نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۰۹۱-۱۰۸۳

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1083-1091

برهمکنش آهک، ماده آلی و آهن بر جذب فسفر در گیاه ذرت

لیلی السادات قرشی [۱*] – غلامحسین حق نیا [۲] – امیر لکزیان [۳] – رضا خراسانی [۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۵/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۲۱

چکیده

کارایی استفاده از فسفر از مسائل مهم حاصلخیزی خاک و تولید محصول است. عوامل مختلف خاکی مانند وجود آهک در خاک، اثرات همستیزی با عناصر دیگر مانند آهن و وجود مواد آلی بر فراهمی فسفر برای گیاه موثرند. از این‌رو در یک آزمایش گلخانه‌ای تاثیرآهک، آهن و ماده آلی بر رشد و جذب فسفر در گیاه ذرت بررسی شد. تیمارها شامل دو سطح آهک (صفر و دو درصد کربنات کلسیم)، ماده آلی (صفر و یک درصدکود گاوی)، سه سطح آهن (صفر، ۲۰، ۴۰ کیلوگرم در هکتار سکوسترین ۱۳۸) و سه سطح فسفر (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو تکرار بود. نتایج آزمایش نشان داد که کود گاوی سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب فسفر در گیاه ذرت شد. کاربرد آهک بر وزن خشک شاخساره تاثیر معنی‌داری نداشت. اما لیکن غلظت و جذب فسفر در گیاه را کاهش داد. کاربرد آهن در سطح ۲۰ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش وزن خشک شاخساره گردید؛ اما کاربرد سطح بیشتر آهن آن را کاهش داد. غلظت و جذب فسفر با کاربرد فسفر افزایش اما با کاربرد آهن کاهش یافت. بررسی برهمکنش تیمارهای آزمایشی نشان داد که کاربرد کود آلی می‌تواند اثر منفی ناشی از آهک و آهن را کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: تغذیه گیاه، کربنات کلسیم، کود گاوی، برهمکنش فسفر و آهن

مقدمه

تغذیه مناسب گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی فراورده‌های کشاورزی به شمار می‌رود. در فرآیند تغذیه گیاه نه تنها هر عنصر باید به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد بلکه ایجاد تعادل و تناسب میان همه عناصر غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است (۸). فسفر یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه می‌باشد که در تولید محصول نقش مهمی دارد (۷). این عنصر در فرایندهایی مانند فتوسنتز، تنفس و تقسیم سلولی در گیاه نقش دارد (۳). هرگاه دیگر عوامل محدود کننده، وجود نداشته باشند، رشد گیاه با مقدار فسفات جذب شده به وسیله ریشه متناسب است و نگهداری غلظت مناسب آن در محلول خاک، برای تولید محصول اهمیت دارد (۱۷). مقدار بسیار کمی فسفر در محلول خاک وجود دارد که با فاز جامد معدنی در تعادل است (۵). ته نشینی و جذب سطحی دو فرایند مهم در کاهش فراهمی فسفر است (۳۰). خاک‌ها حتی اگر دارای بافت نسبتاً شنی نیز باشند قادرند مقادیر زیادی از فسفر را تثبیت کنند زیرا که فسفر به سرعت با آهن، آلومینیوم و کلسیم واکنش می‌دهد و به شکل ترکیب‌های نامحلول رسوب می‌کند (۳۱).

فعالیت یون کلسیم و مقدار زیاد کربنات کلسیم در خاک، مقدار فسفر فراهم را کاهش می‌دهد (۱۷). از این‌رو در خاک‌های آهکی کمبود فسفر فراهم به دلیل تبدیل فسفر محلول به ترکیب‌های کم محلول، مانند فسفات‌های کلسیم، یکی از دشواری‌های تغذیه‌ای می‌باشد (۱، ۲۰). در پژوهشی که به وسیله عفیف و همکاران (۱۰) انجام شد، مقدار کاهش فراهمی فسفر با مقدار کربنات کلسیم، همبستگی داشت. پناهی و نوربخش (۱) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. افزون بر این که اجزای خاک مانند اکسیدهای آهن و آلومینیوم در تثبیت فسفر نقش دارند، غلظت زیاد آهن نیز به‌عنوان عاملی برای کاهش فسفات شناخته شده است (۲۹). افزایش انحلال‌پذیری آهن، سبب رسوب فسفات‌های محلول به شکل فسفات آهن می‌شود (۵). رونقی (۳) گزارش کرد که با افزایش غلظت آهن کاهش معنی‌داری در غلظت و جذب کل فسفر در گیاه ذرت ، دیده شد. متن و آمبرگر (۲۵) بیان کردند که در سطح یکسان فسفر، با افزایش مقدار آهن از ۵ میلی‌گرم به ۱۰ میلی‌گرم غلظت و جذب فسفر در ذرت کاهش یافت

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، دانشیار و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: leili.ghorashi@gmail.com)

به سبب وارد شدن فسفر در واکنش‌های گوناگون با ترکیب‌های خاک و توان اندک خاک‌ها در فراهمی فسفر، مقدار زیادی از این عنصر ضروری است تا فراهمی آن در خاک به مقدار مناسب برای رشد گیاه برسد (۱۷).

استفاده از منابع آلی نقش مهمی درافزایش فراهمی فسفر در خاک دارد (۳۰). ماده آلی نه تنها منبع بزرگی از عناصر غذایی است بلکه با افزایش فعالیت زیستی در خاک به چرخش بهتر مواد غذایی کمک می‌کند (۱۱، ۲۴، ۳۹). تجزیه میکروبی مواد آلی در خاک تاثیر بسیار مهمی روی چرخه فسفر در خاک و توزیع شکل‌های مختلف آن دارد (۲۱). تاثیر مثبت مواد آلی بر افزایش فراهمی فسفر به وسیله عفیف و همکاران (۱۰) و دلگادو و همکاران (۱۴) گزارش شده است. امروزه با گسترش دانش درباره پایداری بوم نظام‌های کشاورزی، حفظ و مدیریت مواد آلی دارای اهمیت است. مواد آلی به دلیل تاثیر سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد به عنوان رکن پایداری خاک شناخته شده است (۲۲). از آنجا که در کشور ما درصد مواد آلی، در بیش از ۶۰ درصد ازخاک‌ها، کمتر از یک درصد است از این رو به منظور افزایش کارایی استفاده از فسفر، کاربرد منابع آلی به صورت جداگانه و یا همراه با کودهای شیمیایی در مدیریت حاصاخیزی خاک ضروری می‌باشد (۶). از آنجا که سالانه مقدار زیادی کودهای فسفردار به خاک‌های آهکی ایران افزوده می‌شود بنابراین بررسی برهمکنش تاثیر ماده آلی، آهن و آهک بر غلظت و جذب فسفر می‌تواند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. بنابراین هدف این آزمایش بررسی برهمکنش آهک، ماده آلی و آهن بر فراهمی فسفر در گیاه ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش خاک (Typic Haplo Cambids) از منطقه‌ای واقع در ۴۰ کیلومتری شمال شهر مشهد و از عمق (۳۰-۰ سانتی‌متری) سطح خاک انتخاب شد و پس از عبور از الک دو میلی‌متری برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن مانند بافت به روش هیدرومتر (۱۳)، کربنات‌کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با هدایت سنج الکتریکی، فسفر فراهم به روش اولسن و همکاران (۲۶)، pH در خمیر اشباع، درصد کربن و ماده‌آلی به روش اکسایش با دی کرومات (۳۷)، نیتروژن کل با استفاده از هضم کجلدال (۱۸)، پتاسیم عصاره-گیری شده با استات آمونیوم، آهن فراهم خاک به روش(DTPA_TEA) (۲۳) تعیین گردید. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ آمده است. آزمایش در وضعیت گلخانه و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و دو تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده دربرگیرنده آهک در دو سطح (صفر=L_0 و ۲=L_1 درصد) ماده‌آلی به شکل کود گاوی پوسیده در دو سطح (صفر= CM0 و ۱=CM1 درصد)، فسفر از منبع کود سوپر فسفات تریپل در سه سطح (صفر=P0، ۲۰۰=P1 و ۴۰۰=P2 کیلوگرم در هکتار) و آهن از منبع کود سکوسترین ۱۳۸ در سه سطح (صفر= F0، ۲۰=F1 و ۴۰=F2 کیلوگرم در هکتار) تامین شد. در ابتدا دو تیمار آزمایشی کود و آهک به نمونه‌های خاک اعمال شد برخی از ویژگی‌های کود گاوی در جدول ۲ آمده است. برای این هدف، پنج کیلوگرم خاک روی ورقه‌های پلاستیکی با مقدار لازم از کود گاوی و آهک به خوبی مخلوط و یکنواخت شد. سپس گلدان‌ها از خاک پر شد و برای رسیدن به تعادل شیمیایی در گلخانه و در دمای ۲۵ $^{\circ}$c و رطوبت ۷۰ درصد زراعی به مدت دو ماه نگهداری شد. پس از این مدت و قبل از کاشت، خاک گلدان‌ها با مقدار لازم از کود سوپر فسفات به شکل جامد مخلوط شد. با توجه به آزمون خاک و نیاز گیاه ذرت عناصر پر مصرف نیتروژن، پتاسیم و محلولی از عناصر کم مصرف به مقدار لازم، به خاک مورد نظر افزوده شد و پس از یکنواخت شدن به گلدان‌هایی با گنجایش شش کیلوگرم، منتقل گردید. سپس پنج عدد بذر جوانه‌دار شده ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ در فاصله‌های منظم و در عمق دو سانتی‌متری از سطح خاک کشت شد. رطوبت گلدانها در حد ظرفیت زراعی، به روش توزین تا پایان آزمایش حفظ شد. دو هفته پس از کاشت شمار بوته‌ها به دو عدد کاهش داده شد. پس از هشت هفته گیاهان از محل طوقه جدا شدند و پس از شستشو در آون با دمای ۷۰ $^{\circ}$c به مدت ۳۶ ساعت خشک شدند. سپس وزن خشک شاخساره تعیین و پس از آسیاب و عبور از الک نیم میلی‌متری در ظرف‌های در بسته نگهداری شدند. برای انجام آزمایش‌های شیمیایی نمونه‌های گیاهی با استفاده از روش تر (۳۵) هضم شدند. غلظت فسفر نمونه‌های گیاهی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (۲۶) اندازه‌گیری شد. وزن خشک اندام هوایی گیاه، غلظت فسفر، جذب کل فسفر در هر گلدان (حاصل ضرب وزن ماده خشک در غلظت عنصر) به وسیله روش‌های آماری با استفاده از نرم افزار MSTATC و JMP7 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌های مربوط به اثر اصلی هر یک از تیمارها و برهمکنش آنها استخراج و با آزمون توکی در سطح اطمینان پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

همان گونه که در جدول ۳ آمده است با افزودن کود گاوی وزن کل خشک شاخساره، افزایش معنی‌داری یافت. عملکرد بیشتر در تیمار کود گاوی به دلیل وجود مقادیر زیاد عناصر غذایی ضروری می‌باشد. دلیل دیگر معدنی شدن تدریجی این عناصر از شکل آلی و فراهمی آنها برای گیاه می‌باشد. افزایش عملکرد همزمان با کاربرد کود گاوی به وسیله دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۹) کاربرد آهن در

سطح ۲۰ کیلوگرم (F1)، سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک شاخساره شد (جدول ۳) لیکن کاربرد بیشتر آهن، وزن خشک شاخساره را کاهش داد. چنین به نظر می‌رسد در غلظت‌های زیاد آهن، کاهش در عملکرد ماده خشک ناشی از نبود تعادل یونی و تاثیر آن بر جذب دیگر عناصر از جمله فسفر باشد (۳۲). نتایج مشابه در پژوهش رونقی و همکاران نیز گزارش شده است (۲).

مقایسه میانگین غلظت و جذب فسفر (جدول ۳) نشان می‌دهد با افزودن کود گاوی غلظت و جذب فسفر در گیاه ذرت افزایش معنی‌داری یافت که می‌تواند به دلیل افزایش در فسفر فراهم ناشی از کاربرد کود باشد (۳۵). فراهمی کوتاه مدت فسفر برای گیاه تا اندازه زیادی، زیر تاثیر فرایندهای زیست شیمیایی ناشی از مواد آلی است. فسفر در فاز جامد کودهای حیوانی به شکل فسفر آلی و ترکیبات معدنی وجود دارد. در اثر تجزیه میکروبی فسفر آلی موجود در کود به شکل فسفر معدنی و قابل جذب تبدیل خواهد شد. در خلال تجزیه میکروبی ماده آلی، افزون بر معدنی شدن فسفر، تولید گاز دی‌اکسیدکربن و اسیدهای آلی افزایش می‌یابد که سبب افزایش فراهمی کانی‌های کم محلول فسفر می‌گردد. ازاین‌رو در نتیجه کاربرد کود حرکت و فراهمی فسفر بومی خاک زیاد می‌شود (۳۱، ۳۸). تاثیر مثبت ماده آلی بر افزایش فراهمی فسفر به وسیله دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۱۲، ۲۹، ۳۳).

با افزایش سطوح فسفر (جدول۴) میانگین وزن خشک شاخساره، افزایش معنی‌داری داشت. از آنجا که غلظت فسفر در خاک مورد آزمایش کمتر از حد بحرانی فسفر برای ذرت (۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود (۸) پاسخ گیاه به افزودن فسفر توجیه پذیر است. همان گونه که جدول ۴ نشان می‌دهد با افزایش سطح فسفر ، غلظت و جذب کل فسفر به‌طور معنی‌دار افزایش یافته‌است و بیشترین افزایش مربوط به بیشترین سطح فسفر است. هاجین و همکاران (۱۹) گزارش کردند که افزایش مقدار فسفر مصرفی، غلظت و جذب کل فسفر به وسیله گیاه ذرت را افزایش می‌دهد و این افزایش در خاک‌هایی که مقدار فسفر بومی آنها کمتر است، بیشتر می‌باشد.

جدول۱- ویژگی‌های خاک پیش از آزمایش

بافت	pH	EC (dSm^{-1})	آهک	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	آهن
			(٪)			میلی‌گرم بر کیلوگرم		
لوم شنی	۷/۶	۱/۲	۳	۰/۴	۰/۰۳۵	۱۰	۱۰۰	۴

جدول ۲- ویژگی‌های کود گاوی

pH	EC (dSm^{-1})	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	آهن
					(٪)	
۸/۶	۱۲/۸	۲۹	۴/۰۴	۰/۷۵	۳/۲	۱/۲

جدول۳- اثر سطوح کود گاوی، آهن و برهمکنش آنها بر وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب فسفر در ذرت

سطح کود گاوی (٪)	سطح آهن (کیلوگرم در هکتار سکوسترین) صفر	۲۰	۴۰	میانگین
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان)			
صفر	۳۷/۸۶ d	۴۲/۶۰ c	۳۹/۱۱ d	۳۹/۸۶ B
۱	۵۴/۱۹ a	۵۵/۵۵ a	۵۰/۲۴ b	۵۳/۳۳ A
میانگین	۴۶/۰۳ B	۴۹/۰۷ A	۴۴/۶۸ C	
	غلظت فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)			
صفر	۱۲۷۶/۶۲ c	۱۱۷۶/۹۹ e	۱۰۲۵/۲۲ f	۱۱۵۹/۶۱ B
۱	۱۴۵۷/۴۴ a	۱۳۹۹/۷۲ b	۱۲۱۹/۴۴ d	۱۳۵۸/۸۷ A
میانگین	۱۱۲۷/۸۷ C	۱۳۰۴/۶۰ B	۱۳۴۵/۲۵ A	
	جذب فسفر (میلی‌گرم در گلدان)			
صفر	۴۹/۵۰ c	۵۰/۶۵ c	۴۰/۲۳ d	۴۶/۷۹ B
۱	۸۰/۳۱ a	۷۸/۱۶ a	۶۱/۳۱ b	۷۳/۲۶ A
میانگین	۴۴/۷۶ C	۶۵/۸۹ B	۶۹/۵۲ A	

میانگین‌های دارای حروف بزرگ، اثرات اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول٤- تاثیر تیمار فسفر، آهن و برهمکنش آنها بر غلظت و جذب فسفر

سطح آهن (کیلوگرم در هکتار سکوسترین)	سطح فسفر (کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات) صفر	۲۰۰	٤۰۰	میانگین
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان)			
صفر	۳۵/۵۶ f	۴۸/۴۲ cd	۵۴/۰۹ a	۴۶/۰۳ B
۲۰	۴۳/۸۸ e	۵۲/۸۰ ab	۵۰/۵۵ bc	۴۹/۰۷ A
۴۰	۳۷/۴۰ f	۴۹/۳۲ cd	۴۷/۳۲ d	۴۴/۶۸ C
میانگین	۳۸/۹۵ B	۵۰/۱۸ A	۵۰/۶۵ A	
	غلظت فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)			
صفر	۱۱۴۸/۴۷ e	۱۴۳۴/۳۷ b	۱۵۱۸/۲۵ a	۱۳۶۷/۰۳ A
۲۰	۱۱۲۸/۳۶ ef	۱۳۵۰/۳۹ d	۱۳۸۶/۳۲ c	۱۲۸۸/۳۶ B
۴۰	۱۱۰۶/۷۸ f	۱۱۲۹/۰۵ ef	۱۱۳۱/۱۷ e	۱۱۲۲/۳۳ C
میانگین	۱۱۲۷/۸۷ C	۱۳۰۴/۶۰ B	۱۳۴۵/۲۵ A	
	جذب کل فسفر (میلی‌گرم در گلدان)			
صفر	۴۱/۴۷ e	۷۰/۰۵ b	۸۳/۲۰ a	۶۴/۹۱ A
۲۰	۵۰/۴۳ d	۷۱/۴۰ b	۷۱/۳۹ b	۶۴/۴۰ A
۴۰	۴۲/۳۸ e	۵۵/۹۷ c	۵۳/۹۶ cd	۵۰/۷۷ B
میانگین	۴۴/۷۶ C	۶۵/۸۹ B	۶۹/۵۲ A	

میانگین‌های دارای حروف بزرگ، اثرات اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

کاربرد آهن سبب کاهش معنی‌دار غلظت و جذب کل فسفر در گیاه ذرت شده است (جدول ۴).کاهش غلظت فسفر در گیاه در سطح آهن ۲۰ کیلوگرم (F_1) را می‌توان به تاثیر رقت ناشی از اثر مثبت آهن بر رشد گیاه مربوط دانست لیکن در سطح آهن ۴۰ کیلوگرم (F_2) با وجود اینکه وزن خشک شاخساره کاهش داشت غلظت فسفر نیز کاهش یافته است. برهمکنش آهن و فسفر نیز بر غلظت و جذب فسفر معنی‌دار است و بیانگر برهمکنش منفی بین فسفر و آهن می‌باشد. به گونه‌ای که در وضعیت بدون کاربرد آهن (F_0) افزایش میانگین جذب بین سطوح دوم و سوم فسفر یعنی تیمارهای (F_0P_1) و (F_0P_2) معنی‌دار است لیکن با کاربرد آهن، میانگین جذب تفاوت معنی‌داری در این دو سطح نداشته است به نقل از چاکرالحسینی (۲) رایتی و بارتاکدر نتیجه گرفتند که افزودن آهن جذب کل فسفر را به شکل معنی‌دار در لوبیا کاهش داد. این نتیجه دخالت آهن را در جذب فسفر بیان می کند و می‌تواند ناشی از رسوب فسفر به شکل فسفات آهن باشد. افزایش انحلال پذیری آهن، سبب تثبیت فسفات های محلول به شکل فسفات آهن می‌شود (۳۴).

با افزودن آهک، میانگین وزن خشک شاخساره کاهش یافت لیکن این کاهش از نظرآماری معنی‌دار نبود (جدول۵). افزودن آهک به خاک بر غلظت و جذب فسفر در گیاه تاثیر منفی داشت (جدول ۵) با وجود آهک، فسفر به مقدار زیادی به وسیله واکنش‌های جذب و رسوب در سطح کانی‌های کربناتی متوقف می‌شود (۱۵).کاهش در فراهمی فسفر ممکن است به دلیل فعالیت زیاد یون کلسیم باشد که در هنگام ترکیب با یون‌های فسفات و تشکیل گونه‌های کم محلول فسفر، سبب کاهش مقدار فسفر در محلول خاک می‌شود و در نتیجه جذب فسفر به وسیله گیاه را کاهش می‌دهد (۳۱). ازاین‌رو کاهش در غلظت فسفر همراه با افزایش کربنات کلسیم بیشتر به دلیل تبدیل فسفر فراهم، به فسفات (دی یا تری) کلسیم است. واندروسکا (۳۸) بیان کرده که فراهمی فسفر برای گیاه با مقدار آهک در خاک همبستگی منفی دارد. برهمکنش آهن و آهک نیز بر غلظت و جذب فسفر معنی‌دار است و تاثیر منفی بر غلظت و جذب فسفر در گیاه ذرت داشته است. به گونه‌ای که بیشترین کاهش غلظت فسفر، مربوط به تیمار (L_1F_2) است که تا حدود ۲۵ درصد کاهش نسبت به شاهد (L_0F_0) نشان داد. در حقیقت همزمان با وجود تیمار آهک، تاثیر منفی آهن بر غلظت و جذب فسفر تا اندازه‌ای شدیدتر است. واکنش-پذیری زیاد آنیون فسفات همراه با فرآیندهای جذب و رسوب، در حضور کاتیونهایی مانند Ca^{2+} و Fe^{2+} منجر به توقف فسفر و در نتیجه کاهش غلظت فسفر فراهم برای گیاه می‌شود (۱۶).

برهمکنش آهک و کود گاوی بر غلظت فسفر معنی‌دار است (جدول ۶) به گونه‌ای که همزمان با کاربرد کود گاوی، افزودن آهک اثر کاهشی کمتری را نسبت به نبود ماده آلی ایجاد کرده است که می‌تواند ناشی از تاثیر مثبت کود باشد.

جدول۵- اثر سطوح آهن، آهک و برهمکنش آنها بر وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب فسفر در ذرت

سطح آهک (٪)	سطح آهن (کیلوگرم در هکتار سکوسترین)			میانگین
	صفر	۲۰۰	٤۰۰	
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان)			
صفر	۴۶/۳۶ bc	۴۹/۷۸ a	۴۴/۸۰ c	۴۶/۹۸ A
۱	۴۵/۶۹ c	۴۸/۳۷ ab	۴۴/۵۰ c	۴۶/۲۰ B
میانگین	۴۶/۰۳ B	۴۹/۰۷ A	۴۴/۶۸ A	
	غلظت فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)			
صفر	۱۴۲۶/۹۶ a	۱۳۷۰/۲۲ b	۱۱۷۵/۴۱ e	۱۳۲۴/۱۹ A
۱	۱۳۰۷/۱۰ c	۱۲۰۶/۴۹ d	۱۰۶۹/۲۶ f	۱۱۹۴/۲۸ B
میانگین	۱۳۶۷/۰۳ A	۱۲۸۸/۳۶ B	۱۱۲۲/۳۳ C	
	جذب فسفر (میلی‌گرم در گلدان)			
صفر	۶۸/۲۴ a	۶۹/۴۶ a	۵۳/۲۹ c	۶۳/۶۶ A
۱	۶۱/۵۸ b	۵۹/۳۵ b	۴۸/۲۵ d	۵۶/۳۹ B
میانگین	۶۴/۹۱ A	۶۴/۴۰ A	۵۰/۷۷ B	

میانگین‌های دارای حروف بزرگ ،اثرات اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

به طور معمول کودهای آلی فسفر را به وسیله فرایند معدنی شدن و همچنین از راه تولید عوامل کلات کننده، برای گیاه فراهم می‌کنند و بنابراین از تشکیل ترکیب‌های نامحلول فسفات جلوگیری می‌کنند. همچنین ترکیب‌های اسیدی ناشی از تجزیه مواد آلی و تولید دی اکسید کربن نیز به افزایش فراهمی فسفر در یک سیستم آهکی کمک می‌کند؛ زیرا که حل شدن فسفات‌های کلسیم به مقدار زیادی به فشار دی اکسید کربن وابسته است (۳ ، ۲۹).

بررسی برهمکنش اثرات سه گانه کود گاوی، آهن و آهک بر غلظت و جذب فسفر (جدول۷) نشان می‌دهد که در یک سیستم آهکی کاربرد کود گاوی به تنهایی و یا همراه با کاربرد متعادل کودهای شیمیایی مانند آهن، بر فراهمی فسفر موثر می‌باشد به دلیل واکنش‌های فسفر با ترکیب‌های خاک و پایین بودن توان خاک در فراهمی فسفر، مقدار زیادی از فسفر لازم است تا مقدار فسفر فراهم خاک به حد مناسب رشد گیاه برسد ازاین‌رو از نظر اقتصادی و بوم‌شناختی استفاده از منابع آلی فسفر مانند کودهای حیوانی به همراه کودهای شیمیایی در مدیریت حاصلخیزی خاک مناسب تر است (۲۷).

در استفاده از مواد آلی، فسفات معدنی ناشی از تجزیه این ترکیب‌ها به آرامی آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. با افزودن ماده آلی در نخستین مراحل تجزیه، ترکیب‌های آلی محلول مانند قندها و اسیدهای آلی در محلول خاک افزایش می‌یابد. این ترکیب‌ها می‌توانند با جایگزینی آنیونی با یون‌های ارتوفسفات روی مکان‌های جذب، ایجاد پوشش بر روی سطوح جذب کننده ، ایجاد کمپلکس با یون‌های کلسیم، آهن و آلومینیوم و افزایش دفع آنیونی، بر فراهمی فسفر موثر باشند (۲۰).

نتیجه‌گیری

کاربرد کود گاوی و آهن تا سطح ۲۰ کیلوگرم، سبب افزایش وزن خشک شاخساره شد. لیکن کاربرد آهک تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک شاخساره نداشت. با کاربرد آهن، غلظت و جذب فسفر در گیاه ذرت به کاهش معنی‌داری یافت که بیانگر برهمکنش منفی بین آهن و فسفر می‌باشد. با افزودن آهک غلظت و جذب آهن در گیاه ذرت کاهش یافت که می‌تواند تاثیر منفی کربنات کلسیم را بر فراهمی فسفر نشان دهد. کاربرد کود گاوی تاثیر مثبت بر رشد و همچنین غلظت و جذب فسفر در گیاه ذرت داشت که نشان می‌دهد مواد آلی یک عامل مهم بر فراهمی فسفر و تعادل بین عناصر به‌شمار می‌آیند و در صورت مدیریت مناسب و استفاده متعادل از کودهای شیمیایی به دلیل ایجاد تعادل غذایی نقش مهمی را در تغذیه گیاه خواهند داشت؛ زیرا که استفاده از منابع آلی به همراه کاربرد بهینه‌ای از مواد معدنی، نقش مهمی در حفظ حاصلخیزی، ساختمان و فعالیت حیاتی خاک ایجاد می‌کند.

جدول٦- اثر سطوح کودگاوی، آهک و برهمکنش آنها بر وزن خشک شاخساره، غلظت و جذب فسفر در ذرت

سطح کود گاوی	سطح آهک (٪)		میانگین
	صفر	۲	
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان)		
صفر	۴۲/۴۳ b	۳۹/۲۹ b	۳۹/۸۶ B
۱	۵۳/۵۴ a	۵۳/۱۲ a	۵۳/۳۳ A
میانگین	۴۶/۹۸ A	۴۶/۲۰ A	
	غلظت فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک)		
صفر	۱۲۱۹/۳۶ c	۱۰۹۹/۸۶ d	۱۱۵۹/۶۱ B
۱	۱۴۲۹/۰۳ a	۱۲۸۸/۷۰ b	۱۳۵۸/۸۷ A
میانگین	۱۳۲۴/۱۹ A	۱۱۹۴/۲۸ B	
	جذب فسفر(میلی‌گرم در گلدان)		
صفر	۵۰/۰۱ c	۴۳/۵۸ d	۴۶/۷۹ B
۱	۷۷/۳۱ a	۶۹/۲۱ b	۷۳/۲۶ A
میانگین	۶۳/۶۶ A	۵۶/۳۹ B	

میانگین‌های دارای حروف بزرگ ،اثرات اصلی و میانگین‌های دارای حروف کوچک مربوط به برهمکنش‌ها می‌باشد. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول۷- اثر برهمکنش کود گاوی، آهک و فسفر بر غلظت و جذب کل آهن در ذرت

سطح آهک (٪)	سطح کود گاوی (٪)	سطح آهن (کیلوگرم‌در هکتار)	غلظت فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک گیاه)	جذب فسفر (میلی‌گرم در گلدان)
صفر	صفر	صفر	۱۲۹۹/۹۲ d	۵۳/۶۳ f
		۲۰	۱۲۴۰/۹۲ ef	۵۴/۰۵ ef
		۴۰	۱۰۸۳/۶۰ i	۴۲/۳۴ hi
	۱	صفر	۱۵۲۰/۳۵ a	۸۲/۸۴ a
		۲۰	۱۴۹۹/۵۲ a	۸۴/۸۶ a
		۴۰	۱۲۶۷/۲۱ e	۶۴/۲۳ d
۲	صفر	صفر	۱۲۱۹/۶۷ f	۴۵/۳۸ gh
		۲۰	۱۱۱۳/۰۶ h	۴۷/۲۴ g
		۴۰	۹۶۶/۸۵ j	۳۸/۱۲ i
	۱	صفر	۱۳۹۴/۵۲ b	۷۷/۷۷ b
		۲۰	۱۳۳۳/۵۷ c	۷۱/۴۷ c
		۴۰	۱۱۷۱/۶۶ g	۵۸/۳۸ e

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون توکی تفاوت معنی‌داری ندارند.

سپاسگزاری

به این وسیله از معاونت پژوهشی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، برای فراهمی امکانات و تسهیلات لازم و همچنین از همکاران بخش علوم خاک صمیمانه قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- پناهی کرد لاغری خ. و نوربخش ف. ۱۳۸۰. بررسی تغییرات فسفر و پتاسیم قابل استفاده گیاه در خاک و رابطه آن با پاره‌ای از خصوصیات

خاک در سه سری از خاک‌های اصفهان. هفتمین کنگره علوم خاک ایران. ۴-۶ شهریور. دانشکده کشاورزی شهرکرد.
۲- چاکرالحسینی م.ر. و رونقی ع.م. ۱۳۷۸ . تاثیر فسفر و آهن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت و سویا در یک خاک آهکی. ششمین کنگره علوم ایران. دانشگاه فردوسی مشهد.
۳- رونقی ع. و چاکرالحسینی م. و کریمیان ن.ع. ۱۳۸۱. تاثیر فسفر و آهن بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶ (۴): ۹۱ تا ۱۰۲.
۴- سالاردینی ع.ا. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
۵- قربان‌زاده ن. و حق نیا غ. و لکزیان ا. و فتوت ا. ۱۳۸۷. فراهمی فسفر در خاک غنی شده با پودر استخوان و تاثیر آن بر رشد گیاه ذرت. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی-اصفهان دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان. دانشکده کشاورزی. ۲۴-۲۶ اردیبشت ۸۷.
۶- معزاردلان م. و ثواقبی فیروز آبادی غ.م. ۱۳۸۱. مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار (انتشارات ترجمه). چاپ اول انتشارات دانشگاه تهران.
۷- ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. انشارات نشر آموزش کشاورزی، کرج.
۸- ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
9- Abebe G., Hattar B., and Al-Tawaha, A.R.M. 2005. Nutrient availability as affected by manure application to cowpea (*Vigna unguiculate* L.walp.) on calcareous soils. Journal of. Agricultural of Social Science, 1: 1-6.
10- Afif E., Matar A., and Torrent J. 1993. Availability of calcareous soils of west Asia and North Africa. Soil Science Society of America Journal, 57: 756-760.
11- Antonio S.S., Jua S.A., Margarita J., Juana J., and Dolores B. 2006. Improvement of iron uptake in table grape by addition of humic substances. Journal of Plant Nutrition,
12- Aziz T., Ullah S., Sattar A., Farooq M., and Mujtaba khan M. 2010. Nutrient availability and maize (zea mays) growth in soil amended with organic manure. International Journal of Agriculture & Biology, 12: 621-624.
13- Bouyoucos G.J. 1936. Direction for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. Journal of Soil Science, 41: 225-228.
14- Delgado A., Madrid A., kassem S., Andreu L., and Campillo M. C. 2002. Phosphorus fertilizer recovery from calcareous soils amended with humic and fluvic acids. Journal of Plant and Soil, 245: 277-286.
15- Freeman J.S., and Rowell D.L. 1981. The adsorption and precipitation of phosphate on to calcite. Journal of Soil Science 32: 75-84
16- Garg S., and Bahl G.S. 2008. Phosphorus availability to maize as influenced by organic manures and fertilizer P associated phosphatase activity in soils. Journal of Bioresource Technology, 99: 5773-5777
17- Govere M.M., Chien S.H., and Fox R.H. 2004. Evaluation of dissolution of nonconconventional phosphate fertilizers in Zimbabwe soils: effect of soil properties. African Journal of Science and Technologhy, 5: 73-82.
18- Gupta P.k 1999. Soil, Plant, Water and fertilizer analysis. Published by Agrobios (INDIA).
19- Hagin J., Giskin M., and Kafkafi P. 1972. Corn response to phosphate fertilization and residual phosphate level. Journal of Agronomy, 64: 593-597.
20- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L., and Nelson W.L. 1999. Soil fertility and fertilizer an introduction to nutrient management, 6th eds., Macmillan pub. Co. New York, USA, p: 154-196.
21- Hedley M.J., Stewart B.W., and Chauhan. 1982. Changes in inorganic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. Soil Science Society of American Journal, 46: 970-976
22- Laegreid M. Bockman O.C, and Kaarstad O. 1999. Agriculture, fertilizers and environment, CAB international publication.
23- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Journal, 42: 421-428.
24- Lumpwayi N.Z., and Itaque I. 1999. Leucaena hedgerow intercropping and cattle manure application in the Ethiopian high lands I. Decomposition and release. Journal of Biology and Fertility of Soils, 28: 182- 195.
25- Mathan K.K., and Amberger A. 1975. Influence of iron on the uptake of phosphorus by maize. Journal of Plant and Soil, 46 (2): 413- 422.
26- Olsen S.R., Cloe V., Watnebe F.S and Pean L.A. 1954. Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA, 939 USA.
27- Reddy.D.D., Roa A.S., and Singh M. 2001. Crop residue addition effects on myriad forms and sorption of phosphorus in a vertisol. Bioresource Technology, 80: 93-99.
28- Rees R.M., Ball B.C., Campbell C.D., and Waston, C.A. 2001. Sustainable management of soil organic matter. British Society of Soil Science. CABI publishing.
29- Saad A.S., Muna A.A., Eltahir A.O., and Tageldin E.M.H. 2009. Phosphorus supply and phosphorus supply and

phasseolus vulgaris performance grown in shambat clay alkalin soil and influenced by farmyard manure, Austalian Journal of Basic and Applid Science, 3 (3): 2598-2606.
30- Samadi A., and Gilkes R.J. 1999. Phosphorus transformations and their relationships with calcareous soil properties of southern western Australia. Soil Science Society of America Journal 63: 809-815.
31- Sarhadi-Sardoui J., Ronagashi A., Maftoun M., Karimian N. 2003. Growth and chemical composition of corn in three calcareous sandy soilof Iran as affected by applid phosphorus and manure. Journal of Agricultural Science and Technology, 5: 77-84.
32- Singh M., and Dahiya S.S. 1976. Effect of calcium carbonate and iron on the availability and uptake of iron, manganese, phosphorus and calcium in pea. Journal of Plant and Soil, 44: 511-520.
33- Sui Y., and Thompson M.L. 2000. Phosphorus sorption, desorption and buffering capacity in biosolids-amended Mollisol. Science Society American Journal, 64: 164-169.
34- USEPA. 2003. Ecological soil screening level for iron. USEPA, Washington. DC 24460. Available at http://www.epa.gov/ecotox/ecossl
35- Vityakon P., and Seripong S. 1988. Effects of manure on soil chemical properties, yields, and chemical compositions of Chinese kale grown in alluvial and sandy paddy soils of northeast Thailand, II Nutrient Contents and relationships with yields, Kasetsart Journal (Natural Science), 22: 362-370
36- Waling I., Van Vark W., Houba V.J.G., and Der Lee J.J. 1989. Soil and Plant analysis, a series of syllabi. Part 7, Plant Analysis Procedures. Wageningen Agriculture University.
37- Walkley A., and Black A.I. 1934. Examination of the degtjareff method for determining Soil organic matter and organic matter and a proposed modification of the chromic and titration method. Journal of Soil Science, 34: 29-38.
38- Wandruszka R. V. 2006. Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. Journal of Geochemical Transactions, 7:6.
39- Whalen J.K., Ching and Olsen B.M. 2001. Nitrogen and phosphorous mineralization potentials of soil receiving repeated annul cattle manure. Journal of Biology and Fertility of Soils, 34: 334-341.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No.5, Nov.-Dec. 2012, p. 1083-1091

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۱، ص. ۱۰۹۱-۱۰۸۳

Intraction of Lime, Organic Manure and Iron on Phosphorus Uptake in Maize

L. Ghorashi[1]*- G.H. Haghnia[2]- A. Lakzian[3] - R. Khorasani[4]

Received: 10-08-2011
Accepted: 10-06-2012

Abstract

The efficiency use of phosphorus is the main aspect in soil fertility and crop production. Various soil factors including lime, antagonism with other element like iron and quantity of organic matter influence bioavailability of phosphorus. In this study the effects of lime, iron and organic matter on growth and phosphorus uptake of maize were evaluated. A greenhouse experiment was conducted with two levels of lime (0, 2% calcium carbonate) two levels of organic matter (0 , 1 % cattle manure), three levels of iron (0, 20, 40 $kgha^{-1}$ Sequestrene 138) and three levels of phosphorus (0, 200, 400 $kgha^{-1}$ triple super phosphate). The experimental design used, was completely randomized, factorial, with 2 replications. Results showed that application of cattle manure significantly increased shoot dry weight, phosphorus concentration and phosphorus uptake of maize. The application of lime had no significant effect on shoot dry weight but it decreased phosphorus concentration and phosphorus uptake of maize. Iron treatment increased shoot dry weight at 20 $kgha^{-1}$ iron but had a negative effect at higher levels of iron. Application of phosphorus increased the concentration and phosphorus uptake of plants but iron's application revealed an opposite effect. The study showed that application of organic manure can decline the negative effects of lime and iron on maize growth.

Keywords: Calcium carbonate, Cattle manure, Plant nutrition, Phosphorus and iron interaction

1, 2, 3, 4- MSc Student, Prof., Associate Prof., and Assistant Prof. of Soil Science and Academic Members of Soil Science Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively
(*- Corresponding Author E-mail: leili.ghorashi@gmail.com)