

بررسی میزان آزادسازی پتاسیم و امکان استفاده از ماسه‌سنگ گلاکونیتی به‌عنوان کود پتاسی در کلزا و گندم

مطهره حبیبی^۱، * احمد عبدالزاده^۲، آرش امینی^۳ و حمیدرضا صادقی‌پور^۴

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه گلستان، آستاد گروه زیست‌شناسی، دانشگاه گلستان،

^۲ استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه گلستان، ^۳ دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: پتاسیم چهارمین عنصر فراوان در پوسته زمین است که در فعال‌سازی آنزیم‌ها، سنتز پروتئین و فتوسنتز نقش اساسی بازی می‌کند. با توجه به وارداتی بودن بسیاری کودها از جمله پتاسیم در ایران، یافتن منابع کود پتاسیم در کشور اهمیت زیادی دارد. گلاکونیت یک کانی میکایی دارای پتاسیم، آهن، منیزیم، آلومینیوم و سیلیس است. ماسه‌سنگ گلاکونیتی در طبقه‌بندی سنگ‌های رسوبی جزو ماسه‌سنگ‌های سبز می‌باشد. این آزمایش با هدف بررسی میزان آزادسازی پتاسیم و امکان‌سنجی استفاده از پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی به‌عنوان کود پتاسه در دو گیاه گندم و کلزا انجام شد.

مواد و روش‌ها: ماسه‌سنگ گلاکونیتی از مسیر جاده داشلی‌برون به مراوه‌تپه حوالی روستای سوزش در استان گلستان جمع‌آوری گردید و به‌وسیله پتک پودر و از الک‌های مش ۲۰ و ۱۲۰ عبور داده شد. میزان آزادسازی پتاسیم از این دو پودر (مش ۲۰ و ۱۲۰) در آب مقطر، اسید هیدروکلریک (۲/۵ نرمال) و اسید سولفوریک (۷ نرمال) در طول ۶ روز به‌صورت تجمعی سنجیده شد. به‌علاوه، به‌منظور یافتن بهترین روش برای آزادسازی حداکثر پتاسیم، از تیمارهای مختلف حرارت، نمک و اسید شامل تیمار کربنات کلسیم- اتوکلاو، تیمار کوره- سود- اتوکلاو، تیمار کلرید سدیم- کوره- اسید هیدروکلریک، تیمار اسید هیدروکلریک- اتوکلاو، تیمار اسید سولفوریک- اتوکلاو و تیمار کلرید کلسیم- کوره استفاده شد. امکان‌سنجی استفاده از این ماسه‌سنگ به‌عنوان کود پتاسی با کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ گرم پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی در کیلوگرم خاک گلدان و کشت گیاهان گندم و کلزا انجام شد.

یافته‌ها: تجزیه ماسه‌سنگ گلاکونیتی با آنالیزور فلورسانس اشعه ایکس مشخص کرد که این ماسه سنگ بیش از ۲/۲۴ درصد اکسید پتاسیم همراه با منیزیم، فسفر، روی و دیگر عناصر ضروری دارد و پس از مخلوط شدن با آب، در طی شش روز تنها ۰/۱۳ درصد پتاسیم خود را آزاد می‌کند. بررسی میزان آزادسازی پتاسیم با استفاده از تیمارهای مختلف نشان داد که بیش‌ترین میزان آزادسازی پتاسیم در دو روش کلرید سدیم- کوره- اسید هیدروکلریک و اسید سولفوریک- اتوکلاو بود که با این روش‌ها ماسه‌سنگ در حدود ۷ درصد پتاسیم خود را آزاد کرد. نتایج استفاده از پودر گلاکونیت در خاک دو گیاه گندم و کلزا نشان داد که در گیاه گندم، بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک بخش هوایی در تیمار ۷۵ گرم گلاکونیت دیده شد و افزایش میزان گلاکونیت تا حد ۱۵۰ گرم در گلدان سبب کاهش وزن

* مسئول مکاتبه: ah_ab99@yahoo.com

تر و خشک کل گیاهان شد. در گیاه کلزا، وزن تر بخش هوایی، ریشه، کل در تیمار ۱۵۰ گرم گلاکونیت بیش تر از تیمار شاهد بود.

نتیجه گیری: با توجه به نتایج حاصل از این بررسی مشخص شد که گلاکونیت توانایی آزادسازی پتاسیم را داشته و می تواند اثرات ناشی از کمبود پتاسیم را در هر دو گیاه گندم و کلزا جبران نماید. برای تأیید نتایج و میزان استفاده در مزرعه آزمایش های بیش تری مورد نیاز است.

واژه های کلیدی: استخراج اسیدی و حرارتی، کلزا، کود پتاسیم، گلاکونیت مراوه، گندم

مقدمه

پتاسیم یکی از عناصر ضروری و پرمصرف و نیز فراوان ترین کاتیون سلول بوده که نقش مهمی در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی ایفا می کند (۳ و ۱۷). پتاسیم از لحاظ مقدار سومین عنصر غذایی ضروری در گیاه است و مقدار آن در گیاه حدود ۱-۵ درصد است. معمولاً مقدار برداشت پتاسیم از خاک با برداشت گیاهان زراعی بین ۵۰ تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار است (۳۲). پتاسیم در فعال سازی بسیاری از آنزیم ها از جمله آنزیم های دخیل در سنتز نشاسته، RuBP کربوکسیلاز و ATPase، سنتز پروتئین، باز و بسته شدن روزنه، فتوسنتز و انتقال در آوند آبکش نقش اساسی بازی می کند (۵ و ۱۸). به علاوه، نقش پتاسیم در تخفیف تنش و به طور خاص در تنش خشکی، شوری و آلودگی عوامل بیماری زا مطرح است (۲ و ۶). علائم اختصاصی کمبود پتاسیم شامل کاهش رشد، زردی و خشکیدگی حاشیه برگ ها مسن می باشد (۱۲ و ۱۸).

میزان پتاسیم در خاک معمولاً بیش از ۲ درصد وزنی است، اما آن مقدار از پتاسیم که به صورت قابل تبادل یا در دسترس گیاه است، ناچیز می باشد. از نقطه نظر قابلیت استفاده توسط گیاه، پتاسیم خاک به چهار گروه شامل پتاسیم ساختاری در کانی ها، پتاسیم غیرتبادلی، پتاسیم قابل تبادل و پتاسیم محلول تقسیم

می شود. در بین شکل های مختلف پتاسیم حدود ۹۰ تا ۹۹ درصد پتاسیم خاک درون کانی ها به ویژه میکاها، فلدسپات ها و محصولات به دست آمده از هوازدگی آن ها واقع شده است (۱۲). پژوهش های متعدد نشان داده است که پتاسیم غیرتبادلی و ساختمانی با رهاسازی پتاسیم ساختمانی از درون کانی ها هم زمان با تخلیه پتاسیم محلول، نقش مهمی در برآوردن نمودن نیاز گیاهان به پتاسیم ایفا می کند (۳۱). میر و جونگ (۱۹۹۳) در چغندر قند و گندم و سیمارد و زیرکا (۱۹۹۴) در گندم نشان دادند که پتاسیم غیرتبادلی نقش مهمی در تأمین نیاز پتاسیمی گیاهان ایفا می کند (۲۰ و ۲۹). رهاسازی پتاسیم از کانی ها تحت تأثیر ریشه گیاه به وسیله دو فرآیند انحلال ساختار بلور و یا تبادل پتاسیم بین لایه ای با کاتیون آب پوشیده انجام می شود (۱۲ و ۳۱). یافتن کود پتاسی مناسب به جای کودهای شیمیایی وارداتی برای کشور ما اهمیت زیادی دارد. تاکنون کانی های پتاسیم دار به عنوان کود پتاسی در ایران کم تر مورد توجه واقع شده است. رهاسازی پتاسیم از کانی های موسکویت، فلوگوپیت، بیوتیت، ایلیت و ورمیکولیت در کشت جو (۳۴) و فلوگوپیت در کشت سه گونه جو، یونجه و فستوک بلند (۱۴) گزارش شده است. ماسه سنگ گلاکونیتی و شیل های گلاکونیتی می تواند به عنوان یکی از گزینه های جایگزین کودهای پتاسی مطرح باشد. این نوع

گندم به‌عنوان مهم‌ترین محصول زراعی و ماده غذایی کشور، به‌طور متوسط ۶/۴۱ میلیون هکتار از اراضی کشور را به خود اختصاص داده و بالغ بر ۱۰/۵ میلیون تن تولید دارد و ۶۴/۷۷ درصد کشت آبی و بقیه کشت دیم است. سطح زیر کشت گندم در جهان نیز از همه غلات بیش‌تر است. (۳۵). کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که در شرایط آب و هوایی مناطق مختلف کشور ما قابلیت کشت و گسترش دارد (۱۱). افزایش اخیر در کشت و کار کلزا عمدتاً به‌منظور تولید روغن خوراکی بوده است. کلزا با ۴۵-۴۰ درصد روغن، گیاه روغنی مناسبی در تناوب با غلات محسوب می‌شود (۷).

با توجه به افزایش روزافزون اهمیت کودها جهت بهره‌وری بیش‌تر در کشاورزی و هزینه تولید و حمل و نقل زیاد و عوارض مخرب زیست‌محیطی استفاده زیاد از برخی کودهای شیمیایی، پژوهش در مورد منابع جدید کود در دنیا اهمیت زیادی دارد. با توجه به گسترش زیاد سازند اتامیر در منطقه کپه‌داغ و حضور ماسه‌سنگ و شیل گلاکونیتی در این سازند و نیز نیاز بالای کودهای شیمیایی در گیاهان زراعی و استراتژیک گندم و کلزا، این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از سنگ‌های گلاکونیتی به‌عنوان کود پتاسی در گیاهان زراعی گندم و کلزا صورت گرفت. بنابراین، پس از شناسایی و تهیه منابع گلاکونیت میزان آزادسازی پتاسیم از این ماسه‌سنگ با تیمارهای مختلف بررسی شد. هر یک از این تیمارها برای استخراج پتاسیم از کانی‌های مختلف در دنیا به گرفته شده و برخی از آن‌ها به‌صورت صنعتی برای استخراج کود استفاده می‌شوند. به‌علاوه، گیاهان گندم و کلزا کشت‌شده در خاک تحت تیمارهای ماسه‌سنگ گلاکونیتی قرار گرفته و اثرات آن در رشد گیاهان بررسی شد.

ماسه‌سنگ و شیل در شمال‌شرقی استان گلستان و در محدوده شهر مراوه‌تپه در سازند اتامیر و با سن کرتاسه و به فرم کاملاً مشخص در یک نوار ۷۰ کیلومتری از محدوده خالده‌نپی تا قازانقایه در مرز استان خراسان شمالی امتداد دارد. ماسه‌سنگ گلاکونیتی و شیل‌های گلاکونیتی علاوه بر پتاس می‌تواند عناصر کم‌مصرف مانند آهن، روی را نیز به خاک اضافه نماید (۱۳). گلاکونیت یک سیلیکات آب‌دار آهن و پتاسیم و از کانی‌های گروه میکا و دی‌اکتاهدرا ل می‌باشد. ماسه‌سنگ گلاکونیتی در طبقه‌بندی سنگ‌های رسوبی جزء ماسه‌سنگ‌های سبز و ماسه‌سنگ‌های هیبرید قرار می‌گیرد (۲۷). شیل‌های گلاکونیتی معمولاً همراه با ماسه‌سنگ‌های گلاکونیتی هستند و به رنگ سبز بوده و با ساخت لایه‌ای و لامیناسیون ظریف و با تورقی که به موازات لایه‌بندی است، شناخته می‌شوند. این سنگ‌ها در آنتورب بلژیک، آمریکای شمالی، اکس و کنت انگلستان، لیبورگ و اشتروورک هلند، لهستان و ساراتو و لوپا تنسکی روسیه، چانگی ازبکستان، اوکراین، قزاقستان و شمال استرالیا و هند گزارش شده است (۱۵). اثر ماسه‌سنگ گلاکونیتی به‌عنوان کود پتاسی در گیاه زیتون بررسی شد و مشخص شد که گلاکونیت توان آزادسازی پتاسیم را دارد و می‌تواند به‌عنوان کود پتاسیم استفاده شود (۱۳). از گلاکونیت به‌عنوان کود پتاسی در مزارع برنج در هند استفاده شده است (۴). کاربرد این ماسه‌سنگ به‌عنوان کود پتاسیم در مزارع ارزن در هند باعث افزایش میزان پتاسیم و در نتیجه محصول بهتر و بیش‌تر شد (۲۰ و ۲۱). در روسیه نیز از این ماسه‌سنگ به‌عنوان ماده خام در تولید کود پتاسیم استفاده می‌شود (۱۶). استفاده از ماسه‌سنگ‌های گلاکونیتی سازند سالامانکا در جنوب آرژانتین (۱۰) و سازند جدید در غرب مصر به‌عنوان کود پتاسه نیز توصیه شده است (۹).

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری، آماده‌سازی و اندازه‌گیری‌های مربوط به ماسه‌سنگ گلاکونیتی: ماسه‌سنگ گلاکونیتی در شمال شرقی استان گلستان در سازند اتامیر به سن کرتاسه در یک نوار ۷۰ کیلومتری از محدوده خالدنبی تا قازانقایه امتداد دارد. رودخانه اترک مقطع مورد مطالعه را به دو بخش شمال‌شرقی و جنوب‌غربی تقسیم کرده است. این مقطع در مسیر جاده داشلی‌برون به مراوه‌تپه و حدوداً در ۲۰ کیلومتری غرب مراوه‌تپه و ۲ کیلومتری شرق روستای سوزش در مجاورت جاده اصلی قرار دارد. شیل و ماسه‌سنگ گلاکونیتی در حوالی روستای سوزش در بخش مراوه‌تپه استان گلستان جمع‌آوری و به آزمایشگاه زمین‌شناسی انتقال داده شد. گلاکونیت در ماسه‌سنگ‌ها به صورت دانه‌های سبز رنگ در بین دانه‌های کوارتز، فلدسپات و سایر کانی‌ها قرار گرفته است. بررسی میکروسکوپی مقاطع نشان داد که در این سنگ‌ها گلاکونیت به صورت دانه‌های سبز رنگ در بین دانه‌های کوارتز، فلدسپات، میکا و کانی‌های سنگین قرار گرفته است. درصد اکسیدهای اصلی و فرعی در قرص‌های تهیه شده از پودر این سنگ‌ها با روش فلورسانس اشعه ایکس (XRF) اندازه‌گیری شد (Philips PW 1480). سپس شیل و ماسه‌سنگ به وسیله دستگاه سنگ‌شکن زمین‌شناسی و پتک خرد شده و ذرات آن را از الک ۲۰ مش (قطر کوچک‌تر از ۱۰۰۰ میکرون) و ۱۲۰ مش (قطر کوچک‌تر از ۱۲۵ میکرون) عبور داده شد و ذرات عبوری از الک‌ها برای آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

بررسی آزادسازی پتاسیم از پودر ماسه‌سنگ و شیل گلاکونیتی: به منظور یافتن بهترین روش برای آزادسازی حداکثر پتاسیم دو گرم از پودر شیل یا ماسه‌سنگ گلاکونیتی عبور داده شده از مش ۱۲۰ به شرح ذیل تیمار داده شد.

۱- تیمار کربنات کلسیم- اتوکلاو: دو گرم پودر با دو گرم کربنات کلسیم مخلوط شد. سپس به آن ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید و به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شد. پس از آن نمونه سرد و صاف شده و میزان پتاسیم آن با دستگاه فلیم‌فوتومتر خوانده شد (۲۸). ۲- تیمار کوره- سود- اتوکلاو: دو گرم پودر به مدت دو ساعت در کوره در ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس ۲۰ میلی‌لیتر محلول سود (۲/۵ نرمال) به آن اضافه کرده و به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو گردید. بعد از آن نمونه سرد و صاف شده و میزان پتاسیم آن اندازه‌گیری شد (۲۹). ۳- تیمار کلرید سدیم- کوره- اسید هیدروکلریک: دو گرم پودر شیل با دو گرم کلرید سدیم مخلوط کرده و به مدت یک ساعت در کوره در دمای ۶۰۰ درجه قرار داده شد. سپس نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در معرض اسید هیدروکلریک (۲/۵ نرمال) قرار گرفت و میزان پتاسیم سنجیده شد (۳۲). ۴- تیمار اسید هیدروکلریک- اتوکلاو: دو گرم پودر در ۲۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک (۲/۵ نرمال) حل کرده و به مدت یک ساعت در اتوکلاو قرار داده شد. بعد از آن نمونه سرد و صاف شده و میزان پتاسیم سنجیده شد (۱). ۵- تیمار اسید سولفوریک- اتوکلاو: دو گرم پودر در ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک (۷ نرمال) مخلوط کرده و به مدت یک ساعت در اتوکلاو قرار داده شد. بعد از آن نمونه سرد و صاف شده و میزان پتاسیم سنجیده شد (۲۱). ۶- تیمار کلرید کلسیم- کوره: دو گرم پودر با دو گرم کلرید کلسیم مخلوط شده و در بوته چینی قرار گرفت. بوته‌های چینی به مدت ۱ ساعت در کوره درجه حرارت ۶۰۰ درجه قرار داده شد. پس از بیرون آوردن بوته‌ها از کوره، نمونه‌ها را در آب مقطر داغ (۱۰۰ درجه) حل کرده و به مدت ۵ دقیقه با شیکر هم

زده شد. در نهایت پس از صاف کردن با کاغذ صافی میزان پتاسیم نمونه‌ها سنجیده شد (۱۹). تعداد تکرارها ۳ عدد در هر تیمار بود.

آزادسازی پتاسیم از پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی با تیمارهای متوالی اسید: برای این‌که میزان آزادسازی پتاسیم در اسید مشخص شود، یک گرم از پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی عبوری از الک‌های دارای مش ۲۰ و ۱۲۰، در ۱۵ میلی‌لیتر اسیدهای قوی شامل هیدروکلریک اسید (۲/۵ نرمال) و سولفوریک اسید (۵ نرمال) و نیز آب مقطر (به‌عنوان شاهد) قرار داده شد. نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت با شیکر هم زده شد و پس از این مدت زمان سانتریفیوژ شده و محلول رویی برای تجزیه پتاسیم نگه‌داری شد. به رسوب باقی‌مانده دوباره اسید و یا آب مقطر اضافه گردید. این کار به مدت ۶ روز متوالی انجام شد. پتاسیم آزاد

شده در اسید یا آب مقطر با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر JENWAY مدل PFP7 اندازه‌گیری گردید. آزمایش شامل ۶ تکرار بود.

کشت گیاهان گندم و کلزا در خاک: این آزمایش‌ها در اتاقک کشت در اواخر خردادماه انجام شد. به این منظور بذرهای گندم رقم ۸۰۱۹ N و کلزا رقم هایولا ۴۰۱، از مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان بهشهر تهیه و برای کشت مورد استفاده قرار گرفت. خاک مورد نیاز از مزرعه واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه شد. اطلاعات مربوط به آنالیز خاک مورد استفاده نشان داد که میزان پتاسیم قابل‌جذب آن (استخراج شده با استات آمونیوم) در حدود ۲۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد استفاده.

Table 1. Some physical and chemical characteristics of the studied soil.

نوع بافت Soil texture خاک	ماسه (درصد) Sand (%)	لای (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	pH	EC (dS.m ⁻¹)	K (mg Kg ⁻³)
لوم رس سیلتی Silty clay loam	16.71	51.64	31.65	7.6	0.6	277.71

بذرهای گندم و کلزا پس از ضدعفونی شدن در گلدان‌های پلاستیکی ۱/۵ لیتری حاوی خاک مزرعه کاشته شد. طرح آزمایش کاملاً تصادفی و با ۵ تکرار (گلدان) برای هر تیمار بود. تیمارها شامل شاهد (خاک مزرعه بدون تیمار)، ۷۵ گرم پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی و ۱۵۰ گرم پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی در هر گلدان با ۳ کیلوگرم خاک بود. گیاهان پس از ۳۰ روز تیماردهی برداشت شدند. بعد از برداشت گیاهان ریشه‌ها با آب مقطر شسته شده و سپس آب سطحی ریشه‌ها با دستمال کاغذی گرفته شد. بعد از

آن ریشه‌ها از بخش هوایی جدا و وزن هر کدام جداگانه اندازه‌گیری شد. گیاهان در آون خشک شده و وزن خشک ریشه و بخش هوایی به‌طور جداگانه محاسبه شد.

به‌منظور آنالیز و تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Excel و SAS استفاده شد. در ضمن برای بررسی معنی‌دار بودن اختلاف میانگین داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس و آزمون Duncan استفاده گردید.

نتایج و بحث

ترکیب ماسه‌سنگ گلاکونیت‌دار: گلاکونیت در ماسه‌سنگ‌ها به صورت دانه‌های سبزرنگ در بین دانه‌های کوارتز، فلدسپات و سایر کانی‌ها قرار گرفته است. جدول ۲ میزان اکسیدهای مهم موجود در هفت نمونه ماسه‌سنگ گلاکونیتی برداشت شده از منطقه مراوه‌تپه را نشان می‌دهد. سیلیس بیش‌ترین اکسید این ماسه‌سنگ است و پس از آن اکسیدهای کلسیم و آلومینیوم با میزان ۱۰ درصد وزنی فراوان‌ترین اکسیدهای اصلی ماسه‌سنگ گلاکونیت‌دار هستند. این ماسه‌سنگ به‌طور متوسط ۲/۰۷ درصد اکسید پتاسیم دارد که می‌تواند به‌تدریج در خاک آزاد شود و مورد استفاده گیاهان قرار گیرد. به‌علاوه، این ماسه‌سنگ در

حدود ۱۰ درصد اکسید آلومینیوم و بیش از ۳ درصد اکسید آهن منیزیم، فسفر و سایر عناصر ریز خوراک نیز دارد. مقدار پتاسیم این ماسه‌سنگ گلاکونیتی نسبت به ماسه‌سنگ ماده‌پرادش هند که در حدود ۵/۴ درصد اکسید پتاسیم دارد، کم‌تر است. همچنین ماسه‌سنگ ماده‌پرادش هند اکسید آهن و آلومینیوم کم‌تری دارد (۲۶ و ۳۶). همچنین ذخایر گلاکونیت جدید مصر از ۶/۷۵ تا ۷/۳۰ درصد وزنی اکسید پتاسیم دارند، به‌علاوه میزان اکسید آلومینیوم آن کمی کم‌تر (در حدود ۶ درصد) و میزان آهن آن بسیار بیش‌تر (در حدود ۲۲ درصد) از نمونه‌های مراوه‌تپه است (۹).

جدول ۲- درصد اکسیدهای اصلی در نمونه‌های ماسه‌سنگ گلاکونیت‌دار گرفته شده از حوالی روستای سوزش واقع در منطقه مراوه‌تپه براساس تجزیه با آنالیزور فلورسانس اشعه ایکس.

Table 2. Major element analyses (Oxides percentage) of glauconitic sandstone samples procured from Maraveh, Iran as analyzed by X-ray fluorescence analyzer.

Sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅
1	19.57	3.33	1.72	40.35	0.51	0.93	0.84	0.067	0.243
2	75.65	9.38	3.20	2.83	1.92	1.32	1.43	0.019	0.097
3	71.85	10.87	3.01	3.35	1.70	1.16	2.49	0.021	0.375
4	67.12	10.02	2.80	7.35	1.85	0.93	2.51	0.045	0.146
5	68.19	9.77	3.65	5.74	1.77	1.20	2.69	0.032	0.667
6	73.57	10.48	2.71	3.33	1.89	0.93	2.74	0.027	0.434
7	68.64	9.80	3.36	6.12	1.24	0.97	1.82	0.182	0.146
8	71.83	9.96	3.47	4.40	1.50	0.96	2.02	0.056	0.117
میانگین Means	64.55	9.20	2.99	9.18	1.55	1.05	2.07	0.06	0.28

کیلوگرم وزن خشک سنگ بود، بنابراین می‌توان گفت که ماسه‌سنگ با مخلوط کردن در آب تنها در حدود ۰/۱۳ درصد پتاسیم خود را آزاد کرده است.

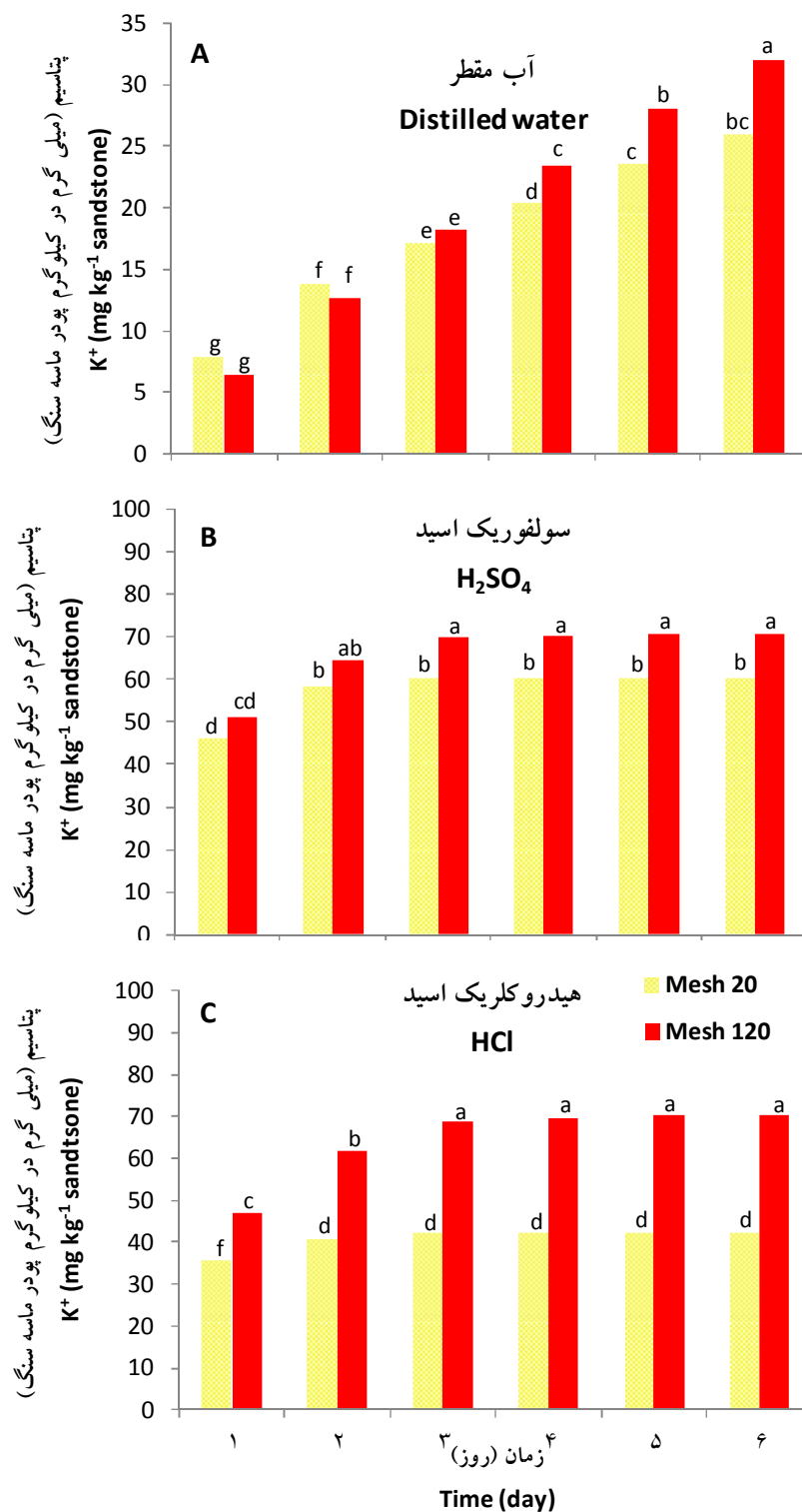
مقایسه میزان آزادسازی پتاسیم از پودر ماسه‌سنگ تعلیق‌شده با دو مش دارای اندازه‌های ۲۰ و ۱۲۰ مشخص ساخت که پتاسیم آزادشده در اسید هیدروکلریک از پودر مش ۱۲۰ بیش‌تر از مش ۲۰ بود. در اسید سولفوریک در دو روز اول تفاوتی در پتاسیم آزادشده از پودر ماسه‌سنگ تعلیق‌شده مشاهده نشد، ولی از روز سوم پتاسیم آزاد شده در این اسید نیز در پودر مش ۱۲۰ بیش‌تر از مش ۲۰ بود (شکل ۱). جمع پتاسیم آزادشده در هر یک از دو اسید مش ۱۲۰، در حدود ۷۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک سنگ بود، بنابراین ماسه‌سنگ با عصاره‌گیری آن با اسید سولفوریک و یا اسید هیدرو کلریدریک در حدود ۰/۳۲ درصد پتاسیم خود را آزاد کرده است. اسیدها و به‌طور خاص اسیدهای قوی، می‌توانند به راحتی به ساختار گلاکونیت حمله کرده و با جایگزینی H^+ به‌جای K^+ در لایه‌های سطحی گلاکونیتی باعث آزادسازی پتاسیم در محلول اسیدی شود (۳۱). می‌توان گفت که اگر ماسه‌سنگ گلاکونیت‌دار در معرض اسیدهای غلیظ قرار گرفته و املاح آن آزاد شود و سپس اسیدیته محلول خنثی گردد و پس از آن در اختیار گیاه قرار گیرد، کاربرد آن به مراتب سودمندتر می‌شود. اما این عمل ممکن است از نظر تجاری سودمند نباشد. نتایج نشان داد که میزان آزادسازی پتاسیم در اسیدهای قوی، با کاهش اندازه ذرات و در نتیجه افزایش بیش‌تر سطح در واحد وزن می‌شود، زیرا برخورد بین سطوح و استخراج‌کننده‌ها افزایش یافته و پتاسیم بیش‌تری آزاد می‌شود که سازگار با نتایج آزمایش‌های راوو و راوو (۱۹۹۹) می‌باشد (۲۶).

میزان آزادسازی پتاسیم از پودر ماسه‌سنگ گلاکونیت‌دار در طول زمان: مقایسه میزان آزادسازی پتاسیم از پودر ماسه‌سنگ گلاکونیت‌دار مخلوط شده در آب مقطر، اسید هیدروکلریک و اسید سولفوریک در طول زمان به‌صورت تجمعی در شکل ۱ نشان داده شده است. بررسی میزان آزادسازی پتاسیم در اسیدهای قوی هیدروکلریک و سولفوریک نشان داد که میزان آزادسازی در هر دو اسید در روز اول بیش‌تر از آب مقطر بود، ولی در طول زمان به‌شدت کاهش یافته و از روز چهارم به مقدار ناچیزی رسید، در حالی‌که در آب مقطر روند آزادسازی پتاسیم به‌صورت تدریجی تا روز ششم ادامه یافت. مجموع میزان آزادسازی پتاسیم در طول شش روز در هر دو اسید استفاده شده بسیار بیش‌تر از آب مقطر بود. به‌صورت مشابهی، راو و راو (۱۹۹۹) گزارش نمودند که آزادسازی پتاسیم از گلاکونیت به‌ترتیب با عصاره‌گیری پودر آن با آب، اسیدهای آلی، محلول‌های نمکی و اسید نیتریک جوشان زیاد می‌شود. مخلوط کردن پودر ماسه‌سنگ در آب، باعث آزادسازی پتاسیم شده و می‌تواند پتاسیم را از بخش‌هایی از سطوح گلاکونیت که به آسانی قابل تبادل و حل شدن در آب هستند رها کند. آزادسازی پتاسیم بیش‌تر با استفاده از اسیدهای قوی به‌دلیل انحلال کانی گلاکونیت است (۲۶).

میزان آزادسازی پتاسیم در آب مقطر در روز اول با مش ۲۰ و ۱۲۰ تفاوت معنی‌داری نداشت، اما مجموع پتاسیم آزاد شده در طی شش روز با آب مقطر در مش ۱۲۰ بیش‌تر از مش ۲۰ بود. زیرا با کوچک‌تر شدن اندازه ذرات بخش‌های قابل تبادل و قابل انحلال در آب بیش‌تری فراهم می‌شود (۲۶) و (۳۱). بنابراین، کوچک‌تر شدن اندازه ذرات سبب شد که در ابتدا پتاسیم بیش‌تری در آب آزاد شود. جمع پتاسیم آزادشده در مش ۱۲۰، ۳۲ میلی‌گرم در

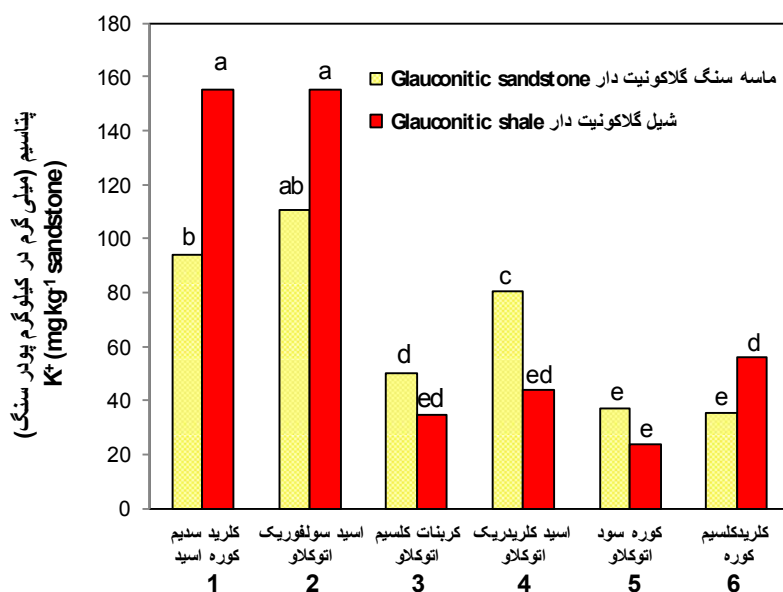
قرار گرفته است و برای آزادسازی آن، نیاز به انرژی می‌باشد و این انرژی می‌تواند با حرارت بالا و یا ولتاژ بالا تأمین شود (۲۲). بنابراین در هر دو آزمایش اسید و حرارت در کوره و اتوکلاو می‌تواند پتاسیم موجود در گلاکونیت را آزاد نماید. در این دو روش در حدود ۱۶۰ میکروگرم در گرم گلاکونیت آزاد شد، بنابراین می‌توان گفت که ماسه‌سنگ با این تیمارها در حدود ۷ درصد پتاسیم خود را آزاد کرد. به صورت مشابهی راو و راو (۱۹۹۹) گزارش نمودند که استخراج گلاکونیت با اسید نیتریک جوشان ۷ تا ۹ درصد پتاسیم آن را آزاد می‌نماید (۲۶). اشرف و همکاران (۲۰۰۳) گزارش نمودند که نهشته‌های گلاکونیتی شمال افریقا که دارای ۵ تا ۱۲ درصد اکسید پتاسیم هستند با تیمار درجه حرارت ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، اسید کلریدریک ۲۰ درصد و پودر با اندازه ۰/۷۵ میکرومتر در طی ۹۰ دقیقه شستشو بخش زیادی از پتاسیم خود را آزاد می‌کنند. اولورا سانتوز و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که سنگ وردت برزیل که دارای گلاکونیت و فلدسپار است و ۴/۲ تا ۷/۵ درصد پتاسیم دارد با تیمارهای اسیدهای مختلف و درجه حرارت بخش زیادی از پتاسیم خود را آزاد می‌کند. این نتایج آشکار می‌سازد که با تیمارهای فوق‌الذکر می‌توان درصد بالایی از پتاسیم گلاکونیت را آزاد کرد. به نظر می‌رسد که استخراج تجاری پتاسیم از گلاکونیت در صورتی که میزان اکسید پتاسیم در حدود ۵ درصد و یا بالاتر باشد مقرون به صرفه است، چنان که در مناطق دیگر دنیا انجام می‌شود (۱۵، ۲۶ و ۲۷).

میزان آزادسازی پتاسیم با تیمارهای مختلف: در این آزمایش میزان آزادسازی پتاسیم از پودر ماسه‌سنگ و شیل گلاکونیتی با تیمارهای مختلف شامل کربنات کلسیم- اتوکلاو، کوره- سود- اتوکلاو، کلرید سدیم- کوره- اسید هیدروکلریک، اسید هیدروکلریک- اتوکلاو، اسید سولفوریک- اتوکلاو، کلرید کلسیم- کوره سنجش شد (شکل ۲). این روش‌ها در مناطق مختلف جهان برای استخراج پتاسیم از کانی‌های پتاسی مانند گلاکونیت به‌کار می‌روند و برخی از آن‌ها تجاری شده‌اند (۱، ۱۹، ۲۱، ۲۸، ۲۹ و ۳۲). مخلوط نمودن پودر گلاکونیت با نمک‌هایی مانند کربنات کلسیم، کلرید کلسیم، کلرید سدیم و حرارت دادن آن‌ها در کوره سبب افزایش پتاسیم محلول می‌شود (۲۳ و ۲۴). بیش‌ترین میزان آزادسازی پتاسیم در دو روش کلرید سدیم- کوره- اسید هیدروکلریک و اسید سولفوریک- اتوکلاو بود. در روش کلرید سدیم- کوره- اسید هیدروکلریک و کلرید کلسیم- کوره میزان آزادسازی پتاسیم از شیل گلاکونیتی بیش‌تر از ماسه‌سنگ گلانیتی بود. اولورا سانتوز و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمود که در کلسیم‌دهی پودر سنگ وردت پتاسیم محلول در نسبت کلرید کلسیم به پودر سنگ ۱/۷ و درجه حرارت ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر می‌رسد (۲۳). برعکس در روش اسید هیدروکلریک- اتوکلاو آزادسازی پتاسیم از ماسه‌سنگ گلاکونیتی بیش‌تر از شیل گلاکونیتی بود. در سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری در میزان آزادسازی پتاسیم بین ماسه‌سنگ گلاکونیتی و شیل گلاکونیتی مشاهده نشد. پتاسیم در گلاکونیت به‌صورت شبکه‌ای در بین عناصر آلومینیوم و سیلیسیوم به‌صورت محکم



شکل ۱- میزان آزادسازی تجمعی پتاسیم از پودر ماسه سنگ گلاکونیت دار در طول شش روز. A- با آب مقطر B- با اسید سولفوریک و C- اسید هیدروکلریک. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Figure 1. Release of accumulative K⁺ from the glauconitic sandstone for 6 days extracted with A- distilled water B- sulfuric acid (1 M) and C- hydrochloric acid. Columns labeled with different letters indicate significant differences between treatments according to the Duncan test (P<0.05).



شکل ۲- میزان آزادسازی پتاسیم با تیمارهای مختلف مواد شیمیایی، حرارت در کوره و اتوکلاو و اسیدهای متفاوت. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

Figure 2. Release of K⁺ from the glauconitic sandstone by different treatments. Columns labeled with different letters indicate significant differences between treatments according to the Duncan test (P < 0.05). 1- NaCl- Furnace- HCl, 2- H₂SO₄- Autoclave, 3- CaCO₃- Autoclave, 4- HCl- Autoclave, 5- Furnace -NaOH- Autoclave, 6- CaCl₂- Autoclave.

معنی‌دار بود. مقایسه تیمارهای گلاکونیت (جدول ۴)، نشان داد که افزودن ۷۵ گرم گلاکونیت به محیط کشت خاک میزان وزن تر بخش هوایی و کل را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد (فاقد گلاکونیت)، افزایش داد. دو برابر کردن گلاکونیت میزان به ۱۵۰ گرم، وزن تر و خشک بخش هوایی، ریشه و کل را در مقایسه با تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش داد.

اثر پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی در گیاه گندم و کلزا کشت شده در خاک: برای مشخص ساختن اثرات گلاکونیت در محیط طبیعی رشد گیاهان، دو گیاه گندم و کلزا در خاک مزرعه بدون گلاکونیت و با ۷۵ و ۱۵۰ گرم پودر ماسه‌سنگ گلاکونیتی رشد داده شد.

مطابق جدول آنالیز واریانس (جدول ۳)، اثر تیمارهای گلاکونیت به‌جز وزن خشک ریشه، بر وزن تر و خشک بخش هوایی، ریشه و کل گیاه کلزا

جدول ۳- آنالیز واریانس برخی از صفات رشد تحت تأثیر تیمارهای پودر ماسه سنگ گلاکونیتی در گیاه کلزا.

Table 3. Analysis of variance of some growth characters on canola plants as affected by glauconitic sandstone.

وزن خشک Dry weight			وزن تر Fresh weight			درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variations
کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
0.006*	0.0005ns	0.004*	1.19**	0.001*	1.13**	2	گلاکونیت Glauconit
0.0007	0.005	0.0006	0.151	0.0003	0.147	25	خطا Error
						27	کل total

*, *^{ns} و *^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی داری.

** , * and ^{ns} indicated significant at 1%, 5% level of probability and no significant, respectively.

جدول ۴- تأثیر تیمارهای پودر ماسه سنگ گلاکونیتی در وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در کلزا.

Table 4. The effects of glauconitic sandstone powder on fresh and dry weight of canola.

وزن خشک Dry weight (g)			وزن تر Fresh weight (g)			تیمارها Treatments
کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	
0.07 ^b	0.01 ^b	0.06 ^b	0.75 ^b	0.05 ^b	0.70 ^b	شاهد Control
0.09 ^b	0.01 ^b	0.08 ^b	1.25 ^a	0.05 ^b	1.20 ^a	75 (g)
0.13 ^a	0.02 ^a	0.11 ^a	1.46 ^a	0.07 ^a	1.39 ^a	150 (g)

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Columns labeled with different letters indicate significant differences between treatments according to the Duncan test ($P < 0.05$).

افزودن ۱۵۰ گرم گلاکونیت، وزن تر خشک کل گیاه گندم را به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. هر چند، مقایسه تیمار ۷۵ و ۱۵۰ گرم گلاکونیت نشان داد که وزن تر و خشک بخش هوایی و کل گیاه گندم، در تیمار ۱۵۰ گرم به صورت معنی داری کمتر از تیمار ۷۵ گرم بود.

مطابق جدول آنالیز واریانس (جدول ۵)، اثر تیمارهای گلاکونیت بر وزن تر و خشک بخش هوایی، ریشه و کل گیاه گندم معنی دار بود. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که افزودن ۷۵ گرم گلاکونیت به محیط کشت خاک میزان وزن تر و خشک بخش هوایی و کل گیاه گندم را به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. همچنین

جدول ۵- آنالیز واریانس برخی از صفات رشد تحت تأثیر تیمارهای پودر ماسه سنگ گلاکونیتی در گیاه گندم.

Table 5. Analysis of variance of some growth characters on wheat plants as affected by glauconitic sandstone.

وزن خشک Dry weight			وزن تر Fresh weight			درجه آزادی DF	منابع تغییرات Source of variations
کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot		
0.011**	0.001**	0.004**	0.328**	0.041**	0.161**	2	گلاکونیت Glauconit
0.0004	0.0001	0.0001	0.013	0.001	0.009	25	خطا Error
						27	کل total

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و عدم معنی داری.

**، * and ^{ns} indicated significant at 1%, 5% level of probability and no significant, respectively.

جدول ۶- تأثیر تیمارهای پودر ماسه سنگ گلاکونیتی در وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی در گندم.

Table 6. The effects of glauconitic sandstone powder on fresh and dry weight of wheat.

وزن خشک Dry weight (g)			وزن تر Fresh weight (g)			تیمارها Treatments
کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	کل Total	ریشه Root	بخش هوایی Shoot	
0.06 ^c	0.02 ^b	0.04 ^c	0.62 ^c	0.13 ^b	0.49 ^b	شاهد Control
0.13 ^a	0.04 ^a	0.09 ^a	1.00 ^a	0.26 ^a	0.79 ^a	75 (g)
0.09 ^b	0.03 ^b	0.06 ^b	0.77 ^b	0.23 ^a	0.54 ^b	150 (g)

ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با هم ندارند.

Columns labeled with different letters indicate significant differences between treatments according to the Duncan test ($P < 0.05$).

گلاکونیت مراوه تپه با آزادسازی پتاسیم رشد قلمه‌های زیتون را در محیط کشت هیدروپونیک تحریک می‌کند (۱۳). رحیم‌زاده و همکاران (۱۹۹۳) نیز گزارش کردند که شیل گلاکونیتی توانایی آزادسازی پتاسیم را در حضور باکتری‌های حل‌کننده سیلیکات در محیط ریشه کلزا دارد (۲۵). کاسترو تورن (۲۰۰۴) گزارش نمودند که ماسه سنگ گلاکونیتی آرژانتین با ۴ تا ۶ درصد اکسید پتاسیم به صورت مستقیم به عنوان کود پتاسی استفاده شده است (۸). اولورا سانتوز و

این نتایج نشان داد که در گندم تیمار ۷۵ گرم گلاکونیت و در کلزا تیمارهای ۷۵ و ۱۵۰ گرم گلاکونیت سبب افزایش رشد گیاهان نسبت به تیمار شاهد شد. به نظر می‌رسد که گلاکونیت با آزادسازی پتاسیم باعث افزایش صفات رشد در گیاهان شده است. پژوهشگران مختلف گزارش نموده‌اند که پتاسیم از ماسه سنگ گلاکونیتی و سایر کانی‌های پتاسه آزاد شده و سبب افزایش رشد گیاهان مختلف شده است. کریمی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که

پتاسیم خود را آزاد کرد، این میزان با اضافه کردن آن به اسید سولفوریک و یا اسید هیدرو کلریدریک به حدود ۰/۳۲ درصد رسید.

۲- بیشترین میزان آزادسازی پتاسیم با استفاده از دو روش کلرید سدیم- کوره- اسید هیدروکلریک و اسید سولفوریک- اتوکلاو بود که در حدود ۱۶۰ میکروگرم به ازای هر گرم گلاکونیت پتاسیم آزاد شد، بنابراین می توان گفت که ماسه سنگ با این تیمارها در حدود ۷ درصد پتاسیم خود را آزاد کرد.

۳- گلاکونیت در خاک توانایی آزادسازی پتاسیم را داشته و می تواند نیاز پتاسیم را در هر دو گیاه گندم و کلزا برطرف نماید. البته میزان پتاسیم ماسه سنگ گلاکونیتی منطقه مراوه تپه پایین است، ولی می تواند به تدریج در خاک آزاد شود.

۴- با توجه به هزینه زیادی که صرف واردات کودهای پتاسیم می گردد، استفاده از پودر ماسه سنگ گلاکونیتی به عنوان کود پتاسی به ویژه قابل توصیه است. هر چند که برای برآورده کردن نیاز گیاه به تنهایی به پودر سنگ زیادی احتیاج است که به نظر اقتصادی نیست. برای تأیید نتایج و میزان استفاده در مزرعه، آزمایش های بیش تری لازم است.

همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که استفاده مستقیم از پودر سنگ وردت در ذرت به عنوان کود پتاسیم اثر مطلوبی نداشته و در طی ۴۵ روز تنها ۶ درصد از پتاسیم به کار برده شده توسط ذرت جذب می شود. هر چند که استفاده از آن میزان پتاسیم خاک را پس از ۶۰ روز زیاد می کند (۲۳). خیامیم و خادمی (۲۰۱۰) با مقایسه مقدار پتاسیم اندام هوایی گیاهان جو، یونجه و فستوک بلند گزارش نمودند که این گیاهان به ترتیب ۵۰، ۴۱ و ۲۸ درصد از پتاسیم موجود در کانی فلوگوپیت را در شرایط تغذیه ای بدون پتاسیم تخلیه نموده اند (۱۴). به نظر می رسد پودر ماسه سنگ گلاکونیتی ممکن است به عنوان کود پتاسی می تواند مستقیماً در خاک استفاده شود، هر چند که آزادسازی آن تدریجی بوده و برای تامین نیاز گیاه به پودر سنگ زیادی دارد که ممکن است اقتصادی نباشد. نیاز به زمان کافی دارد. شواهد بیش تری برای تأیید نتایج لازم است

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی مشخص شد که:

۱- ماسه سنگ گلاکونیتی خرد شده با مخلوط کردن در آب در طی شش روز تنها در حدود ۰/۱۳ درصد

منابع

1. Amer, A.M., and Sediek, K.N. 2003. Compositional and technological characteristics of selected glaucony deposits of North Africa. *Physicochemical Prob. Miner. Process.* 37: 159-168.
2. Amtmann, A., Troufflard, S., and Armengaud, P. 2008. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiol. Plant.* 133: 682-691.
3. Basak, B., and Biswas, D. 2009. Influence of potassium solubilizing microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) and waste mica on potassium uptake dynamics by Sudan grass (*Sorghum vulgare Pers.*) grown under two Alfisols. *Plant Soil.* 317: 235-255.
4. Bidhan, C.H. 2001. Techno market survey on technologies. For Agricultural Application of Glauconite. A potash mineral, Tifac Publication, New Delhi.
5. Bruulsema, T., Jackson, J., Rajcan, I., and Vyn, T. 2000. Functional food components: A role for potassium. *Better Crops.* 2: 1-7.
6. Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 68: 521-530.

7. Carmody, O. 2001. Why grow canola in the central grain belt. Bulliten 4492, Agricultural Western Australia, South Perth, Australia.
8. Castro, L., and Tourn, S. 2003. Direct application of phosphate rocks and glauconite as alternative sources of fertilizer in Argentina. *Explor. Mining Geol.* 12: 71-78.
9. El-Habaak, G., Askalany, M., Faraghaly, M., and Abdel-Hakeem, M. 2016. The economic potential of El-Gedida glauconite deposits, El-Bahariya. *J. Afric. Earth Sci.* 120: 186-197.
10. Franzosi, C., Castro, L.N., and Celeda, A.M. 2014. Technical evaluation of glauconies as alternative potassium fertilizer from the Salamanca formation, Patagonia, Southwest Argentina. *Nat. Resour. Res.* 23: 311-320.
11. Harper, F. 1999. Principles of arable crop production. Blackwell Science Ltd, Pp: 109-111.
12. Hinsinger, P. 2002. Potassium. P 1035-1039, In: R. Lal (Eds.), *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
13. Karimi, E., Abdolzadeh, A., Sadeghipour, H.R., and Amini, A. 2011. The potential of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer for olive Plants. *Arch. Agron. Soil Sci.* 58: 9. 1-11.
14. Khayamim, F., and Khademi, H. 2010. The ability of three plant species to take up potassium from phlogopite. *J. Plant Prod.* 17: 4. 91-109.
15. Leofond, S. 1993. Industrial mineral and rock, American Institute of mining, metallurgical and petroleum engineers, Inc, vol 2, 5th edition, 1446p.
16. Levchenko, E., Ptyk-Kara, N., and Levchenko, M. 2008. Glauconite deposits of Russia: Perspectives of development. P 6-14, In: Abstracts. International Geological Congress, Oslo, August 2008. <http://www.cprm.gov.br/33IGC/1259>.
17. Malakouti, M.J., and Homae, M. 1995. Soil fertility in arid regions. Tarbiat Modarres University Press, 580p.
18. Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third Edition. Academic Press is an imprint of Elsevier, 643p.
19. Mazumder, A.K., and Sharma, T., and Rao, T.C. 1995. Extraction of Potassium from Glauconite Sandstone by Roast-Leach Method: *Int. J. Min. Process.* 38: 111-123.
20. Meyer, D., and Jung, A. 1993. Plant availability of non-exchangable potassium, a new approach. *Plant Soil.* 149: 235-243.
21. Moxham, A.J. 1929. Treating 266 greensands to produce sulphates: US Patent 1737263.
22. Nemeth, K. 1979. The availability of nutrients in the soil as determined by electroultrafiltration (EUF). *Adv. Agron.* 31: 155-188.
23. Oliveira Santo, W., Marcio Mattiello, E., Vergutz, L., and Fagundes Costa, R. 2016. Production and evaluation of potassium fertilizers from silicate rock. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 000: 1-10.
24. Oliveira Santo, W., Marcio Mattiello, E., Almeida Pacheco, A., Vergutz, L., da Silva Souza-Filho, L.F., and Abdala D.B. 2017. Thermal treatment of a potassium-rich metamorphic rock in formation of soluble K forms. *Int. J. Miner. Process.* 159: 16-21.
25. Rahimzadeh1, N., Olamaei, M., Khormali, F., Dordipour, E., and Amini, A. 2013. The effect of silicate dissolving bacteria on potassium release from glauconite in Canola (*Brassica napus*) rhizosphere. *J. Soil Manage. Sust. Prod.* 3: 2. 169-186.
26. Rao, C.S., and Rao, A.S. 1999. Characterization of indigenous glauconitic sandstone for its potassium-supplying potential by chemical, biological and electroultrafiltration methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 7. 1105-1117.
27. Rawlley, R.K. 1994. Mineralogical investigations on Indian glauconitic sandstone of Madhya Pradesh state. *Appl. Clay Sci.* 8: 449-465.
28. Shreve, N.R. 1921. Action of Lime on Greensand: *Jour. Ind. Eng. Chem.* 13: 693-695.
29. Simard, R., and Zizka, J. 1994. Evaluating plant available potassium with strontium chloride. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25: 1779-1789.
30. Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. P 201-276, In: R.D. Munson (Eds.), *Potassium in agriculture*. American Society of Agronomy, Madison, WI.

31. Stahlbergh, S. 1959. Studies on the release of bases from minerals and soils. I. The release of potassium from potassium feldspar and mica in contact with synthetic ion exchangers. *Acta. Agric. Scand.* 9: 361-369.
32. Tschirner, F. 1918. Manufacture of potassium compounds from glauconite and like minerals: Patents GB 117870 (A).
33. Walker, D.J., Leigh, R.A., and Miller, A.J. 1996. Potassium homeostasis in vacuolate plant cells. *Proc Natl Acad Sci USA.* 93: 10510-10514.
34. Wentworth, S.A., and Rossi, N. 1972. Release of potassium from layer silicates by plant growth and by NaTPB extraction. *Soil Sci.* 113: 410-416.
35. Wiersema, J.H., and León, B. 2013. *World Economic Plants: A Standard Reference*, Second Edition. CRC Press, Pp: 556-559.
36. Yadav, V.P., Sharma, T., and Saxena, V.K. 2000. Dissolution kinetics of potassium from glauconitic sandstone in acid lixiviant. *Int. J. Miner. Process.* 60: 5-36.



Evaluation of K⁺ release and potential use of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer on wheat (*Triticum aestivum* L.) and canola (*Brassica napus* L.)

M. Habibi¹, *A. Abdolzadeh², A. Amini³ and H.R. Sadeghipour⁴

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Biology, Golestan University, ²Professor, Dept. of Biology, Golestan University, ³Assistant Prof., Dept. of Geology, Golestan University,

⁴Associate Prof., Dept. of Biology, Golestan University

Received: 05/01/2016; Accepted: 04/04/2017

Abstract

Background and Objectives: Potassium is the fourth most abundant element in the earth's crust that plays important roles in enzymes activity, protein synthesis and photosynthesis. Glauconite is a hydro- silicate of iron and potassium. Most of the fertilizers including potassium are imported in our country and finding domestic sources for potassium fertilizers is very important. Glauconite is a micaceous mineral containing K, Fe and Mg, as well as Al and Si. In classification of sedimentary stones, the glauconitic sandstone is classified in green sandstone. The aim of this study was evaluation of K⁺ release and the potential use of glauconitic sandstone powder as a potassium fertilizer for wheat and canola plants.

Materials and Methods: The glauconitic sandstone was collected from around Sozesh village in Maraveh, Golestan Province, Iran. The sandstones were finely ground and passed through a sieve of mesh number 20 and 120. The amount of potassium released from these powders (mesh 20 and 120) were cumulatively identified in distilled water, HCl and H₂SO₄ during 6 days. In addition, in order to find the best method for maximum potassium release, different treatments including calcium carbonate- autoclave, furnace- NaOH- autoclave, NaCl- furnace- HCl, HCl- autoclave, H₂SO₄- autoclave and CaCl₂- furnace were utilized. The potential use of this sandstone as a potassium fertilizer was assayed through cultivation of wheat and canola plants in soils treated with 75 and 150 g glauconitic sandstone powder per kg soil.

Results: XRay fluorescence analysis indicated that the glauconitic sandstone consisted of 2.24% potassium oxide along with magnesium, phosphorus, zinc and other essential elements, releasing only 0.13 percent of its potassium during 6 days in water. Study of the potassium release using several treatments indicated that the NaCl- furnace- HCl and H₂SO₄- autoclave treatments could release the highest amount of K⁺ from the stone that was about 7%. Soil application of glauconitic sandstone for wheat and canola indicated the highest fresh and dry weight of wheat were observed by application of 75 g glauconite per kg soil and use of higher amounts (150 g per kg soil) caused fresh and dry weight to be reduced. Roots and shoots fresh and dry weight were higher in canola plants supplied with 150 g glauconitic sandstone per kg soil, compared to control.

Conclusion: The results indicated that glauconitic sandstone have the ability to release potassium and may compensate potassium deficiency in soils for wheat and canola. Further field experiments are necessary for the results to be confirmed and determination of glauconitic sandstone use-rates.

Keywords: Acidic and thermal extraction, Canola, Maraveh glauconite, Potassium fertilizer, Wheat

* Corresponding Author; Email: ah_ab99@yahoo.com