



اثرات غلظت‌های مختلف بور بر جذب سطحی فسفر در یک خاک آهکی

اکبر حسنی*، ابراهیم باباییان، محمود محمدی

دانشجویان دکتری خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

Akbarhasani62@gmail.com

چکیده

فسفر عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است که در فاز جامد خاک به اشکال مختلف مانند شکل جذب سطحی شده دیده می‌شود. عوامل مختلفی بر جذب سطحی فسفر تاثیرگذار هستند. یکی از این عوامل حضور آنیونهای رقیب در فرآیند جذب سطحی است. بور یکی از این آنیونهاست که ممکن است در غلظت بالا جذب سطحی فسفر را تحت تاثیر قرار دهد. هدف از این پژوهش بررسی جذب سطحی فسفر در حضور بور و مقایسه بین جذب سطحی بور و فسفر بود. بدین منظور یک خاک آهکی غیر کشاورزی انتخاب و آزمایشات جذب سطحی فسفر در سطوح غلظتی 0، 2 و 20 میلی‌گرم در لیتر بور و همچنین آزمایش جذب سطحی بور به منظور مقایسه آن با فسفر روی این خاک انجام شد. توصیف داده‌ها با دو معادله لانگمویر و فروندلیچ نشان داد که هر دو معادله، به خوبی داده‌ها را توصیف کرده‌اند. جذب سطحی فسفر و بور به ترتیب در غلظت‌های تعادلی 0/15 و 9 میلی‌مولار به حداکثر مقدار خود رسیدند. حداکثر جذب فسفر و بور از طریق معادله لانگمویر به ترتیب 4/8 و 1/7 میکرومول بر گرم خاک محاسبه شد. حضور بور تاثیر چندانی بر جذب سطحی فسفر نداشت که نشان دهنده عدم رقابت این دو آنیون در فرآیند جذب سطحی بود.

کلمات کلیدی: بور، جذب سطحی، فسفر، معادلات لانگمویر و فروندلیچ

مقدمه

فسفر به عنوان یکی از عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه، رفتار شیمیایی نسبتاً پیچیده‌ای در خاک دارد. این عنصر در فاز جامد خاک بیشتر به شکل فسفات‌های کلسیم و فسفات‌های آهن و آلومینیوم به ترتیب در خاک‌های آهکی و اسیدی دیده می‌شود. فسفر جذب سطحی شده درصدی از فسفر کل خاک را شامل می‌شود. جذب سطحی فسفر در خاک‌ها به طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. جذب سطحی فسفر در خاک تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد. عواملی مثل pH، مقدار و نوع اکسیدهای آهن و آلومینیوم، کانیهای رس، درصد مواد آلی، مقدار آهک، پتانسیل اکسیداسیون و احیا، مقدار گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) و آنیونهای رقیب می‌توانند جذب سطحی فسفر را تحت تاثیر قرار دهند (Holford and Patrick, 1979; Ryan and Curtin, 1985; Simonetta and Valeria, 1999). فسفر به طور معمول به عنوان یک آنیون قوی در فرآیند جذب سطحی توسط ذرات خاک مطرح است. با این وجود حضور سایر آنیونها در غلظت‌های بالا ممکن است جذب سطحی آن را تحت تاثیر قرار دهد. بور یکی دیگر از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه است که در محلول خاک به شکل اسید بوریک و آنیون بورات دیده می‌شود. غلظت بور به طور معمول در خاک ناچیز بوده و همچنین جذب سطحی آن نیز نسبت به سایر اکسی آنیونها ضعیف است (Goldberg, 1997). اما در برخی شرایط در برخی مناطق، مخصوصاً مناطق شور و کم آب که آب آنها نیز شور می‌باشد و نیز در مناطق کویری و حاشیه کویری نظیر اردکان، جهرم، جیرفت و قم ممکن است غلظت آن به طور قابل ملاحظه‌ای در محلول خاک افزایش پیدا کند. علیرغم مطالعات انجام شده، جذب سطحی فسفر در حضور بور در غلظت‌های بالا مورد بررسی قرار نگرفته است هدف از این پژوهش بررسی جذب سطحی فسفر در شرایط غلظت بالای بور در محلول خاک و همچنین مقایسه جذب سطحی فسفر با جذب سطحی بور است.



مواد و روشها

به منظور کاهش اثر کودهای فسفاته، یک نمونه خاک غیرکشاوری واقع در شمس آباد قم (Coarse loamy, mixed thermic-typic torroflents) با مقدار 18 درصد کربنات کلسیم معادل (CCE¹) و به روش نمونه برداری مرکب، از عمق 0 تا 30 سانتی متری تهیه شد. بافت، درصد کربنات کلسیم معادل و درصد مواد آلی نمونه خاک با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (Page and Miller, 1982). در آزمایش جذب سطحی فسفر مقدار 3/12 گرم خاک در تیوبهای سانتریفیوژ 50 میلی لیتری ریخته شد. به هر تیوب 25 میلی لیتر از محلولهایی 0/01 مولار کلرید کلسیم (CaCl₂) که غلظت کل فسفر در آنها بین صفر تا 20 میلی گرم در لیتر متغیر بود، اضافه شد. تیوبها به مدت 24 ساعت بر روی شیکر دورانی با سرعت 180 دور در دقیقه قرار گرفتند. سپس نمونهها به مدت 20 دقیقه و با 5500 دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از سانتریفیوژ کردن، بخشی از محلول صاف رویی برای اندازه‌گیری غلظت فسفر در یک بطری پلاستیکی ریخته شد. pH نمونهها در باقیمانده سوسپانسیون اندازه‌گیری گردید. مقدار فسفر جذب سطحی شده، از تفاوت غلظت کل و غلظت تعادلی محاسبه گردید. برای تعیین اثر رقابتی بور، آزمایش فوق در سه سطح غلظتی 0 (شاهد)، 2 و 20 میلی گرم در لیتر بور تکرار شد.

همدمای جذب سطحی بور در نسبت خاک به محلول 1 به 3 تعیین گردید. در این آزمایش ابتدا مقدار 8/12 گرم خاک در لوله‌های سانتریفیوژ 50 میلی لیتری ریخته شد. نمونه های خاک در تعادل با محلولهایی حاوی 0، 2، 4، 6، 8، 10، 16، 20، 25، 30، 40 و 60 میلی گرم در لیتر اسید بوریک و غلظت 0/01 مولار الکترولیت کلرید کلسیم قرار گرفتند. مقدار بور جذب سطحی شده، از تفاوت غلظت کل و غلظت تعادلی محاسبه گردید. برای توصیف کمی داده‌های جذب سطحی، از معادله‌های تجربی لانگمویر (معادله 1) و فروندلیچ (معادله 2) استفاده شد.

$$\Gamma = \Gamma_{\max} Kc / 1 + Kc \quad [1]$$

$$\Gamma = Kc^m \quad [2]$$

در معادله اول، Γ ، c و Γ_{\max} به ترتیب مقدار یون جذب شده، غلظت تعادلی (مول بر لیتر) و حداکثر جذب سطحی و در معادله دوم، K و m پارامترهای ثابت معادله هستند. پارامترهای معادله‌ها به روش رگرسیون غیرخطی (NLLS²) محاسبه گردید.

نتیجه‌گیری

مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک در جدول 1 دیده می‌شود. نتایج حاصل از جذب سطحی فسفر در سه سطح غلظتی بور و همچنین جذب سطحی بور در شکل‌های 1 و 2 دیده می‌شود. مقدار محاسبه شده پارامترهای معادله‌های مورد استفاده و ضریب همبستگی در جدول 2 ذکر شده است. نتیجه محاسبات نشان داد هر دو معادله فروندلیچ و لانگمویر می‌توانند جذب سطحی بور را به خوبی پیش‌بینی کنند. با توجه به مزیت‌های معادله لانگمویر نسبت به معادله فروندلیچ (توانایی پیش بینی حداکثر جذب سطحی و دارا بودن پایه ترمودینامیکی)، می‌توان گفت معادله لانگمویر می‌تواند به عنوان معادله بهتر انتخاب گردد.

جدول 1- برخی از مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

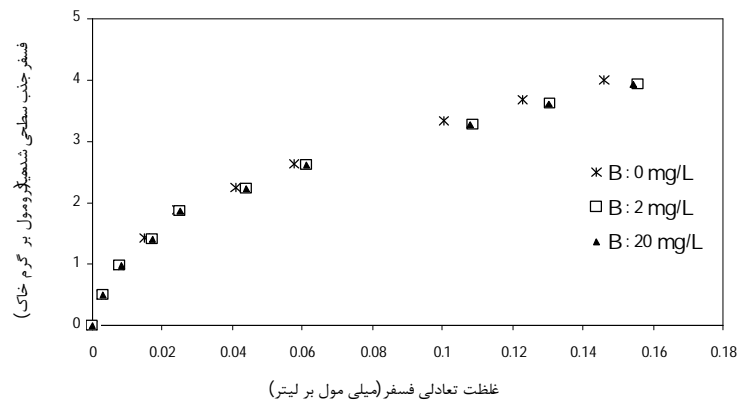
درصد کربنات کلسیم معادل	pH	آهن و آلومینیوم %		آهک فعال %	کربن آلی %	شن %	سیلت %	رس %
		بلورین	بی شکل					
18	7/4	0/09	0/90	9/2	0/23	26/5	45/0	28/5

¹. Calcium Carbonate Equivalent² - Non Linear Least Square

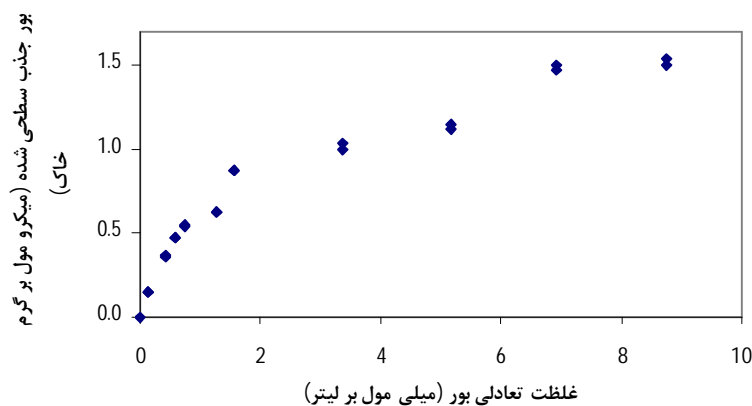


جدول 2- پارامترهای محاسبه شده معادله‌های فروندلیچ و لانگمویر. حداکثر جذب سطحی بور (Γ_{max}) حسب $\mu\text{mol/g}$ است.

ایزوترم	فروندلیچ		لانگمویر		ضریب همبستگی (R^2)
	ثابت جذب سطحی (K)	m	ثابت جذب سطحی (K)	حداکثر جذب سطحی (Γ_{max})	
فسفر (بور 0)	0/01	0/46	25/31	0/0048	0/99
فسفر (بور 2)	0/01	0/44	25/28	0/0047	0/98
فسفر (بور 20)	0/01	0/44	25/28	0/0047	0/98
بور	0/00059	0/44	0/53	0/00017	0/97



شکل 1- اثر افزایش غلظت بور بر میزان فسفر جذب سطحی شده



شکل 2- اثر افزایش غلظت بور بر میزان بور جذب سطحی شده

در شکل 1 دیده می‌شود که جذب سطحی فسفر در غلظت تعادلی 0/15 میلی مولار به حداکثر خود رسیده است. ژو و لی نیز در آزمایش جذب سطحی فسفر در یک خاک آهکی نشان دادند که جذب سطحی فسفر در غلظت تعادلی 0/16 میلی مولار به



حداکثر رسیده و پس از آن واکنش‌های مربوط به تشکیل رسوب فسفات‌های کلسیم آغاز می‌شود (Zhou and Li, 2001). به نظر می‌رسد مقدار حداکثر جذب سطحی فسفر تحت تاثیر عوامل تاثیرگذار بر آن تغییر می‌کند. در شکل 1 دیده می‌شود که با افزایش غلظت بور جذب سطحی فسفر تغییر چندانی نمی‌کند. این مسئله نشان می‌دهد تأثیر بور بر جذب سطحی فسفر ناچیز است. گلدبرگ و همکاران گزارش دادند بور رقابت چندانی با سایر آنیونها ندارد. آنان با بررسی جذب سطحی بور در حضور چند آنیون نتیجه گرفتند که احتمالاً مکانهای جذب سطحی بور به طور تخصصی عمل کرده و بر جذب سطحی سایر آنیونها تأثیر نمی‌گذارد (Goldberg, 1997). بینگهام و پیچ نیز گزارش دادند که رفتار جذب سطحی بور تفاوت آشکاری با سایر آنیون‌های معدنی دارد. حداکثر جذب سطحی آنیون‌هایی نظیر کلرات، نیترات، سولفات و فسفات در مقادیر pH های اسیدی رخ می‌دهد در حالیکه حداکثر جذب سطحی بور در pH نزدیک 9 اتفاق می‌افتد. آنها گزارش کردند در محلول‌هایی که غلظت فسفات در آنها افزایش می‌یافت، تغییری در مقدار بور جذب سطحی شده دیده نمی‌شد. مقدار pK اسید بوریک نزدیک 9 است در حالیکه مقدار pK اسید فسفریک در pH اسیدی قرار دارد و لذا رقابت بین آنها چندان محتمل به نظر نمی‌رسد. آنان نتیجه گرفتند مکان‌های جذب سطحی بور در خاک احتمالاً با مکان‌های جذب سطحی سایر آنیونها مثل فسفات متفاوت است (Bingham and Page, 1971). این نکته را می‌توان با توجه به توزیع گونه‌های بور در فاز محلول نیز توضیح داد که نشان می‌دهد عدم وجود رقابت شدید بین بور و فسفر در فرآیند جذب سطحی احتمالاً ناشی از تفاوت در مکانیسم جذب سطحی آنها است. یعنی در pH پایین و متوسط، جایی که فسفات به شدت از طریق فرآیند تبادل لیگاندی جذب سطحی می‌شود، بور به شکل مولکولی ($H_3BO_3^0$) است. بنابراین با پیوندهای ضعیف و عمدتاً به شکل الکتروستاتیک جذب سطحی می‌گردد. بر این اساس مکان‌های جذب آنها احتمالاً متفاوت است و در نتیجه رقابت چندانی با یکدیگر ندارند.

منابع

- Bingham, F. T. and A. L. Page. 1971. Specific character of boron adsorption by an amorphous soil. *Soil Science Society of American Journal*. 35:892-893.
- Goldberg, S. 1997. Reactions of boron with soils. *Plant and Soil*. 193(1-2):35-48.
- Holford, I. C. R. and W. H. Patrick. 1979. Effects of reduction and pH changes on phosphate sorption and mobility in an acid soil. *Soil Science Society of American Journal*. 43:292-297.
- Page, A. L. and R. H. Miller. 1982. *Methods of soil analysis, part 2, Chemical and microbiological properties*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, Inc. Soil Science of American, USA.
- Ryan, J. and D. Curtin. 1985. Significance of iron oxides and calcium carbonate particle size in phosphate sorption by calcareous soils. *Soil Science Society of American Journal*. 49:74-76.
- Simonetta, T. and P. Valeria. 1999. Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils: the role of calcium ions in solution and carbonate minerals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 53:219-227.
- Zhou, M. and Y. L. I. 2001. Phosphorous-sorption characteristics of calcareous soils and limestone from the southern everglades and adjacent farmlands. *Soil Science Society of American Journal*. 65:1404-1412.