تنها در شرایط تغذیه‌ای بدون پتاسیم تفاوت معنی‌داری در نسبت شدت قله 1/4 نانومتر به 1 نانومتر ایجاد کرده است (جدول 2).
حضور نیم درصد ماده آلی در بسترهای دارای بیوتیت در وضعیت محلول غذایی بدون پتاسیم منجر به ایجاد بیشترین تغییرات کانی‌شناسی در بیوتیت شده است (شکل 2-ب) که این با نتایج جذب کل پتاسیم توسط گیاه هماهنگی دارد.

در تیمار اشباع با منیزیم این بستر کشت قله‌های 1/4 و 1/2 نانومتر مشاهده می‌شود و نسبت شدت قله 1/4 نانومتر به قله 1 نانومتر در مقایسه با بسترهای بدون ماده آلی افزایش معنی‌داری نشان می‌دهد (جدول 2). نسبت شدت قله جدید 1/2 نانومتر به قله 1 نانومتر 0/34 است. نسبت شدت قله 1/4 نانومتر به 1 نانومتر در نمونه اشباع با منیزیم مربوط به بسترهای کشت دارای یک درصد ماده آلی در مقایسه با تیمار بدون ماده آلی بطور معنی‌داری افزایش نشان داد (جدول 2).



شکل 1- کل پتاسیم جذب‌شده توسط گیاه در دو وضعیت تغذیه‌ای با پتاسیم (K+) و بدون پتاسیم (K-). میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.



شکل 2- پراش‌نگاشت‌های پرتو ایکس تیمارهای اشباع با منیزیم (Mg) و اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-Eg) بخش رس نمونه بیوتیت قبل از آزمایش (Control) و پس از کشت مربوط به سه سطح بدون ماده آلی (O_0)، نیم درصد ماده آلی (O_1) و یک درصد ماده آلی (O_2) در شرایط تغذیه‌ای با پتاسیم (الف) و بدون پتاسیم (ب)

جدول 2- نسبت شدت قله 1/4 نانومتر به قله 1 نانومتر در تیمارهای اشباع با منیزیم بخش رس بسترهای دارای بیوتیت در وضعیت تغذیه‌ای با پتاسیم و بدون پتاسیم (میانگین سه تکرار)

بسترهای کشت	محلول غذایی بدون پتاسیم	محلول غذایی با پتاسیم
شن کوارتزی + بیوتیت (بدون ماده آلی)	0/05 [b]	0/05 [b]
شن کوارتزی + بیوتیت + نیم درصد ماده آلی	0/22 [a]	0/08 [b]
شن کوارتزی + بیوتیت + یک درصد ماده آلی	0/18 [a]	0/06 [b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح 5 درصد اختلاف معنی‌دار آماری ندارند.

در تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول بسترهای کشت دارای بیوتیت در شرایط تغذیه‌ای با پتاسیم (شکل 2-الف)، قله 1/4 نانومتر مربوط به تیمار اشباع با منیزیم به طرف قله 1/6 نانومتر انبساط یافته و در تیمار اشباع با منیزیم و گلیسرول مجدداً به قله 1/4 نانومتر بازگشته است. بنابراین در هر سه سطح ماده آلی در وضعیت تغذیه با محلول غذایی دارای پتاسیم کانی جدید ورمیکولیت با شدت کم تشکیل شده است. در سطح بدون ماده آلی بسترهای دارای بیوتیت در شرایط تغذیه بدون پتاسیم نیز کانی ورمیکولیت تشکیل گردیده است (شکل 2-ب).

زمانی که بسترهای کشت دارای بیوتیت با محلول غذایی بدون پتاسیم تغذیه شده و به این بسترها نیم درصد ماده آلی اضافه شده بود، بخشی از قله 1/4 نانومتر در تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-Eg) انبساط یافته و به 1/6 نانومتر رسیده است (شکل 2-ب). برگشت قله 1/6 نانومتر به قله 1/4 نانومتر در تیمار اشباع با منیزیم و گلیسرول نشان‌دهنده تشکیل کانی ورمیکولیت در این بستر کشت است. قله 1/2 نانومتر که در تیمار اشباع با منیزیم قابل مشاهده است. در تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول (Mg-Eg) بدون تغییر باقی مانده است (شکل 2-ب). این قله در تیمار اشباع با پتاسیم و تیمار حرارتی نمونه اشباع با پتاسیم حذف شده است. بنابراین علاوه‌بر ورمیکولیت، کانی مختلط نامنظم میکا – ورمیکولیت نیز در سطح نیم درصد ماده آلی تشکیل شده است. در سطح یک درصد ماده آلی، در وضعیت تغذیه‌ای بدون پتاسیم بخشی کوچکی از قله 1/4 نانومتر در تیمار اشباع با منیزیم و اتیلن‌گلیکول به طرف قله 1/6 نانومتر انبساط پیدا کرده است (شکل 2-ب) اما در تیمار اشباع با منیزیم و گلیسرول فقط قله 1/4 نانومتر مشاهده شد. بنابراین در این بستر کشت تنها کانی جدید ورمیکولیت تشکیل شده است.

ماده آلی از طریق تأثیر بر پارامترهای رشد باعث افزایش رشد گیاهان شده و متعاقب آن نیاز پتاسیمی گیاه افزایش یافته است. علاوه‌براین، ماده آلی مستقیماً از طریق سه مکانیسم ممکن است منجر به رهاسازی بیشتر پتاسیم و افزایش تغییرات کانی‌شناسی گردد، (1) تشکیل کلات با یون‌های ساختمان کانی و افزایش میزان رهاسازی آن‌ها، (2) رهاسازی اسیدهای آلی که این اسیدها می‌توانند باعث انحلال ساختمان کانی شوند یا (3) تولید دی‌اکسیدکربن در طول تجزیه که این گاز با تولید اسیدکربنیک منجر به کاهش پ‌هاش و تسهیل رهاسازی پتاسیم از کانی می‌گردد. بنابراین با افزودن کود آلی به خاک‌های دارای کانی‌های میکایی می‌توان علاوه‌بر ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب در خاک، رهاسازی پتاسیم غیرتبادلی کانی‌ها را نیز تا حدودی تسهیل کرد. به علاوه، به نظر می‌رسد حداقل بخشی از کانی‌های رسی ورمیکولیت و حتی کانی میکا-ورمیکولیت مختلط نامنظم در خاک‌ها به ویژه در خاک‌های با مواد آلی بالا حاصل هوادیدگی بیولوژیکی کانی‌های میکایی مثل بیوتیت باشد.

منابع

خوشگفتارمنش ا ح، 1386. ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مدیریت بهینه کودی، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

Bhatti TM, Bigham JM, Vuorinen A and Tuovinen OH, 2011. Weathering of phlogopite in simulated bioleaching solutions. Int. J. Mineral Process. 98: 30-34.

Frankel L,1977. Microorganism induced weathering of biotite and hornblende grains in estuarine sands. J. Sed. Petrol. 47: 849-854.

Hopf J, Langenhorst F, Pollok K, Merten D and Kothe E, 2009. Influence of microorganisms on biotite dissolution: an experimental approach. Chemie der Erde.Geochem. 69: 45-56.

Khademi H and Arocena JM, 2008. Kaolinite formation from palygorskite and sepiolite in rhizosphere soils. Clays Clay Miner. 56: 422-436.

McLean EO and Watson ME, 1985. Soil measurements of plant available potassium. Pp. 278–309. In: Munson RD (ed.). Potassium in Agriculture. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.

Norouzi S and Khademi H, 2010. Ability of alfalfa (*Medicago sativa* L.) to take up potassium from different micaceous minerals and consequent vermiculitization. Plant Soil . 328: 83–93.

Sparks DL, 1987. Potassium dynamics in soils. Adv. Soil Sci. 6: 1-63.

Stegner R, 2002. Plant nutrition studies. Lamotte Company, Maryland, USA. 76 pages.

Street JJ, Sabey BR and Lindsay WL, 1978. Influence of pH, phosphorous, cadmium, sewage sludge, and incubation time on the solubility and plant uptake of cadmium. J. Environ. Qual. 7: 286-290.