مروری بر مزایای مصرف سنگ فسفات در اراضی شالیزاری

علیرضا فلاح*

دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*Email: Rezafayah@yahoo.com

چکیده

سنگ فسفات یک اصطلاح کلی است که شامل مجموعه‌ای از کانی‌های مختلف بوده که در آن غلظت و میزان کانی‌های فسفاته قابل توجه و زیاد است. سنگ فسفات ماده طبیعی است که حدود ۵ تا ۱۳ درصد فسفر دارد. سنگ فسفات‌ها در طبیعت عمدتا به دو شکل آذرین و رسوبی یافت می‌شوند. حدود ۲۰- ۱۰ درصد از سنگ فسفات‌ها را آذرین، ۸۰ تا ۹۰ درصد آن را رسوبی و فقط ۲ تا ۳ درصد منابع زیست‌زا تشکیل می‌دهند. سنگ فسفات در ایران در مناطق مختلف کشور از جمله یزد، کهکیلویه و بویراحمد و تهران یافت می‌شود. مهم‌ترین معدن آذرین سنگ فسفات در ایران معدن آسفوردی یزد می‌باشد که استخراج آن صنعتی شده است. منابع رسوبی زیادی نیز در کهکیلویه و بویراحمد وجود دارد که هنوز بهره‌برداری نگردیده است. ذخایر سنگ فسفات آسفوردی ۱۷ میلیون تن با عیار ۱۳/۵ درصد P_2O_5 و کهکیلویه و بویراحمد ۲۱۰ میلیون تن با عیار ۱۰/۵ درصد P_2O_5 می‌باشد. استفاده از سنگ فسفات در خشکه‌کاری و در خاک‌های آهکی اثرات چندان مثبتی نداشته ولی استفاده از آن در خاک‌های اسیدی و همچنین خاک‌های شالیزار اثرات سودمندی را به‌دنبال دارد. استفاده از سنگ فسفات در شالیزارها صرف‌نظر از واکنش‌پذیری و نوع آن، کارآیی بالایی دارد. لذا وجود یک سیستم حمایتی می‌تواند به استفاده از سنگ فسفات در اراضی شالیزاری کمک کرده و ضمن افزایش محصول از آلودگی آب و خاک جلوگیری و به تولید پایدار برنج کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: برنج، شالیزار، سنگ فسفات، کود، حلالیت

مقدمه

سنگ فسفات دارای کانی‌های فسفاتی عمدتاً از نوع آپاتیت بوده که می‌تواند به‌صورت تجاری استخراج شده و به‌طور مستقیم یا بعد از فرآوری جهت استفاده در صنایع یا کشاورزی به‌کار رود. گزارش‌های زیادی در زمینه بحران ذخایر فسفر در جهان وجود دارد (سیرز و همکاران، ۲۰۱۱؛ امیگ، ۱۹۷۲ و آبلسون، ۱۹۹۹)، به طوری‌که ممکن است فسفات تا پایان قرن ۲۱ تخلیه شود. وانوارن و همکاران (۲۰۱۰) پیشنهاد کردند که تقریباً نصف منابع قابل دسترس فسفر تا سال ۲۱۰۰ تخلیه خواهد شد.

تاثیر کاربرد مستقیم سنگ فسفات به‌عواملی مانند ترکیب مینرالوژی سنگ فسفات، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و گیاه کشت شده بستگی دارد. گزارشات زیادی در زمینه انحلال سنگ فسفات و کارآیی زراعی آن در گیاهانی مانند ذرت (وان لاو و همکاران، ۲۰۰۰)، کلزا (چین و همکاران، ۲۰۰۳)، ارزن (آکینریند و آبیگبسان، ۲۰۰۶) و برنج به روش خشکه‌کاری (آسوبنتنگ، ۱۹۹۷) وجود دارد. بسیاری از این مطالعات نشان داده است که کاربرد سنگ فسفات به‌علت حلالیت کم (چین و همکاران، ۲۰۰۳) و یا شرایط خاک (چین و همکاران، ۲۰۰۹) تاثیر قابل قبولی در گیاهان نداشته است. پسندیده و همکاران (۱۳۹۸) تاثیر سنگ فسفات را در مناطق با احتمال آلودگی به کودهای فسفاتی را به علت انحلال کم آن مثبت ارزیابی کردند.

تحقیقات زیادی در زمینه تاثیر سنگ فسفات در زراعت برنج در آسیا (داهایانک و همکاران، ۱۹۹۵؛ خلیل و همکاران، ۲۰۰۲؛ مهدی و داتا، ۱۹۹۷؛ سری ادینینگ و همکاران، ۲۰۰۲؛ وایت و همکاران، ۱۹۹۹؛ یاسدار و حنفی، ۲۰۰۱؛ وان لاو همکاران، ۲۰۰۰؛ سومادو و همکاران، ۲۰۰۳) و جنوب صحرای آفریقا (وان لاو همکاران، ۲۰۰۰؛ سومادو و همکاران، ۲۰۰۳) انجام شده است. این تحقیقات اثرات قابل قبولی را در این زمینه در کشت برنج نشان داده‌اند، به‌طوری‌که نتایج آن قابل مقایسه با اثرات کودهای فسفاته محلول در آب می‌باشد و لذا استفاده از سنگ فسفات در شالیزارها با کشت نشایی می‌تواند پتانسیل بالایی داشته باشد.

مسائل و مشکلات استفاده از سنگ فسفات‌های با درجه پایین

بیش از ۷۰ درصد خاک‌های ایران دارای مقدار فسفر کمتر از حد بحرانی هستند ولی مصرف سنگ فسفات به طور مستقیم در این خاک‌ها به جز خاک‌های اسیدی و شالیزارها، چندان سودبخش نیست. اگرچه بیش از ۷۰ درصد تولید جهانی سنگ فسفات در آفریقا می‌باشد، ولی در این کشورها مقادیر بسیار کمی از آن مصرف می‌شود که علت آن عدم وجود تکنولوژی قوی جهت استفاده از آن می‌باشد. این درحالی است که بیش از ۸۰ درصد خاک‌های آفریقا با کمبود فسفر مواجه هستند (موکونی و باتیونو، ۲۰۱۱).

کیفیت سنگ فسفات‌ها معمولاً برای استفاده مستقیم و تولید صنعتی پایین است (آپلتون، ۲۰۰۲). مقدار P_2O_5 در سنگ فسفات‌ها از ٤/٥ تا ۳۳ درصد متفاوت است که علت آن بیشتر به مینرالوژی آن (رسوبی یا آذرین)

برمی‌گردد. هم‌چنین برخی از سنگ فسفات‌ها به‌علت داشتن غلظت بالایی از ناخالص‌های آهن، آلومینیوم، سیلیس و کربنات‌ها ممکن است اقتصادی نبوده و فرآیند صنعتی آن به‌صرفه نبوده و برای ساخت کودهای فسفاته از کیفیت مطلوبی برخوردار نباشند. به‌علاوه برخی از آن‌ها به‌علت داشتن عناصری مانند اورانیم و کادمیم مناسب نبوده و سرطان‌زا هستند (آپلتون، ۲۰۰۲).

اکثر سنگ فسفات‌ها بدون فرآوری معمولاً غیرقابل استفاده هستند (ترونگ و همکاران، ۱۹۷۸)، زیرا انحلال آن‌ها بسیار پایین است. ترونگ و همکاران (۱۹۷۸) انواع مختلف سنگ فسفات را با هم مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که بیشتر سنگ فسفات‌ها به‌صورت مستقیم در خاک‌های آهکی قابل استفاده نیستند. سنگ فسفات‌های داخلی نیز به‌علت قابلیت انحلال کم و داشتن آهک زیاد و فسفر محلول بسیار اندک به‌ندرت در خاک‌های آهکی به‌طور مستقیم استفاده می‌شوند. ضمناً ماکونی و باتیونو (۱۹۹۱) گزارش کردند که فقط سنگ فسفات‌های واکنش‌پذیر متوسط برای استفاده مستقیم مناسب هستند.

افزایش حلالیت سنگ فسفات‌ها

روش‌های بیولوژیک

روش‌های مختلفی برای افزایش قابلیت دسترسی سنگ فسفات‌ها وجود دارد که از جمله آن‌ها می‌توان به روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی اشاره کرد (فائو، ۲۰۰٤) کمپوست‌سازی مانند یک تکنولوژی بیولوژیک، انحلال سنگ فسفات‌های با درجه انحلال کم (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۹) را از طریق درجه حرارت و تولید اسیدهای آلی در طی رشد میکروبی افزایش می‌دهد.

آزمایشات زیادی در زمینه استفاده از اسیدهای آلی ترشح شده توسط ریشه گیاهان مانند اسیدسیتریک (هافلند و همکاران، ۲۰۰٦؛ هافلند و همکاران، ۱۹۹۲) مالیک (هافلند و همکاران، ۱۹۹۲) و اگزالیک (یبو و همکاران، ۲۰۰٤) بر روی انحلال سنگ فسفات انجام شده است. این اسیدهای آلی یون‌های موجود در سنگ فسفات را کمپلکس کرده و به موازات آن pH ریزوسفر را کاهش و باعث انحلال سنگ فسفات می‌شوند (ویتراماتیلاک و همکاران، ۲۰۱۰). هم‌چنین برخی باکتری‌ها مانند گونه‌های باسیلوس، سودوموناس، اکتینومایست‌ها و قارچ‌های پنی‌سیلیوم و آسپرژیلوس (ریچارسون و همکاران، ۲۰۱۱) انحلال سنگ فسفات را در خاک افزایش می‌دهند. مواد آلی مانند زیست‌توده لگوم‌ها نیز می‌توانند باعث افزایش آزادسازی فسفر از سنگ فسفات شود (آدسانو و همکاران، ۲۰۱۲) که علت آن تولید اسیدهای آلی توسط مواد آلی یا میکروبی می‌باشد. هم‌چنین اضافه کردن گوگرد به سنگ فسفات به‌همراه تیوباسیلوس باعث تولید اسیدسولفوریک و افزایش انحلال سنگ فسفات در خاک‌های استرالیا شد (سوابی، ۱۹۷۵). این تولیدات تحت عنوان بیوسوپر در حال تولید تجاری می‌باشد (سوابی، ۱۹۷۵؛ راجان، ۱۹۸۱).

روش‌های فیزیکی و شیمیایی

روش‌های فیزیکی شامل پودر کردن سنگ فسفات و مخلوط کردن آن با کودهای فسفاته محلول می‌باشد (حبیب و همکاران، ۱۹۹۹). ریز کردن ذرات سنگ فسفات یکی از ساده‌ترین روش‌های استفادهٔ مستقیم و اندازه ذرات سنگ فسفات یکی از مهم‌ترین فاکتورها در انحلال آن است (کانابو و گیلکز، ۱۹۸۸).

متداول‌ترین روش شیمیایی جهت تبدیل سنگ فسفات به کودهای فسفاته محلول و واکنش‌پذیر استفاده از اسیدسولفوریک و اسید فسفریک می‌باشد. هم‌چنین اسیدی کردن جزئی سنگ فسفات نیز یک روشی برای تولید ترکیبی از فسفات‌های محلول در آب اسیدی و سنگ فسفات اسیدی نشده استفاده می‌شود. این روش یک روش کم هزینه است، زیرا به اسیدسولفوریک یا فسفریک کمی نسبت به اسیدی کردن کامل نیاز دارد و کارآیی کود را به خوبی افزایش می‌دهد (باتیونو و همکاران، ۱۹۸۵). اسیدی کردن جزئی برخلاف اسیدی کردن کامل می‌تواند برای تیمار کردن سنگ فسفات‌های با عیار پایین که ناخالص‌های سیلیسی، آلومینیوم و آهن دارند استفاده شود (چین، ۲۰۰۱).

طهرانی و همکاران (۱۳۹۳) و شهبازی و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر اسیدی کردن دو نوع سنگ فسفات داخلی با اسید فسفریک و مخلوطی از اسیدهای معدنی جهت افزایش اثربخشی آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که غلظت ٤٠ درصد اسید فسفریک و اسید معدنی مخلوط بیشترین تاثیر را بر افزایش مقدار فسفر محلول در آب نسبت به غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد اسید داشت، درصورتی‌که مقدار فسفر محلول در سیترات و فسفر غیرمحلول در سیترات نمونه‌هایی که با غلظت ۱۰ درصد اسید معدنی مخلوط تیمار شده بودند، نسبت به بقیه نمونه‌ها بیشتر بود.

داوودی و همکاران (۱۳۹۲) تاثیر اسیدی کردن سنگ فسفات با اسید سولفوریک را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که غلظت ۲۰ درصد اسید، فسفر محلول بیشتری نسبت به شاهد آزاد کرد.

سماوات و همکاران (۱۳۹۳) دستیابی به روشی برای تولید کود آلی فسفره از دو منبع سنگ فسفات داخلی و کود دامی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان فسفر کل در سنگ فسفات تغلیظ شده نسبت به سنگ فسفات خام ٤٥ درصد بیشتر است. با افزایش درصد کود دامی میزان فسفر محلول در آب، محلول و غیرمحلول در سیترات در سنگ فسفات تغلیظ شده تغییرات آماری معنی‌داری نشان داد. کود دامی سبب استخراج فسفر در سنگ فسفات تغلیظ شده به‌میزان ۵۰ درصد بیش از سنگ فسفات خام شد.

سماوات و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر کود مرغی بر سنگ فسفات را در شرایط آزمایشگاه مورد بررسی قراردادند. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان فسفر کل در سنگ فسفات تغلیظ شده نسبت به خام، ٤٨ درصد

بیشتر است. تأثیر تیمارهای آزمایش از قبیل میزان رطوبت، درصد اختلاط کود مرغی، نوع سنگ فسفات و زمان بر میزان فسفر محلول و نامحلول معنی‌دار بود.

همان‌طوری‌که در بالا اشاره شد، انحلال کم سنگ فسفات را می‌توان با روش‌های ذکر شده افزایش داد، امّا تمام تکنولوژی‌های انحلال سنگ فسفات‌ها نیاز به هزینه، انرژی و زمان دارند؛ لذا استفاده مستقیم از سنگ فسفات هزینه‌های اضافی زیادی را حذف می‌کند. اگر شرایط و روش موثر و مخصوص برای استفاده مستقیم از سنگ فسفات در کشاورزی پیدا شود استفاده از آن بسیار گسترده خواهد شد.

اثرات سنگ فسفات‌ها روی گیاهان

اثرات سنگ فسفات‌ها روی گیاهان مختلفی ارزیابی شده‌اند (وان لاو و همکاران، ۲۰۰۰؛ چین، ۲۰۰۳؛ آسوبنتنگ، ۱۹۹۷؛ آکینریند و آبیگ‌بسان، ۲۰۰۶). امّا نتایج بسیار متفاوت هستند، زیرا خصوصیات خاک، آب و هوا، نوع گیاه و خصوصیات شیمیایی سنگ فسفات بسیار متفاوت بوده است. برای مثال سنگ فسفات با منشأ نیجریه (اوگون و سکوتو) در کشت‌های ذرت، ارزن و روغن پالم در مقایسه با سوپرفسفات معمولی به‌صورت استفاده مستقیم مورد بررسی قرار گرفت (آکینریند و آبیگ بسان، ۲۰۰۶). نتیجه نشان داد که این سنگ فسفات در جاهایی‌که مقدار بارندگی بیشتر از ۱۲۰۰ میلی‌متر است می‌تواند استفاده شود در حالی‌که آن در مناطق بارندگی کم و نیمه خشک موثر نبود.

سنگ فسفات بورکینافاسو که یک سنگ فسفات با واکنش‌پذیری کم (باتیونو و موکونی، ۱۹۹۱) است، در گیاهان مختلف (بونیز، ۲۰۱۱) مانند ذرت، ارزن، سورگوم، کتان، بادام زمینی، سویا و برنج به‌صورت مستقیم ارزیابی شده است. مقدار کارایی زراعی آن در ذرت ۷۹ درصد، ارزن ۵۵ درصد و سورگوم ٦۳ درصد بود (بونیز، ۲۰۱۱). امّا استفاده مستقیم آن در کشت برنج کارایی زراعی برابر ۹٤ درصد را نشان داد (وینسنت، ۱۹۹۱).

تاثیر سنگ فسفات در کشت برنج

نتایج تاثیر استفاده مستقیم از سنگ فسفات در کشت برنج در جهان در جدول ۱ آورده شده است. استفاده مستقیم از سنگ فسفات در کشت برنج معمولاً تاثیر و کارآیی خوبی نشان داده است. نتایج نشان می‌دهد که سنگ فسفات، قابلیت استفاده به‌عنوان یک کود فسفاتی به‌جای کودهای شیمیایی فسفاتی را دارا است. اگرچه براساس طبقه‌بندی دیاموند برخی سنگ فسفات‌ها در گروه سنگ فسفات‌های با واکنش‌پذیری پایین طبقه‌بندی می‌شوند، ولی استفاده از این سنگ فسفات‌ها در شرایط شالیزاری برخلاف شرایط غیرغرقاب نشان داده است که معادل با سنگ فسفات‌های بسیار واکنش‌پذیر موثر بوده است. این‌ها نشان می‌دهد که استفاده از سنگ فسفات در کشت برنج فواید بیشتری نسبت به کشت‌های دیگردارد. نتایج دیگر توسط ناکامورا و همکاران (۲۰۱۳) که تاثیر

سنگ فسفات را در کشت برنج در مناطق جنگلی اکوتوریال و ساوانای غنا آزمایش کردند، تأیید کرد. استفاده از سنگ فسفات به مقدار ٦٧/٥ (سنگ فسفات کم)، ۱۳۵ (سنگ فسفات متوسط) و ۲۷۰ (سنگ فسفات زیاد) کیلوگرم P_2O_5 در هکتار عملکرد برنج را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. در این مطالعه عملکرد دانه برنج در تیمار صفر برابر ۲ تن در هکتار بود که برابر با متوسط عملکرد کشاورزان بود که بین ۰/۵ تا ۲/۱ تن در هکتار اعلام شد. هم‌چنین مکان‌هایی که در آنجا از سنگ فسفات بورکینافاسو استفاده شده بود، افزایش قابل‌توجه و معنی‌داری در عملکرد برنج مشاهده شده شد.

جدول ۱- مطالعات انجام شده در مورد استفاده از سنگ فسفات در کشت برنج

منبع	کشور	نوع سنگ فسفات	pH خاک	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	مقدار سنگ فسفات (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد برنج (تن در هکتار)	راندمان زراعی
فائو، ۲۰۰۴	بورکینافاسو	کوجاری	-	-	۸۹/۳	۲/۴	۹۷
سومادو و همکاران، ۲۰۰۳	ساحل عاج	تیلمسی	۴/۷	۴	۲۰۶	۳/۵	۷۸
داهایانک و همکاران، ۲۰۰۱	سریلانکا	ایپاوالا	۵/۵	-	۴۸	۵/۳	۱۱۷
سری ادینیگیش و همکاران، ۲۰۰۱	اندونزی	محلی	-	-	۳۰	۷	۱۰۵
سری ادینیگیش و همکاران، ۲۰۰۱	اندونزی	سیلولار	-	-	۶۷/۵	۳/۸	۱۰۳
سری ادینیگیش و همکاران، ۲۰۰۱	اندونزی	سیامیس	-	-	۶۷/۵	۳/۸	۱۰۳
یاسدار و همکاران، ۲۰۰۱	مالزی	کارولینای شمالی	-	-	۹۰	۶	۱۰۰
وایت و همکاران، ۱۹۹۹	کامبوج	محلی	۶/۳	۱	۲۰	۲/۳	۱۰۰
مدهی و داتا، ۱۹۹۷	فیلیپین	مراکشی	۵/۵	۱/۹	۳۶۶	۵/۴	۹۸
مدهی و داتا، ۱۹۹۷	فیلیپین	مراکشی	۵/۶	۱/	۱۸۳	۳/۶	۹۷
داتا و همکاران، ۱۹۹۲	اندونزی	مراکشی	۵	۱۴/۷	-	-	۹۹٪

تاثیر شرایط فیزیکوشیمیایی خاک شالیزار در انحلال سنگ فسفات

شرایط فیزیکوشیمیایی خاک در اراضی شالیزار بسیار یکنواخت‌تر از شرایط خاک‌های غیرشالیزاری است. به‌عنوان مثال شرایط اکسید و احیا، حرکت آب و تجمع موادآلی از این موارد است. بنابراین انحلال فسفر در خاک‌های شالیزار بیشتر است (کیرک و همکاران، ۱۹۹۸). غرقاب شدن خاک باعث می‌شود فسفات‌های آهن (سه ظرفیتی) و سطوح اکسیدهای آهن هیدراته احیا شده و فسفرقابل دسترس آزاد شود. امّا ممکن است فسفر آزاد شده به‌وسیله فاز جامد بی‌شکل جذب شود. این جذب و واجذب فسفر در خاک‌های شالیزار به‌طور قوی با کانی‌های آهن واکنش داده و منجر به پتانسیل اکسید و احیا در خاک می‌شود (آمری و اسمولدر، ۲۰۱۲؛ کیرک و همکاران، ۱۹۹۰).

مطالعات هوگنین الی و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که جذب فسفر در خاک‌های شالیزار سه برابر بیشتر از خاک‌های غیرشالیزار است. آن‌ها هم‌چنین نتیجه گرفتند که در اثر آزادشدن اکسیژن از ریشه برنج آهن (دو ظرفیتی) اکسید شده و منجر به اسیدی شده محیط می‌شود و لذا جذب کاتیون بیش از آنیون در خاک شالیزاری اتفاق می‌افتد در حالی‌که در خاک‌های مرطوب آنیون‌های آلی از ریشه ترشح می‌شود.

به‌علاوه دوو و کیرک (۱۹۹۷) جریان O_2 وH^+ از ریشه برنج را در شرایط خاک شنی با کمبود فسفر مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی، طول ریشه به وزن ریشه و آزادسازی O_2 ریشه به وزن ریشه افزایش یافت. به‌علاوه هافلند و همکاران (۲۰۰۶) افزایش ترشح سیترات را در شرایط کمبود فسفر مشاهده کردند. این نتایج نشان می‌دهد که گیاه برنج مکانیسم مخصوص جهت انحلال و جذب فسفر مخصوصاً در شرایط غرقابی دارد که شبیه جذب توسط گیاهان لگومینوز مانند نخودفرنگی است که قادرند ترشحات آلی تولید کنند. مطالعات نشان دادند که سنگ فسفات‌ها می‌توانند تاثیر خوبی در کشت برنج داشته باشند زیرا خاک شالیزارها یکنواخت است.

سیستم حمایتی سنگ فسفات و چشم انداز آیندهٔ آن

تصمیم اینکه کشاورزان از سنگ فسفات‌ها استفاده کنند یا از کودهای فسفاته محلول، برای آن‌ها بسیار سخت است، زیرا اطلاعات در زمینه کارآیی زراعی و اقتصادی سنگ فسفات بسیار کم است. برای حل این مشکل یک سیستم حمایتی سنگ فسفات توسط مرکز بین‌المللی کودها طراحی شده است. این سیستم یک مدل ریاضی است که از نتایج تحقیقات و اطلاعات دانشمندان مختلف در کشورهای متفاوت مشتق شده است (فائو، ۲۰۰٤؛ اسمال برگر و همکاران، ۲۰۰٦). این مدل برای پیش‌بینی کارایی زراعی سنگ فسفات نسبت به کودهای فسفاتی محلول طراحی شده است و یک شاخص ساده و قابل استفاده برای مقایسه اقتصادی اولیه برای این دو نوع منبع فسفر محاسبه می‌کند (اسمال برگر و همکاران، ۲۰۰٦).

این مدل تمام منابع فسفاتی که قابلیت انحلال متفاوتی دارند، گونه‌های گیاهی متفاوت که در شرایط خاک‌های با شرایط متفاوت، بارندگی‌های متفاوت، مدیریت‌های مختلفی را شامل می‌شود و آن‌ها را محاسبه می‌نماید (چین و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسمال برگر و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین مدل با کمترین ورودی مانند pH خاک، نام معدنی که سنگ فسفات از آن استخراج شده و هرگونه گیاهی برای تخمین کارایی زراعی تصادفی عمل می‌نماید. زمانی مدل می‌تواند کارایی زراعی دقیق‌تری را ارائه نماید که اطلاعات جزئی‌تری از خاک، گیاه و آب و هوا ارائه شود.

محققان نتایج مدل را در کشت برنج تحت شرایط خاکی، گیاهی و اقلیمی متفاوت در غنا را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که هم در ساوانا و هم در اکوتوریال، سنگ فسفات کارولینای شمالی دارای کارایی زراعی بالاتری از تمام سنگ فسفات‌های تولید شده در جنوب صحرای آفریقا داشت. به‌طوری‌که کارایی زراعی در سنگ فسفات‌های کارولینای شمالی و سنگ فسفات‌های صحاری آفریقا یعنی هاهوت و کوجاری به ترتیب ۵۳، ۲۳ و ۱۶ درصد بود. اگر استفاده کننده جزئیات بیشتری از داده‌های مزرعه‌ای را بتواند جمع‌آوری کند و تمام عوامل موثر در کارآیی آن را پیدا کند، در آن‌صورت پیش‌بینی این مدل بسیار قوی خواهد بود.

استفاده از سنگ فسفات تولید داخل در کشت برنج

فلاح و همکاران (۱۳۸۲) آزمایش گلخانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با گیاه برنج در خاکی با فسفر ۳/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم انجام دادند. تیمارها شامل ۷ نوع باکتری حل‌کنندهٔ فسفات (B_1 تا B_7)، شاهد بدون تلقیح (B_0)، یک سطح خاک فسفات (RP) به مقدار ۶۰ کیلوگرم فسفر در هکتار، دو سطح سوپرفسفات تریپل SP(۱۵) به مقدار ۱۵ کیلوگرم فسفر در هکتار و SP(۳۰) به مقدار ۳۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و بدون کود (F_0) بودند. نتایج نشان داد که استفاده از سنگ فسفات و سوپرفسفات تریپل باعث افزایش معنی‌دار عملکرد شلتوک نسبت به شاهد بدون کود گردید ولی هیچ تفاوت معنی‌داری بین سنگ فسفات و دو سطح سوپرفسفات وجود نداشت و این نشان‌دهنده این است که سنگ فسفات به اندازه سوپرفسفات در عملکرد شلتوک تاثیر داشت.

اوسیوند و همکاران (۱۳۸۶) آزمایشی با سنگ فسفات رسوبی در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای با گیاه برنج انجام دادند. تیمارهای مورد استفاده شامل کمپوست کاه برنج غنی نشده، کمپوست کاه برنج غنی شده با سنگ فسفات، سنگ فسفات به تنهایی، سوپرفسفات تریپل و شاهد بود. نمونه‌ها با خاک شالیزاری مخلوط و به مدت ۹۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در انکوباسیون قرار گرفتند و در فاصله زمانی‌های مختلف فسفر قابل‌جذب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که فسفر قابل‌جذب در تمامی تیمارها در طی ۹۰ روز روند افزایشی داشت و سنگ فسفات در طی ۹۰ روز بیشتر از خاک معمولی فسفر قابل‌جذب را افزایش داد. آزمایش گلخانه‌ای

با گیاه برنج با همان تیمارهای قبلی نشان داد که جذب فسفر توسط گیاه در تیمار سنگ فسفات تفاوت معنی‌داری با تیمار سوپرفسفات تریپل نداشت.

توصیه ترویجی

صرف‌نظر از واکنش‌پذیری و نوع سنگ فسفات، آن‌ها به‌علت کارآیی بالا در خاک‌های غرقاب می‌توانند به‌طور مستقیم در این خاک‌ها استفاده شوند، که علت آن به پتانسیل بالای اکسیداسیون و احیا در شرایط غرقاب برمی‌گردد. برای تعمیم این نتایج بایستی مطالعات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای بیشتری انجام شود. با توجه به اهمیت برنج در سبد غذایی مردم ایران و لزوم حفظ پایداری تولید برنج، بررسی‌های کاربردی و میدانی در مزارع کشاورزان با همکاری مروجان مدنظر می‌باشد.

منابع

اوسیوند، م. ۱۳۸٦. تاثیر مواد آلی بر قابلیت جذب فسفر از سنگ فسفات در رقم برنج هاشمی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان.

پسندیده، م. ۱۳۹۸. بررسی نقش فسفر کل خاک و شاخص زیست محیطی در تامین نیاز فسفاتی ذرت. پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.

داوودی، م.ح. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر اسیدی کردن جزئی دو نوع سنگ فسفات داخلی با اسید سولفوریک جهت افزایش اثربخشی نسبی. گزارش نهایی، شماره ۱۸۷۲. موسسه تحقیقات خاک و آب.

سماوات، س. ۱۳۹۳. دستیابی به روش تولید کود آلی فسفره با استفاده از دو نوع سنگ فسفات داخلی و کود دامی. گزارش نهایی، شماره ۱۹۰٤. موسسه تحقیقات خاک و آب.

سماوات، س. ۱۳۹۳. دستیابی به روش تولید کود آلی فسفره با استفاده از دو نوع سنگ فسفات داخلی و کود مرغی. گزارش نهایی، شماره ۱۹۰۵. موسسه تحقیقات خاک و آب.

شهبازی، ک. ۱۳۹٦. بررسی تأثیر اسیدی کردن جزئی دو نوع سنگ فسفات داخلی با اسید فسفریک جهت افزایش اثربخشی نسبی. گزارش نهایی، شماره ۱۸٤۲. موسسه تحقیقات خاک و آب.

طهرانی، م.م. ۱۳۹۳. بررسی تأثیر اسیدی کردن جزئی دو نوع سنگ فسفات داخلی با مخلوطی از اسیدهای معدنی جهت افزایش اثربخشی نسبی. گزارش نهایی، شماره ۱۹۲٦. موسسه تحقیقات خاک و آب.

فلاح نصرت‌آباد، ع.ر. ۱۳۸۲. بررسی پراکنش میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات در خاک‌های استان گیلان و مقایسه اثربخشی آن‌ها در عملکرد گندم و برنج. پایان‌نامه دکتری، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

Abelson, P. H. (1999) A potential phosphate crisis. Science, 283, 2015.

Adesanwo, O. O. et al. (2012) Effect of legume incorporation on solubilization of Ogun phosphate rock on slightly acidic soils in SW Nigeria. J. Plant. Nutr. Soil Sci., 175, 377-384.
Akinrinde, E.A. & Obigbesan, G. O. (2006) Benefits of Phosphate Rocks in Crop Production: Experience on Benchmark Tropical Soil Areas in Nigeria. J. Biol. Sci., 6, 999-1004.
Amery, F. & Smolders, E. (2012) Unlocking fixed soil phosphorus upon waterlogging can be promoted by increasing soil cation exchange capacity. Eur. J. Soil Sci
Appleton, J. D. (2002) Local phosphate resources for sustainable development in sub-Saharan Africa: British Geological Survey Report, CR/02/121/N. pp.134.
Asubonteng, K. O. (1997) Integrated nutrient management: Effect of rock phosphates and organic manure on upland rice in an acid soil. In CSIR-SRI Annual report, 25-30.
Bationo, A. et al. (1985) Agronomic evaluation of phosphate fertilizers in tropical Africa. Proceedings of a symposium on Management of nitrogen and phosphorus fertilizers in Sub-Saharan Africa, 25-28 March 1985, Lome, Togo.
Bationo, A. & Mokwunye, A. U. (1991) Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience in the Sahel. Fertil. Res. 29, 95-115.
Biswas, D.R. et al. (2009) Changes in nutrient status during preparation of enriched organomineral fertilizer using rice straw, low-grade rock phosphate, waste mica, and phosphate solubilizing microorganism. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 40, 2285-2307.
Bonzi, M. et al. (2011) Promoting Uses of Indigenous Phosphate Rock for Soil Fertility Recapitalisation in the Sahel: State of the Knowledge on the Review of the Rock Phosphates of Burkina Faso, In Innovations as Key to theGreen Revolution in Africa, DOI 10.1007/978-90-481-2543- 2_39, © Springer Science+Business Media B. V. 2011.
Chien, S.H. 2001. IFDC's evaluation of modified phosphate rock products. In Proceedings of international meeting on direct application of phosphate rock and related technology: latest developments and practical experiences. Kuala Lumpur, Malaysian Society of Soil Science, and Muscle Shoals, USA, IFDC.
Chien, S. H. et al. (2003) Evaluation of rape response to different sources of phosphate rock in an alkaline soil. Commun.Soil Sci. Plant Anal., 34, 1825-1835.
Chien, S. H. et al. (2009) Recent developments of fertilizer production and use to increase nutrient efficiency and minimize environmental impacts. Adv. Agron., 102, 267-322. 16. Chien, S. H. et al. (2010) Agronomic use of phosphate rock for direct application. Better Crops, 94, 21-23.
Dahanayake, K. et al. (1995) Potential of Eppawala apatites as a directly applied low-cost fertilizer for rice production in Sri Lanka. Fert. Res., 41, 145-150.
Emigh, G. D. (1972) World phosphate reserves - are there really enough. Eng. Min. J., 173, 90-95.
FAO (2004) Use of phosphate rocks for sustainable agriculture, FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin. 13, pp.148.
Habib, L. et al. (1999) Rape response to a Syrian phosphate rock and its mixture with triple superphosphate on a limed alkaline soil. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 30, 449-456.
Hoffland, E. et al. (1992) Biosynthesis and root exudation of citric and malic acids in phosphate-starved rape plants. NewPhytol., 122, 675-680
Hoffland, E. et al. (2006) Organic anion exudation by lowland rice (Oryza sativa L.) at zinc and phosphorus deficiency. Plant and Soil, 283, 155-162.
Huguenin-Elie, O. et al. (2003) Phosphorus uptake by rice from soil that is flooded, drained or flooded then drained. Eur. J. Soil Sci., 54, 77-90.