

علف‌های هرز مزارع برنج در کشت مستقیم با بستر خشک در استان گلستان

معصومه یونس آبادی^{۱*}، لیلا حبیبیان^۲ و فاطمه یونس آبادی^۳

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۲- کارشناس ارشد علف‌های هرز، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۳- کارشناس ارشد باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

*^۱Email: myounesabadi@yahoo.com

چکیده

در مطالعه علف‌های هرز محصول برنج به روش کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه‌کاری) در استان گلستان طی سال زراعی ۱۳۹۸، ۲۶ گونه علف‌هرز متعلق به ۱۴ خانواده گیاهی شناسایی گردید. براساس شاخص فراوانی نسبی، خانواده‌های سیپراسه، پواسه و مالواسه به‌ترتیب مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی در مزارع کشت برنج به روش خشکه‌کاری در استان گلستان بودند. در میان گونه‌های ظاهر شده در سطح استان، ۸۱ درصد علف‌های هرز یک‌ساله و ۱۹ درصد چندساله بودند. همچنین، ۶۹ درصد گونه‌های گزارش شده جزو پهن‌برگ‌ها، ۲۷ درصد در گروه باریک‌برگ‌ها و ۴ درصد در گروه جگن‌ها جای گرفتند. گاوپنبه، عروسک‌پشت‌پرده، خربزه‌وحشی، پیچک‌صحرایی و خرفه به‌ترتیب با فراوانی نسبی ۲۶/۲۵، ۱۸، ۱۵/۹۰، ۱۴/۶۹ و ۱۴/۶۶ مهم‌ترین علف‌های هرز از گروه پهن‌برگ‌ها، علف‌هرز چایر آبی با فراوانی نسبی ۱۲/۴۲ مهم‌ترین باریک‌برگ و گیاه چندساله اویارسلام ارغوانی با فراوانی نسبی ۶۶/۳۶ مهم‌ترین علف‌هرز از گروه جگن‌ها بودند. بر اساس نتایج این مطالعه، گیاهان هرز اویارسلام، کلزای خودرو، چایر آبی، درنه‌سرخه، پیچک‌صحرایی و گاوپنبه به ترتیب بیشترین میانگین تراکم را (۸/۸، ۲/۶، ۱/۹، ۱/۴، ۱/۴، ۱/۲) در سطح مزارع برنج مورد بررسی در استان داشتند. بیشترین درصد یکنواختی مربوط به علف‌های هرز اویارسلام، گاوپنبه، درنه‌سرخه، عروسک‌پشت‌پرده و خرفه بود. بیشترین درصد فرکانس در سطح مزارع برنج استان گلستان به روش کشت مستقیم نیز به علف‌های هرز اویارسلام، گاوپنبه، درنه‌سرخه، خربزه‌وحشی و عروسک‌پشت‌پرده تعلق داشت. علف‌های هرز اویارسلام، گاوپنبه، درنه‌سرخه و عروسک‌پشت‌پرده به‌ترتیب با فراوانی نسبی ۶۶/۳۶، ۲۶/۲۵، ۲۳/۴۴ و ۱۸ بیشترین شاخص درجه اهمیت نسبی را در مزارع برنج خشکه‌کاری استان داشتند.

واژه‌های کلیدی: خشکه‌کاری، فراوانی، فرکانس، میانگین تراکم

مقدمه

برنج یکی از محصولات مهم در استان گلستان محسوب می‌شود، به طوری که سالانه حدود ۶۰-۵۰ هزار هکتار و گاه‌هاً تا بیش از ۱۰۰ هزار از اراضی کشاورزی این استان به کشت برنج اختصاص داده می‌شود. از آنجایی که به به دلیل محدودیت منابع آبی، کشت برنج در این استان توصیه نمی‌شود، تاکنون تحقیق مصوب یا مطالعه جامعی در مورد شناسایی علف‌های هرز در این محصول صورت نگرفته است و تنها منابع در دسترس کارشناسان و کشاورزان این استان، یافته‌های محققان سایر استان‌ها از جمله استان‌های همجوار (گیلان و مازندران) بوده است. با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت استان گلستان از استان‌های مجاور، تفاوت در تنوع و ترکیب فلور علف‌های هرز آن‌ها نیز دور از انتظار نخواهد بود. با توجه به محدودیت منابع آب، لزوم استفاده از شیوه‌های نوین کاشت محصولات زراعی، امری لازم و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در سال‌های اخیر و نظر به تاکید بر مصرف بهینه آب در محصولات کشاورزی، روش کشت مستقیم برنج در بستر خشک به عنوان یکی از راه‌های غلبه بر کم آبی مدنظر قرار گرفته است. امروزه بسیاری از کشاورزان در استان‌های گلستان، مازندران و خوزستان به کشت مستقیم برنج اقدام می‌ورزند، لذا آگاهی از موانع تولید در این سیستم برای حصول نتیجه مطلوب ضروری است. یکی از موانع محدود کننده در توسعه کشت مستقیم برنج در بستر خشک افزایش تراکم علف‌های هرز می‌باشد. برخی از منابع درصد افت عملکرد برنج در مزارع بسیار آلوده را که به‌روشنایی کشت شده‌اند، تا بیش از ۹۰ درصد گزارش نموده‌اند (محمدشریفی، ۱۳۸۰)، ولی به دلیل رقابت بین علف‌هرز و برنج در مراحل اولیه رشد و عدم وجود آب پای بوته‌ها در بستر خشک، شناسایی و کنترل علف‌های هرز در کشت مستقیم در هر منطقه اهمیت فراوانی دارد. از ۱۸۰۰ گونه گیاهی که به‌عنوان علف‌هرز در مزارع برنج گزارش شده‌اند علف‌های هرز متعلق به خانواده پوآسه و سیپراسه از همه مهم‌تر هستند. از بین گونه‌های گیاهی که به شرایط خشکه‌کاری برنج سازگار شده‌اند می‌توان به *Echinochloa spp.*، *Ischaemum rugosum*، *Cyperus difformis* و *Fimbristylis miliacea* اشاره نمود (رائو و همکاران، ۲۰۰۷).

در کشت نشایی به دلیل شرایط غرقابی تعداد و تنوع علف‌های هرز کمتر از روش خشکه‌کاری است. واضح است که برخی گونه‌های باریک‌برگ و پهن‌برگ که با شرایط غرقاب سازگار نیستند، در خشکه‌کاری برنج ظاهر می‌شوند. تعداد بیشتر گونه‌های هرز در شرایط خشکه‌کاری برنج می‌تواند منجر به کاهش کارایی راهبردهای مدیریت علف‌های هرز شود. همچنین، از آنجایی که در کشت مستقیم برنج علف‌های هرز و گیاه زراعی به‌طور هم‌زمان سبز می‌شوند خسارت آن‌ها به محصول برنج بیشتر می‌شود. این مقدمه لزوم مبارزه با علف‌های هرز در کشت مستقیم برنج در بستر خشک را روشن می‌سازد. از آنجایی که اولین گام در مبارزه با علف‌های هرز،

شناسایی و تعیین درجه اهمیت آن‌هاست این تحقیق با هدف شناسایی علف‌های و تعیین غالبیت آن‌ها در کشت مستقیم برنج در بستر خشک در سطح استان گلستان انجام شد.

بررسی منابع

سینگ و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تعداد گونه‌های باریک‌برگ، پهن‌برگ و جگن در کشت، نشایی برنج در هند به ترتیب ۶، ۴ و ۴ گونه بود، درحالی‌که برای کشت برنج به‌روش مستقیم، تعداد گونه‌های باریک‌برگ به ۱۵ و تعداد گونه‌های پهن‌برگ به ۱۹ گونه افزایش یافت، درحالی‌که تعداد گونه‌های جگن تغییری نکرد. طبق نتایج لادها و ردی (۲۰۰۱) پیش‌شرط لازم برای موفقیت در کشت برنج به‌صورت خشکه‌کاری عبارت از تسطیح دقیق زمین، مدیریت دقیق منابع آبی، مدیریت علف‌های هرز و مدیریت مواد غذایی می‌باشد. یونس‌آبادی و همکاران (۱۳۸۷) در مطالعه علف‌های هرز مزارع برنج غرقابی در سطح استان گلستان ۱۸ گونه علف‌هرز متعلق به ۱۲ خانواده گیاهی را گزارش کردند. براساس این مطالعه، خانواده‌های *Lemnaceae*، *Poaceae* و *Cyperaceae* با فراوانی نسبی ۱۰۹/۳۲، ۷۲/۱۸ و ۵۵/۱۶ به‌ترتیب مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی در مزارع برنج در سطح استان گلستان بودند. از میان علف‌های هرز ظاهرشده در سطح استان گلستان ۶۷ درصد علف‌های هرز یک‌ساله و ۳۳ درصد علف‌های هرز چندساله بودند. ۵۰ درصد علف‌های هرز گزارش‌شده جزو پهن‌برگان بودند، ۲۷/۷ درصد در گروه باریک‌برگان، ۱۱/۱۱ درصد در گروه جگن‌ها و ۱۱/۱۱ درصد در گروه سرخس‌ها جای گرفتند. به‌طورکلی، علف‌های هرز *Echinochloa crus-*، *Cyperus difformis*، *Lemna sp.*، *Paspalum sp.*، *Azolla sp.*، *galli* به‌ترتیب بیشترین فراوانی نسبی را در سطح استان داشتند که سهم نسبی هر یک از آن‌ها از کل فراوانی نسبی، به‌ترتیب ۰/۳۶، ۰/۱۸، ۰/۱۵، ۰/۰۸ و ۰/۰۵ بود.

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین فلور و تعیین غالبیت علف‌های هرز در مزارع کشت مستقیم برنج در بستر خشک در استان گلستان، در سال ۱۳۹۸ شهرستان‌های گرگان، علی‌آباد، کردکوی و سرخنگلاته به‌عنوان جایگاه‌های تحقیقاتی انتخاب و در هر شهرستان به‌تناسب سطح زیر کشت که از اداره آمار و خدمات رایانه‌ای سازمان جهاد کشاورزی هر استان به‌دست آمد چندین مزرعه به‌عنوان نماینده مزارع شهرستان انتخاب شدند. پس از انتخاب مزارع با تخمین مساحت مزرعه، تعداد کادرهای مورد بررسی در هر مزرعه تعیین شد. جهت حذف اثرات حاشیه‌ای بسته به اندازه مزرعه ۱۰، ۲۰ تا ۴۰ قدم از یک گوشه مزرعه به موازات یکی از اضلاع حرکت و سپس با تشکیل یک زاویه ۹۰ درجه به همان میزان به طرف داخل رفته و اولین نقطه آماربرداری تعیین و کادر اندازه‌گیری بعدی طبق الگوی W انجام گردید. برای این کار از کادرهای ۰/۵×۰/۵ متر استفاده شد. جهت آماربرداری، علف‌های هرز ظاهرشده در کادرها با توجه به جنس و گونه جداگانه شمارش و شناسایی شدند. پس از اتمام

یادداشت‌برداری‌ها، شاخص‌های میانگین تراکم، میانگین تراکم نسبی، یکنواختی، یکنواختی نسبی، فرکانس و فرکانس نسبی برای هر علف‌هرز طبق فرمول (توماس و همکاران، ۱۹۹۱) محاسبه شد. از حاصل جمع تراکم نسبی، فرکانس نسبی و یکنواختی نسبی شاخصی به نام فراوانی نسبی علف‌های هرز به دست آمد که این شاخص ملاک تعیین درجه اهمیت نسبی علف‌های هرز در این بررسی در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

در مطالعه علف‌های هرز محصول برنج به روش کشت مستقیم (خشکه‌کاری) در استان گلستان طی سال زراعی ۱۳۹۸، ۲۶ گونه علف‌هرز متعلق به ۱۴ خانواده گیاهی شناسایی گردید. طبق نتایج به دست آمده، بیشترین تعداد گونه را خانواده گرامینه با ۷ گونه به خود اختصاص داده بود، اما تعداد گونه‌ها معیار مناسبی برای تعیین اهمیت خانواده‌های گیاهی نیست. خانواده Cyperaceae با یک گونه بیشترین فراوانی را در سطح استان داشت در حالی که خانواده Poaceae با ۷ گونه و خانواده‌های Amaranthaceae و Malvaceae و Euphorbiaceae و Convolvulaceae به ترتیب هر کدام با ۳، ۲، ۲ و ۲ گونه در رتبه‌های پائین‌تری از نظر فراوانی نسبی واقع شدند. براساس شاخص فراوانی نسبی، خانواده‌های Cyperaceae، Poaceae و Malvaceae به ترتیب مهم‌ترین خانواده‌های گیاهی در مزارع کشت برنج به روش خشکه‌کاری در استان گلستان بودند. در میان گونه‌های ظاهر شده در سطح استان ۸۱ درصد علف‌های هرز یک‌ساله ۱۹ درصد علف‌های هرز چندساله بودند. همچنین ۶۹ درصد گونه‌های ظاهر شده گزارش شده جزو پهن‌برگ‌ها، ۲۷ درصد در گروه باریک‌برگ‌ها و ۴ درصد در گروه جگن‌ها جای گرفتند. گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medic)، عروسک‌پشت‌پرده (*Physalis sp.*)، خربزه‌وحشی (*Cucumis melo* L. var. *agrestis*)، پیچک‌صحرايي (*Convolvulus arvensis* L.) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) به ترتیب مهم‌ترین علف‌های هرز از گروه پهن‌برگ‌ها، علف‌هرز چایر آبی (*Paspalum sp.*) با فراوانی نسبی ۱۲/۴۲ مهم‌ترین باریک‌برگ و گیاه چندساله اویارسلام (*Cyperus rotundus* L.) با فراوانی نسبی ۶۶/۳۶ مهم‌ترین علف‌هرز از گروه جگن‌ها بودند (جدول ۱). بر اساس نتایج این مطالعه، گیاهان هرز اویارسلام، کلزای خودرو (*Brassica napus*) چایر آبی، درنه‌سرخه (*Echinochloa colonum*)، پیچک‌صحرايي و گاوپنبه بیشترین میانگین تراکم را به ترتیب با ۸/۸، ۲/۶، ۱/۹، ۱/۴، ۱/۴، ۱/۲ درصد در سطح مزارع برنج مورد بررسی در استان داشتند.

بیشترین درصد یکنواختی مربوط به علف‌های هرز اویارسلام، گاوپنبه، درنه‌سرخه، عروسک‌پشت‌پرده و خرفه بود (جدول ۱). علف‌های هرز اویارسلام، گاوپنبه، درنه‌سرخه، خربزه‌وحشی و عروسک‌پشت‌پرده نیز دارای بیشترین درصد فرکانس (مزارع آلوده) در سطح مزارع برنج استان گلستان به روش کشت مستقیم بودند که به ترتیب ۶۶، ۵۷، ۴۶، ۴۰ و ۳۷ درصد از اراضی مورد بررسی به این علف‌های هرز آلوده بودند. به‌طورکلی، بر

اساس نتایج این بررسی علف‌های هرز او یارسلام، گاوپنبه، درنه‌سرخه و عروسک‌پشت‌پرده به ترتیب با بیشترین فراوانی نسبی یا شاخص درجه اهمیت نسبی مهم‌ترین علف‌های هرز کشت مستقیم برنج در استان گلستان بودند.

بر اساس نتایج این بررسی علف‌های هرز او یارسلام، پیچک‌صحرايي، درنه‌سرخه و خرفه به ترتیب مهم‌ترین علف‌های هرز در مزارع برنج به روش خشکه‌کاری در شهرستان گرگان بودند. این علف‌های هرز به ترتیب با میانگین تراکم $14/6$ ، $4/3$ ، 2 و $1/7$ بوته در مترمربع در مزارع برنج ظاهر شدند. در شهرستان علی‌آباد نیز گیاه خودرو کلزا و علف‌های هرز او یارسلام، درنه‌سرخه، گاوپنبه و عروسک‌پشت‌پرده به ترتیب مهم‌ترین گونه‌های هرز بودند. این گیاهان به ترتیب با میانگین تراکم $7/3$ ، $3/5$ ، $2/2$ ، $1/3$ و $0/8$ بوته در مترمربع در مزارع خشکه‌کاری برنج مشاهده شدند. مهم‌ترین علف‌های هرز در شهرستان کردکوی او یارسلام، نیلوفر وحشی (*Ipomea sp.*)، گل‌آردی و خربزه وحشی میانگین تراکم آن‌ها در مزارع کشت مستقیم برنج به ترتیب $13/5$ ، $3/3$ ، $2/6$ و $1/4$ بوته در مترمربع بود. در شهر سرخنکلاته نیز علف‌های هرز او یارسلام، گاوپنبه و چایر آبی (*Paspalum sp.*) دارای بیشترین فراوانی نسبی بودند و به ترتیب با تراکم $6/3$ ، $2/6$ و $8/4$ بوته در مترمربع در اراضی این شهر ظاهر شدند.

نتیجه گیری نهایی

به‌طور کلی بر اساس نتایج این بررسی علف‌های هرز او یارسلام، گاوپنبه، درنه‌سرخه و عروسک‌پشت‌پرده به ترتیب با بیشترین فراوانی نسبی یا شاخص درجه اهمیت نسبی مهم‌ترین علف‌های هرز کشت مستقیم برنج در استان گلستان بودند و مدیریت و مبارزه با آن‌ها با توجه به آخرین سموم تایید شده و موجود در بازار باید در اولویت قرار گیرد.

توصیه‌های ترویجی

- به کشاورزان عزیز هر شهرستان توصیه می‌گردد در انتخاب روش مبارزه و نوع علف‌کش مصرفی در مزارع خویش، نتایج این بررسی را مدنظر قرار داده و مبارزه با علف‌های هرز ذکر شده را در اولویت کار خود قرار دهند.
- در شهرستان گرگان مبارزه با علف‌های هرز او یارسلام، پیچک‌صحرايي، درنه‌سرخه و خرفه در اولویت قرار گیرد.
- در شهرستان علی‌آباد مبارزه با گیاه خودرو کلزا و علف‌های هرز او یارسلام، درنه‌سرخه، گاوپنبه و عروسک‌پشت‌پرده در اولویت قرار گیرد.

- در شهرستان کردکوی اویارسلام، نیلوفر وحشی (*Ipomea sp.*)، گل‌آردی و خربزه وحشی مهم‌ترین علف‌های هرز هستند.
 - در شهر سرخنگلاته نیز علف‌های هرز اویارسلام، گاوپنبه و چایر آبی (*Paspalum sp.*) به ترتیب باید در اولویت مبارزه قرار گیرند.
- دستورالعمل مبارزه با هر یک از این علف‌های هرز با سموم رایج در نشریه فنی دستورالعمل خشکه‌کاری برنج استان گلستان درج شده است که در تالار ترویج کشاورزی قابل دسترس است. در صورت نیاز به توضیحات بیشتر، موسسه تحقیقات برنج کشور آماده پاسخگویی به کارشناسان، مروجان و کشاورزان عزیز می‌باشد.

جدول ۱- علف‌های هرز مزارع برنج به روش کشت مستقیم در بستر خشک در استان گلستان طی سال زراعی ۱۳۹۸ به ترتیب فراوانی نسبی

نام علمی علف‌هرز	نام فارسی علف‌هرز	فراوانی نسبی	میانگین تراکم	درصد یکنواختی	درصد فرکانس
<i>Cyperus rotundus</i>	اویارسلام	۶۶/۳۶	۸/۸۰	۳۰/۶۰	۶۵/۷۱
<i>Abutilon theophrasti</i>	گاوپنبه	۲۶/۲۵	۱/۲۴	۱۷/۳۵	۱۴/۵۷
<i>Echinochloa colonum</i>	درنه‌سرخه	۲۳/۴۴	۱/۴۲	۱۵/۰۷	۴۵/۷۱
<i>Physalis sp.</i>	عروسک‌پشت‌پرده	۱۸	۰/۸۲	۱۲/۷۹	۳۷/۱۴
<i>Cucumis melo L. var. agrestis</i>	خربزه‌وحشی	۱۶	۰/۶۲	۹/۵۹	۴۰
<i>Convolvulus arvensis L.</i>	پیچک‌صحرايي	۱۴/۶۹	۱/۳۵	۹/۱۳	۲۰
<i>Portulaca oleracea L.</i>	خرفه	۱۴/۶۶	۰/۸	۱۰/۰۵	۲۸/۵۷
<i>Brassica napus</i>	کلزا	۱۲/۶۶	۲/۶۵	۲/۲۸	۲/۸۶
<i>Paspalum sp.</i>	چایر آبی	۱۲/۴۲	۱/۹۲	۴/۱۱	۱۱/۴۳
<i>Ipomea sp.</i>	نیلوفرپیچ	۱۱	۰/۷۷	۶/۸۵	۲۰
<i>Hibiscus trionum L.</i>	قوزک	۱۰/۲۸	۰/۳۱	۵/۹۴	۲۸/۵۷
<i>Sorghum halepense</i>	قیاق	۹/۸۴	۰/۶۲	۶/۸۵	۱۷/۱۴
<i>Amaranthus retroflexus L.</i>	تاج‌خروس‌وحشی	۸/۸۶	۰/۴۴	۵/۴۸	۲۰
<i>Chrozophora tinctoria L.</i>	گوش‌بره	۸/۲۲	۰/۲۷	۴/۵۷	۲۲/۸۶
<i>Eclipta prostrata L.</i>	گل‌آردی	۸/۰۷	۰/۵۱	۴/۵۷	۱۴/۱۷

<i>Amaranthus blitoides</i> S.	تاج خروس خوابیده	۸/۸۶	۰/۳۵	۸/۰۲	۱۴/۱۷
<i>Amaranthus viridis</i> L.	تاج خروس سبز	۷/۳۳	۰/۴	۵/۰۲	۱۴/۲۹
<i>Echinochloa crus-galli</i>	سوروف (کلدمبه)	۷/۲۳	۰/۴۶	۶/۴۰	۸/۵۷
<i>Chenopodium album</i>	سلمک	۴	۰/۱۱	۲/۲۸	۱۱/۴۳
<i>Sonchus</i> sp.	سنخوس	۲/۹۹	۰/۱۳	۱/۳۷	۸/۵۷
<i>Alhagi camelorum</i>	خارشتر	۲/۶۲	۰/۱۸	۲/۲۸	۲/۸۶
<i>Tribulus terrestris</i> L.	خارخسک	۲/۳۲	۰/۱۱	۲/۲۸	۲/۸۶
<i>Euphorbia turcomanica</i>	فرفیون ترکمنی	۱/۸۷	۰/۰۵	۰/۹۱	۵/۷۱
<i>Triticum aestivum</i>	گندم	۱/۸۰	۰/۱۱	۱/۳۷	۲/۸۶
<i>Digitaria</i> sp.	انگشتی	۱/۰۵	۰/۰۵	۰/۴۶	۲/۸۶
<i>Setaria glauca</i>	ارزن وحشی	۱/۰۵	۰/۰۵	۰/۴۶	۲/۸۶

منابع

محمدشریفی، مسلم. ۱۳۸۰. راهنمای کاربردی علف‌های هرز مزارع برنج ایران. انتشارات فنی معاونت ترویج سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. ۱۱۴ صفحه.

یونس آبادی، م.، ساوری نژاد، ع.ر.، حبیبیان، ل. و سوخت‌سرای، ن. ۱۳۸۷. تعیین درجه اهمیت علف‌های هرز مزارع برنج در استان گلستان. ۷-۶ آذر، همایش ملی به زراعی و به نژادی برنج.

Johnson, D.E.; R.J. Kent. 2008. The impact of cropping on weed species composition in rice after fallow across a hydrological gradient in West Africa. <http://cat.inist.fr>

Ladha, J. K. and Reddy, P. M. 2001. The quest for nitrogen fixation in rice. In: Proceedings of the Third Working Group Meeting on Assessing Opportunities for Nitrogen Fixation in Rice. Journal of International Rice Research Institute, 6: 9-12.

Rao, A. N., Johnson, D. E., Sivaprasad, B. Ladha, J. K. Mortimer, A.M. 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy*, 93: 153-255

Singh, S., L. Bhushan, J. K. Ladha, R. K. Gupta, A. N. Rao, and B. Sivaprasad. 2006. Weed management in dry-seeded rice (*Oryza sativa*) cultivated on furrow irrigated raised bed planting system. *Crop Protection*, 25: 487-495.

Thomas, A.G. 1991. Floristic composition and relative abundance of weeds in annual crops of Manitoba. *Can. J. Plant Sci.* 71:831-839.

Thomas, A.G.; M.R.T. Dale. 1991. Weed community structure in spring-seeded crops in Manitoba. *Can. J. Plant Sci.* 71:1069-1080.

Thomas, A.G.; D. I. Donaghy. 1991. A survey of occurrence of seedling weeds in spring annual crops in Manitoba. *Can. J. Plant Sci.* 71:811-820.

Turki, Z. M. Sheded. 2002. Some observation on the weed flora of rice fields in the Nile Delta, Egypt. <http://www3.interscience.wiley.com/rss/journal>.

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 عمدتاً 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 چندانی مثبتی نداشته ولی استفاده از آن در خاک‌های اسیدی و همچنین خاک‌های شالیزار اثرات سودمندی را به دنبال دارد. استفاده از سنگ فسفات در شالیزارها صرف‌نظر از واکنش‌پذیری و نوع آن، کارایی 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 به صورت تجاری استخراج شده و به طور مستقیم یا بعد از فرآوری جهت استفاده در صنایع یا کشاورزی به کار رود. گزارش‌های زیادی در زمینه بحران ذخایر فسفر در جهان وجود دارد (سیرز و همکاران، ۲۰۱۱؛ امیگ، ۱۹۷۲ و آپلسون، ۱۹۹۹)، به طوری که 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 کارایی زراعی آن در گیاهانی مانند ذرت (وان لاو و همکاران، ۲۰۰۰)، کلزا (چین و همکاران، ۲۰۰۳)، ارزن (آکینریند و آبیگسان، ۲۰۰۶) و برنج به روش خشکه‌کاری (آسوبتنگ، 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 و همکاران، ۲۰۰۰؛ سومادو و همکاران، ۲۰۰۳) و جنوب صحرای آفریقا (وان لاو و همکاران، ۲۰۰۰؛ سومادو و همکاران، ۲۰۰۳) انجام شده است. این تحقیقات اثرات قابل قبولی را در این زمینه در کشت برنج نشان داده‌اند، به طوری که نتایج آن قابل مقایسه با اثرات کودهای فسفاته محلول در آب می‌باشد و لذا استفاده از سنگ فسفات در شالیزها 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 شالیزها، 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 ۴/۵ 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، ۲۰۰۴) 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، ۲۰۰۶؛ هافلند و همکاران، ۱۹۹۲) مالیک (هافلند و همکاران، ۱۹۹۲) و اگزالیک (بیو و همکاران، ۲۰۰۴) 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 استفاده مستقیم و اندازه ذرات سنگ فسفات یکی از مهم‌ترین فاکتورها در انحلال آن است (کانابو و گیلکر، 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 ۴۰ درصد اسید فسفریک و اسید معدنی مخلوط بیشترین تأثیر را بر افزایش مقدار فسفر محلول در آب نسبت به غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ درصد اسید داشت، در صورتی که 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) تأثیر 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 ۴۵ 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 به میزان ۵۰ درصد بیش از سنگ فسفات خام شد.

سماوات و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر کود مرغی بر سنگ فسفات را در شرایط آزمایشگاه مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان فسفر کل در سنگ فسفات تغلیظ شده نسبت به خام، ۴۸ 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.

همان‌طوری که در بالا اشاره شد، انحلال کم سنگ فسفات را می‌توان با روش‌های ذکر شده افزایش داد، اما 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؛ آسوبتنگ، ۱۹۹۷؛ آکیریند و آبیگ‌بسان، ۲۰۰۶). اما 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 (آکیریند و آبیگ‌بسان، ۲۰۰۶). نتیجه نشان داد که این سنگ فسفات در جاهایی که مقدار بارندگی بیشتر از ۱۲۰۰ میلی‌متر است می‌تواند استفاده شود در حالی که 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 ۶۳ درصد بود (بونیز، ۲۰۱۱). اما استفاده مستقیم آن در کشت برنج کارایی زراعی برابر ۹۴ درصد را نشان داد (وینسنت، ۱۹۹۱).

تأثیر سنگ فسفات در کشت برنج

نتایج تأثیر 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 تأثیر و کارایی 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 دیگر دارد. نتایج دیگر توسط ناکامورا و همکاران (۲۰۱۳) که تأثیر

سنگ فسفات را در کشت برنج در مناطق جنگلی اکوتوریال و ساوانای غنا آزمایش کردند، تأیید کرد. استفاده از سنگ فسفات به مقدار ۶۷/۵ (سنگ فسفات کم)، ۱۳۵ (سنگ فسفات متوسط) و ۲۷۰ (سنگ فسفات زیاد) کیلوگرم P_2O_5 در هکتار عملکرد برنج را به طور 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 قابل توجه 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	تیلسمی	۴/۷	۴	۲۰۶	۳/۵	۷۸
داهایانک و همکاران، ۲۰۰۱	سريلانكا	اېپاوالا	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
مدھی و داتا، ۱۹۹۷	فیلپین	مراکشی	۵/۵	۱/۹	۳۶۶	۵/۴	۹۸
مدھی و داتا، ۱۹۹۷	فیلپین	مراکشی	۵/۶	۱/۱	۱۸۳	۳/۶	۹۷
داتا و همکاران، ۱۹۹۲	اندونزی	مراکشی	۵	۱۴/۷	-	-	۹۹٪

تأثیر شرایط فیزیکوشیمیایی خاک شالیزار در انحلال سنگ فسفات

شرایط فیزیکوشیمیایی خاک در اراضی شالیزار بسیار یکنواخت تر از شرایط خاک‌های غیرشالیزاری است. به‌عنوان مثال شرایط اکسید و احیا، حرکت آب و تجمع مواد آلی 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 فسفر قابل دسترس آزاد شود. اما 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 آزاد شدن 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 حالی که در خاک‌های مرطوب آنیون‌های آلی از ریشه ترشح می‌شود.

به‌علاوه دوو و کیرک (۱۹۹۷) جریان H^+ و O_2 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 تأثیر خوبی در کشت برنج داشته باشند زیرا خاک شالیزارها یکنواخت است.

سیستم حمایتی سنگ فسفات و چشم انداز آینده آن

تصمیم اینکه کشاورزان از سنگ فسفات‌ها استفاده کنند یا از کودهای فسفاته محلول، برای آن‌ها بسیار سخت است، زیرا اطلاعات در زمینه کارایی 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، ۲۰۰۴؛ اسمال برگر و همکاران، ۲۰۰۶). 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، ۲۰۰۶).

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. به طوری که کارایی زراعی در سنگ فسفات‌های کارولینای شمالی و سنگ فسفات‌های صحرای آفریقا یعنی هاهوت و کوچاری 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 کارایی آن را پیدا کند، در آن صورت 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 حل‌کننده 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 قابل جذب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که فسفر قابل جذب در تمامی تیمارها در طی ۹۰ روز روند افزایشی داشت و سنگ فسفات در طی ۹۰ روز بیشتر از خاک معمولی فسفر قابل جذب 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. ۱۳۸۶. 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. پایان‌نامه 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 ۱۹۰۴. 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. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر اسیدی کردن جزئی دو نوع سنگ فسفات داخلی با اسید فسفریک جهت افزایش اثربخشی نسبی. گزارش نهایی، شماره ۱۸۴۲. 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 ۱۹۲۶. 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 the Green 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. *New Phytol.*, 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.