اثرات کودهای فسفاته در گیاهان

صادق قربانی[۱]، علی محمدحسینی [۲]، حامد شیردل[۳]

۱-پژوهشگر دکترای کشاورزی اکولوژیک (اگرواکولوژی) ۲- مدیر شرکت خدمات حمایتی کشاورزی استان تهران ۳- معاون فنی شرکت خدمات حمایتی کشاورزی استان تهران

چکیده

فسفر یکی از عناصر اصلی در تغذیه گیاه و بهره وری محصول است. این عنصر در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی و انتقال انرژی دخالت دارد. علاوه بر این، فسفر جزء تشکیل دهنده اسیدهای نوکلئیک سلولی است. کمبود فسفر موجب اختلال در رشد گیاه شده و جنبه های مختلف متابولیسم آن را تحت تأثیر قرار می دهد. مهمترین عوارض کمبود فسفر کاهش گسترش سلول، جلوگیری از رشد برگها و کوتاهی قد در گیاهان است. کمبود فسفر موجب کاهش هدایت هیدرولیک ریشه و در صورت دسترس نبودن آب کافی برای گسترش سلولها، موجب کوچک ماندن برگها و جلوگیری از رشد اندام های هوایی می گردد. گیاهان در مواجهه با تنش کمبود فسفر، برخی از راهبردهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی را در پیش می گیرند تا بتوانند فسفر را جذب نمایند. قابلیت جذب فسفر در خاک تحت تاثیر عوامل متعددی محدود می‌گردد که از جمله این عوامل می‌توان به واکنش قلیایی خاک، مقدار زیاد کربنات کلسیم، مقدار اندک مواد آلی، وفورکاتیون‌های بازی و اثرات متقابل سایر عناصر اشاره نمود. استفاده از کودهای فسفاته یک روش معمول برای اصلاح کمبود فسفر در گیاهان است. منبع اصلی تولید کودهای فسفاته، خاک فسفات (آپاتیت) است. در ایران راحت ترین و ارزان ترین راه برای تامین فسفر در خاکهایی که سطح فسفر آنها پایین است استفاده از کودهای سوپر فسفات می باشد. کود سوپر فسفات ساده علاوه بر ۱۶٪ فسفر قابل جذب گیاه دارای ۱۲٪ گوگرد و ۲۰٪ کلسیم است. سوپر فسفات تریپل یا TSP یک کود معدنی حاوی ٤٦ درصد فسفر است. این کود از سنگ فسفات و با افزودن اسید فسفریک تولید می‌شود.

کلمات کلیدی: *فسفات، کودهای فسفاته، سوپر فسفات ساده، سوپر فسفات تریپل، قابلیت جذب فسفر*

مقدمه

فسفر یکی از عناصر اصلی در تغذیه گیاه و بهره وری محصول است. این عنصر در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی و انتقال انرژی دخالت دارد. علاوه بر این، فسفر جزء تشکیل دهنده اسیدهای نوکلئیک سلولی است. استفاده از کودهای فسفاته یک روش معمول برای اصلاح کمبود فسفر در گیاهان است. فسفر یک عنصر پرمصرف ضروری می باشد که هیچ عنصری به دلیل نقش مهم فسفر در فرایندهای فیزیولوژیکی بیوشیمیایی نمی تواند جایگزین آن شود. فسفر دومین عنصر محدود کننده تولید محصول در بیشتر خاکهای ایران می باشد. جذب فسفر عملا در خاکهای اسیدی و بازی با محدودیت مواجه است. این عنصر نقش زیاد متابولیسم گیاهی داشته و یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد و توسعه گیاه می باشد و به ویژه در بخش های جوان گلها و بذرها به مقدار زیادی وجود دارد. وجود این عنصر برای تقسیم سلولی و نمو بافت های مریستمی ضروری است. فسفر عنصر تشکیل دهنده بسیاری از ترکیبات مانند اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و کوآنزیم هایی مانند آدنوزین تری فسفات می باشد. فسفر باعث جلوگیری از ریزش برگهای پیر در اواخر تابستان ، افزایش میزان گلدهی در بهار، افزایش کیفیت میوه و افزایش ریشه زایی در گیاه می گردد. نهال های جوان به فسفر زیادی برای تحریک رشد ریشه ها نیاز دارند.

فسفات

فسفات ترکیبی از اکسیژن و فسفر در شکل های $P2O5$ و $PO4$ می باشد که از سنگ های فسفاته استخراج می گردد. این سنگ ها که در معادن در امتداد رسوبات آهکی و رسی وجود دارند، اغلب به شکل های فلئورآپاتایت $(Ca5(PO4)3F)$ و هیدروکسی آپاتایت $(Ca5(PO4)3OH)$ به دست می آیند. تنها منبع استحصال فسفات

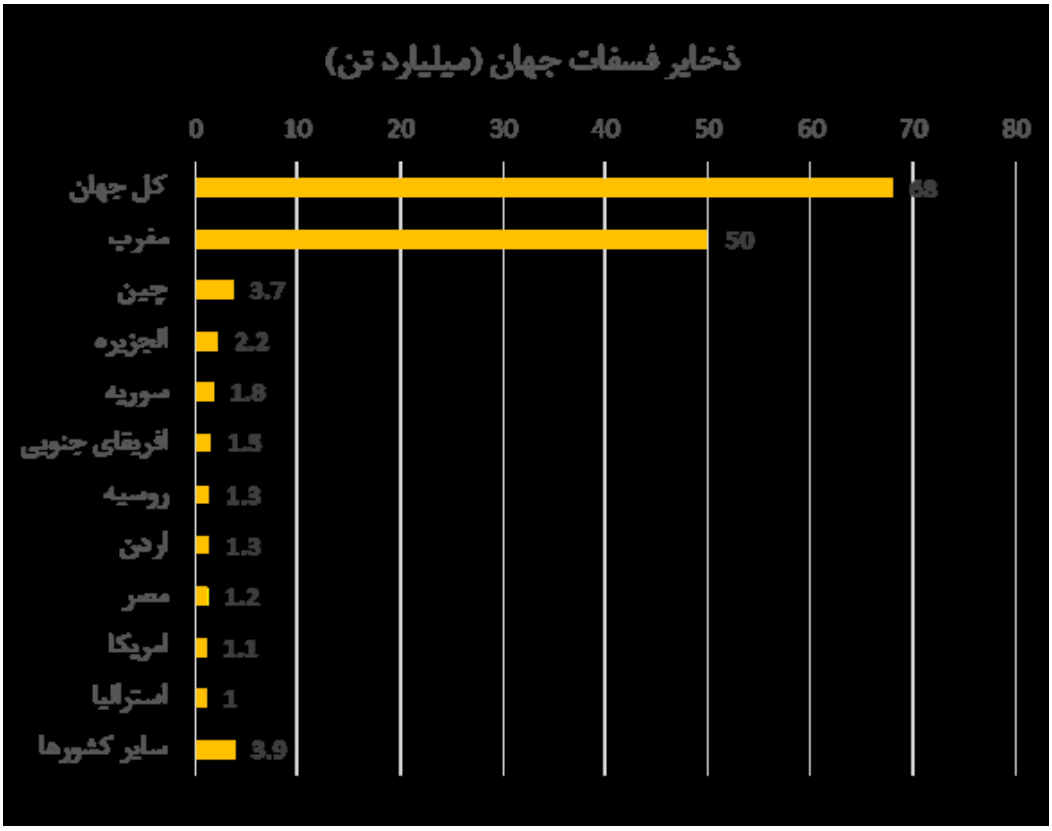
همین سنگ های فسفاته می باشند و به همین علت فسفا ت جزء منابع تجدید ناپذیر، طبقه بندی می گردد. فسفات از جمله مواد مورد نیاز برای هر سلول زنده گیاهی و جانوری بوده و از این رو در کشاورزی، دامداری و صنایع غذایی کاربرد فراوان دارد. در حدود ۹۰ ٪ فسفات تولید شده در جهان برای تولید کودهای کشاورزی استفاده می گردد، در حدود ۵٪ به مصرف تولید مکمل های غذایی دام می رسد و ۵٪ باقیمانده در صنایع مختلف شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرد. زنجیره ارزش فسفات اگرچه از حیث حجم مصرف، بیشتر معطوف به کودهای شیمیایی می باشد. با این حال محصولات و صنایع متنوعی را از جمله فرآوری سطحی فلزات، تصفیه آب، صنایع غذایی و دارویی، صنایع شویند، مواد شیمیایی، مواد منفجره و... را در بر می گیرد. سنگ فسفات برای تبدیل به سایر محصولات، ابتدا باید طی فرآوری شیمیایی به اسید فسفریک، فسفر عنصری یا در برخی کاربردها به طور مستقیم به نمکهای کلری و ... تبدیل شود. در این بین، اسید فسفریک با سهم بالای۸۰ درصدی را می توان مهم ترین ماده حدواسط در زنجیره فسفات نام برد و صنایع تکمیلی فسفات به طور مستقیم به میزان تولید اسید فسفریک وابسته هستند.

معادن شاخص فسفات در جهان محدود بوده و از این رو تعداد کشورهای شاخص تولید کننده فسفات به زحمت از عدد ۱۵ فراتر می رود در حالی که در حدود ۱۵۰ کشور جهان مصرف کننده این ماده معدنی هستند. میزان کل فسفات تولید شده در دنیا در سال ۲۰۱۸ بر طبق گزارش نشریه IHS (بر اساس P_2O_5) ۷۷ میلیون تن بوده است که پیش بینی می گردد رشد سالانه ۳/۲ درصدی داشته باشد.

منابع فسفات در جهان

سنگ فسفات به تمام کانی هایی اطلاق می گردد که از میزان پایین تا میزا ن بالا (در حدو د ۳۵ درصدی ماده

مؤثر فسفات (P2O5)) در ساختار خود دارند. در طی فرآیند خالص سازی، غلظت فسفات در سنگ فسفات تا مقادیر ۲۷ ٪ تا ٤٠٪ افزایش می یابد و سنگ فسفات را به یک محصو ل قابل عرضه به بازار تبدیل می کند. سنگ فسفات منبع اصلی مواد شیمیایی حاوی فسفر بوده و برای تولید کودهای شیمیایی و سایر مواد شیمیایی پایه فسفر به کار می رود. اگرچه پراکندگی فسفات در پوسته زمین بالاست با این وجود مناطق محدودی دارای معادنی با مقادیر بالای فسفات می باشند که استخراج این ماده معدنی را اقتصادی کند. از مجموع ٦٨ میلیارد تن منابع کشف شده فسفات در جها ن ٥٠ درصد آن تنها در کشور مغرب وجود دارد که اهمیت این کشور از حیث صنعت فسفات را نشان می دهد. کشورهای چین، الجزیره، سوریه، افریقای جنوبی و روسیه به ترتیب پنج کشور دارای منابع عظیم فسفات بعد از مغرب می باشند.



اثرات کمبود فسفر در گیاهان

کمبود فسفر موجب اختلال در رشد گیاه شده و جنبه های مختلف متابولیسم آن را تحت تأثیر قرار می دهد. مهمترین عوارض کمبود فسفر کاهش گسترش سلول، جلوگیری از رشد برگها و کوتاهی قد در گیاهان است. کمبود فسفر موجب کاهش هدایت هیدرولیک ریشه و در صورت دسترس نبودن آب کافی برای گسترش سلولها، موجب کوچک ماندن برگها و جلوگیری از رشد اندامهای هوایی می گردد. همچنین تثبیت دی اکسید کربن نیز به دلایل اختلال عمومی در متابولیسم انرژی، در صورت کمبود فسفر کاهش می یابد. البته تنش فسفر به دلیل نقش آن در تغییر و تبدیلات انرژی، همزمان موجب کاهش مصرف قندها شده و بنابراین علیرغم افت فتوسنتز، انباشتگی فرآورده های فتوسنتزی از دیگر عوارض کمبود فسفر در گیاهان است.

مکانیسم گیاهان در مواجهه با کمبود فسفر

گیاهان در مواجهه با تنش کمبود فسفر، برخی از راهبردهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی را در پیش می گیرند تا بتوانند فسفر را جذب نمایند. مکانیسم های تطبیقی شامل: کاهش سرعت رشد، افزایش رشد به ازای هر واحد فسفر جذب شده، جابجایی مجدد فسفر، تغییر در اسیدیته محیط، افزایش تولید و ترشح، ریزوسفر ریشه، اسیدهای آلی و آنزیم های فسفاتاز و تغییر در آرایش و مورفولوژی ریشه، افزایش سطح تماس ریشه ناشی از افزایش و افزایش رشد ریشه تولید ناقلین فسفر معدنی می باشد.

عوامل کاهش قابلیت جذب فسفر در خاک

با توجه به فراوانی نسبی برخی از عناصر غـذایی ماننـد فسفر در خاک‌های آهکی، مقدار قابل جذب این عناصـر

در بسیاری از موارد کمتر از مقدار لازم برای تامین رشد مناسب گیاه است (به خصوص در مورد گیاهان چند ساله با ریشه عمیق). قابلیت جذب فسفر در خاک تحت تاثیر عوامل متعددی محدود می‌گردد که از جمله این عوامل می‌توان به واکنش قلیایی خاک، مقدار زیاد کربنات کلسیم (آهک)، مقدار اندک مواد آلی، وفورکاتیون‌های بازی و اثرات متقابل سایر عناصر اشاره نمود. نتایج تحقیقات انجام گرفته نشان داده است که مصرف کودهای فسفاتی طی سال‌های بعد از کشت برای گیاهان علوفه‌ای چند ساله به دلیل حرکت بسیار ناچیز کودهای فسفاتی در خاک و عمق نفوذ زیاد ریشه گیاهان علوفه‌ای چند ساله فاقد کارایی لازم می‌باشد.

کود سوپر فسفات ساده

در ایران راحت ترین و ارزان ترین راه برای تامین فسفر در خاکهایی که سطح فسفر آنها پایین است استفاده از کود های سوپر فسفات می باشد. کود سوپر فسفات ساده علاوه بر ۱۶٪ فسفر قابل جذب گیاه دارای ۱۲٪ گوگرد و ۲۰٪ کلسیم است. گوگرد برطرف کننده لکه های نارنجی و قرمز مابین رگبرگها است و مانع خشک شدن برگها می شود و در زمین های شور و قلیا باعث افزایش حاصلخیزی و بهره وری خاک می گردد. کلسیم نیز نقش مهمی در کاهش شوری خاک و در نتیجه افزایش جذب مواد توسط ریشه را دارد. از مزایای کود سوپر فسفات ساده می توان به حلالیت خوب و اثر اصلاحی گچ موجود در آن بر خاک نام برد. دانه های این کود مدت زمان طولانی تری به صورت قابل حل در خاک باقی می ماند و بنابرین مصرف سوپر فسفات ساده قبل از کاشت مفیدتر بوده ویا بهتراست با ماشین کود کار- بذر کار ، زیر بذر قرار گیرد. کاربرد این کود در خاک شبیه فسفات آمونیم و سوپرفسفات تریپل به صورت قبل از کاشت و در زمان تهیه بستر بذر می باشد. کود سوپر فسات ساده

(Single superphosphate) می باشد. مزیت این کود نسبت به سایر کودهای فسفاته در این است که حاوی مقادیری از عناصر ریز مغذی است و به دلیل همراهی گوگرد به شکل سولفات ، موجب تنظیم pH و اسیدی شدن محیط اطراف ریشه و اصلاح بافت خاک گردیده و باعث می شود فسفر تثبیت شده در خاک قابل جذب شده و در نتیجه سبب افزایش بازدهی محصول می گردد.

کود سوپر فسفات تریپل

سوپر فسفات تریپل یا TSP یک کود معدنی حاوی مقدار زیادی فسفر است. این کود از سنگ فسفات و با افزودن اسید فسفریک تولید می‌شود. حاوی بیش از دو برابر فسفر سوپر فسفات ساده است. از این رو این کود به دلیل دارا بودن فسفر بالا بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد و برای خاک‌های دارای کمبود فسفر مناسب است. غلظت بالای فسفر در آن می تواند مزیت محسوب شود، زیرا حمل و نقل، انبارداری و جابه‌جایی بخش مهمی از هزینه کل مصرف کود را شامل می‌شود. فسفر برای رشد ریشه مهم است.

تفاوتهای کود سوپر فسفات ساده با کود سوپر فسفات تریپل

نوع کود	سوپر فسفات ساده (SSP)	سوپر فسفات تریپل (TSP)
فرمول شیمیایی	Ca(PO4H2)2	Ca (PO4H2)2
تولید شده از	سنگ فسفات + اسید سولفوریک	سنگ فسفات + اسید فسفریک
مواد سازنده	حاوی مونوکلسیم فسفات و گچ	حاوی مونوکلسیم فسفات
فسفر کل P2O5 (درصد)	۲۲	٤٦
فسفر محلول (درصد)	١٦	۳۹
+سایر عناصر مغذی	گوگرد، کلسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز	–
مقدار گوگرد (درصد)	۱۲	–
مقدار کلسیم (درصد)	۲۰	١٤
تاثیر بر خاک	بافت خاک را سست و نفوذپذیری آب و ریشه گیاه جهت جذب را آسان می‌کند.	باعث فشرده شدن و محکم شدن بافت خاک شده و خاصیت نفوذپذیری خاک را کمتر می‌کند.

منابع

ملکوتی م. ج.۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران، چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران. ٤٦٠ صفحه.

ملکوتی م.ج.، س.ع. ریاضی همدانی.۱۳۷۰. کود ها و حاصلخیزی خاک. تالیف تیسدل و نلسون، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران.٤٦٠ صفحه.

Abd-Elmonem E.A. and A. Amberger. 2000**.** Studies on some factors affecting the solublization of P from rock phosphate. In: X International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition, eds. Wally Y. and Shehab X., pp. 6-7. National Research Centre (NRC). Cairo, Egypt.

Cooper, James, et al., "The future distribution and production of global phosphate rock reserves," Resources, Conservation and Recycling, vol. 57, pp. 78-86, 2011.

Hawkesford, M., W. Horst, T. Kichey, H. Lambers, J. Schjoerring, I. Skrumsager and P. White. 2012. Function of Macronutrients. In: Marschner P (eds.), Marschner's Mineral Nutrition. Oxford, UK, Elsevier Ltd.

HIS Markit, "phosphate rock: Chemical Economics Handbook," 2019.

International fertilizer association (IFA), https://www.fertilizer.org/

Najib L. A. and O. Ramli. 1996**.** Suggested maturing schedule of rubber plantation for timber production. Planter, 72:483-500.

Syers, J.K., Johnston, A.E. and Curtin, D., 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. FAO fertilizer and plant nutrition bulletin 18, Chapter 1, page 2.

Shahbazi, K. and H. Besharati. 2013. Overview of agricultural soils fertility status. Journal Management System, 1(1): 1-15.

Toama, Z. Hijran, "World phosphate industry," Iraqi Bulletin of Geology and Mining, vol. 7, pp. 5-23, 2017.