



بررسی تأثیر غلظت اسید مالیک بر ویژگی‌های جذب فسفر در برخی خاکهای آهکی

ابراهیم سپهر¹، ندا مرادی²، میرحسن رسولی صدقیانی¹، و بابک عبدالهی³
¹اعضای هیات علمی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه
²دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه ارومیه
³عضو هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ارومیه
e.sepehr@urmia.ac.ir

چکیده

مطالعه واکنش‌های فسفر و نقش اسید مالیک در جذب فسفر خاک از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور ارزیابی اثر غلظت اسید مالیک بر جذب فسفر در خاکهای آهکی، به 2/5 گرم از نمونه‌های خاک غلظتهای فسفر از صفر تا 20 میلی گرم بر لیتر و غلظت 2 و 5 میلی مول بر لیتر از اسید مالیک در محلول زمینه کلرید کلسیم 0/01 مولار اضافه شد. تفاوت غلظت فسفر در محلول‌های اولیه و نهایی به عنوان مقدار جذب سطحی شده در نظر گرفته شد و ارتباط آن با غلظت تعادلی فسفر بوسیله مدل‌های فروندلیچ، لانگمویر و خطی برازش داده شد. نتایج نشان داد با کاربرد اسید مالیک و افزایش غلظت آن میزان جذب فسفر بطور معنی‌دار کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: اسید مالیک، خاک‌های آهکی، فسفر، ویژگی‌های جذب

مقدمه

قابلیت دسترسی فسفر یکی از محدودیت‌های عمده در رشد گیاهان است. گیاهان ممکن است در مقادیر بالای فسفر کل خاک نیز از کمبود آن رنج ببرند. غلظت فسفر محلول خاک (کمتر از 5 میکرومولار) پایین بوده و در مقایسه با مقدار فسفری که با کانیتهای خاک و یا مکانهای باردار پیوند تشکیل داده و یا به شکلهای آلی وجود دارد ناچیز می‌باشد (Marschner و همکاران، 1955).

گیاهان با استفاده از استراتژی‌های مختلف می‌توانند بر کمبود فسفر فائق آیند که این استراتژی‌ها سبب افزایش کارایی مصرف فسفر و استخراج بیشتر فسفر از خاک می‌گردند (Schachtman و همکاران، 1998). تغییر در سوخت و ساز سلولی و توسعه ریشه، اسیدی کردن ریزوسفر، ایجاد همزیستی میکوریزی و ترشح اسیدهای آلی از مهمترین استراتژی‌های جذب فسفر هستند. اسیدهای آلی در ریزوسفر با گروههای فسفات برای مکانهای جذب در خاک رقابت می‌کنند، و همچنین کمپلکس‌های قویتری با Al^{3+} ، Fe^{2+} و Ca^{2+} در مقایسه با فسفات تشکیل می‌دهند، در نتیجه فسفر را می‌توانند از ترکیب‌های Ca-P، Fe-P و Ca-P آزاد نمایند (Khademi و همکاران، 1386؛ Fox و Comerford، 1990). اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم دارای حداقل یک گروه کربوکسیل (R-COOH) بوده و به دلیل نقش اصلی آنها در متابولیسم سلولی، در تمام ارگانیسم‌های زنده یافت می‌شوند (Marschner، 1995). از بین اسیدهای آلی، اسیدهای اگزالیک، سیتریک و مالیک به مقدار بیشتری نسبت به سایر اسیدها در محلول خاک وجود دارند (Strobel، 2001). این پژوهش با هدف مطالعه تأثیر اسید مالیک در غلظتهای مختلف بر ویژگی‌های جذب فسفر در تعدادی از خاکهای آهکی انجام گردید.



مواد و روش‌ها

برای انجام این آزمایش تعداد 5 نمونه خاک سطحی (30-0 سانتیمتری) از خاک‌های زراعی استان آذربایجان غربی جمع آوری شد. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن، از الک 2 میلی متری عبور داده شده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک بوسیله روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین شدند (جدول 1). به منظور مطالعه جذب فسفر در حضور اسید مالیک، بر روی 2/5 گرم از نمونه‌های خاک، 25 میلی لیتر محلول کلرید پتاسیم (KCl) 0/01 مولار حاوی غلظت‌های فسفر از 0 تا 20 میلی گرم برلیتر (از منبع KH_2PO_4) ریخته و اسید مالیک در غلظت‌های 0، 2 و 5 میلی مول بر لیتر به آنها اضافه گردید. برای جلوگیری از فعالیت میکروبی دو قطره تولوئن 1% به عصاره‌ها افزوده شد و سوسپانسیون‌ها به مدت 24 ساعت در دمای 25 درجه سانتی‌گراد گذاشته شدند. بعد از تعادل نمونه‌ها و سانتی‌فیوژ و صاف کردن، غلظت فسفر در محلول به وسیله روش آبی مولیبدات (Murphy و Riley, 1962) تعیین شد. اختلاف غلظت فسفر در محلول‌های اولیه و تعادلی به عنوان مقدار جذب شده در نظر گرفته شد. برای تعیین ویژگی‌های جذب فسفر از سه مدل فروندلیچ، لانگمویر و خطی استفاده گردید. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گردید. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزارهای Costate انجام و برای مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول 1 برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد که دارای خصوصیات متنوعی بوده بطوریکه مقدار فسفر قابل استفاده در خاکها از 11 تا 61 با میانگین 27/2 میلی گرم بر کیلوگرم، کربنات کلسیم معادل از 4 تا 28 درصد (با میانگین 13/5 درصد) و pH خاک‌های مورد مطالعه در محدوده 8 تا 7/4 (با متوسط 7/6) متغیر بود (جدول 1).

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های مطالعه شده

شماره خاک	محل نمونه برداری	pH	CCE %	OC %	CEC ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)	فسفر اولسن (mg kg^{-1})	رس %	سیلت %	بافت
S ₁	خلیفان	7/4	4/4	1/2	30	23	50	40	رسی
S ₂	صوفی چای	7/6	9/3	1/2	29	22	47	41	رس سیلتی
S ₃	روضه چای	8/0	22	0/9	27	19	33	44	لوم رسی
S ₄	پسوه	7/5	28	1/6	38	11	56	34	رسی
S ₅	راهدانه	7/5	4/2	0/3	21	61	10	20	لوم شنی

CEC، ظرفیت تبادل کاتیونی؛ CCE، کربنات کلسیم معادل؛ OC، کربن آلی

داده‌های جذب به دست آمده برای هر خاک در حضور اسید مالیک، به وسیله سه مدل فروندلیچ و لانگمویر و خطی برازش داده شد. مقادیر ضریب تبیین (R^2) نشان داد که مدل فروندلیچ و خطی در تمام خاک‌ها جذب فسفر را به خوبی توصیف کردند، ولی معادله لانگمویر با داده‌های جذب در خاک‌های تیمار شده با اسید مالیک برازش خوبی نشان نداد که این امر می‌تواند بدلیل انعطاف‌پذیری معادله فروندلیچ برای توصیف پدیده‌های جذبی در خاک باشد (Zhou و همکاران، 1997).



معادله فروندلیچ قدیمی‌ترین معادله مورد استفاده در بررسی جذب فسفر در خاک بوده و بر اساس آن با افزایش پوشش سطح، انرژی پیوند به صورت نمایی کاهش می‌یابد (Sibbesen, 1981). نتایج برآزش داده‌های جذب فسفر با معادله فروندلیچ در خاکهای تیمار شده با اسید مالیک در جدول 2 نشان داده شده است. با افزایش غلظت اسید مالیک پارامتر n و K_f به طور معنی‌داری کاهش یافتند که بطور ضمنی نشان دهنده کاهش شدت جذب فسفر با کاربرد اسید مالیک و در نتیجه افزایش فسفر محلول و قابلیت جذب آن برای گیاه می‌باشد.

جدول 2. پارامترهای معادله فروندلیچ در خاکهای تیمار شده با غلظتهای مختلف اسید مالیک (mmol L^{-1})

شماره خاک	n			$K_f (\text{L kg}^{-1})$		
	5	2	0	5	2	0
1	1/13 b	1/41 ab	1/51 a	55/10c	63/71 b	67/79a
2	1/28 b	1/31 b	1/50 a	46/10c	54/81 b	69/77 a
3	0/91 b	1/34 a	1/34 a	29/79 c	50/11 b	65/93 a
4	1/07 c	1/23 b	1/58 a	42/21 c	57/05 b	83/93 a
5	0/62 b	1/07 a	1/08 a	8/17b	27/13 a	27/83 a

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 اختلاف معنی‌دار دارند.

در مدل خطی شیب خطوط بدست آمده که سنجشی از توانایی خاک در حفظ شدت فسفر در محلول خاک است، ظرفیت بافری تعادلی (EBC) نامیده می‌شود (Kpombekou-A و Tabatabai, 1997). این کمیت نشان دهنده تغییر فاکتور کمیت به ازای هر واحد تغییر در فاکتور شدت است. به عبارت دیگر در شرایط فسفر لبایل یکسان، در خاکهایی با EBC کم، شدت فسفر بیشتر است. ظرفیت بافری تعادلی در برخی خاکهای تیمار شده با افزایش غلظت اسید مالیک کاهش معنی‌داری ($P < 0/05$) نشان داد (جدول 3).

جدول 3. پارامترهای معادله خطی در خاکهای تیمار شده با غلظتهای مختلف اسید مالیک (mmol L^{-1})

شماره خاک	SPR (mg kg^{-1})			EBC (L kg^{-1})		
	5	2	0	5	2	0
1	23/78 b	31/33a	31/33a	39/87 a	37/49a	40/72 a
2	21/29 b	26/16b	32/53 a	31/51 b	36/15 b	42/21 a
3	2/49 c	22/14 b	30/54 a	33/30c	37/59 b	43/36 a
4	13/56 c	25/86 b	39/59 a	39/31 b	41/57 b	49/50a
5	-12/39 c	4/75 a	5/48 a	29/71 a	28/72 a	28/81 a

میانگین‌های با حروف غیر مشابه در هر ستون از نظر آماری با آزمون دانکن در سطح احتمال 0/05 اختلاف معنی‌دار دارند.

یکی از موارد کاربرد همدماهای جذب، برآورد نیاز کودی خاکها می‌باشد. در این پژوهش شاخص SPR (نیاز استاندارد فسفر) بر پایه فسفر 0/4 میلی‌گرم در کیلوگرم (Samadi, 2006) و با استفاده از معادله خطی صورت گرفت (جدول 3). این شاخص با افزایش غلظت اسید مالیک در همه خاکها به طور معنی‌داری ($P < 0/05$) کاهش یافت، بطوریکه در غلظت 2 و 5 میلی مول بر لیتر اسید مالیک نسبت به غلظت صفر به ترتیب 5/8 و 18/1 درصد کاهش یافت. کاهش



SPR نشان دهنده تاثیر اسید آلی در واجذب فسفر از روی سطوح خاک می باشد، چرا که اسیدهای آلی با جذب روی سطوح جذب کننده باعث افزایش مقدار بار منفی ذرات شده و دفع آنیونی را افزایش می دهند و با افزایش نسبت اسیدآلی به فسفات، اسیدهای آلی مکانهای سطحی بیشتری را نسبت به فسفر اشغال می نمایند، در نتیجه باعث کاهش مکانهای قابل دسترس برای جذب فسفر می شود. مکانیسم جذب فسفر بر روی سطوح کانپها عمدتاً واکنش تبادل لیگاندی و شبیه مکانیسم جذب اسیدهای آلی می باشد (Violante و Gianfreda, 1995).

نتیجه گیری

بطور کلی کاربرد اسید مالیک در خاکهای آهکی باعث تغییر در ویژگی های جذب فسفر شد و با افزایش غلظت اسید مالیک میزان جذب فسفر توسط ذرات خاک و نیاز استاندارد فسفر (SPR) بطور معنی داری کاهش یافت. بنابراین مصرف اسیدهای آلی به همراه کودهای فسفاته و یا اسکرین و اصلاح ارقامی که بتوانند اسیدهای آلی زیادی از ریشه های خود به محیط ریزوسفر ترشح کنند می تواند گامی مهم در کاهش مصرف کودهای فسفاته و در نتیجه کاهش اثرات زیست محیطی باشد.

منابع

- خادمی ز، ملکوتی م و جونز د، 1386. اثر اسیدهای آلی در قابلیت جذب عناصر غذایی در ریزوسفر، مجله علوم خاک و آب، جلد دوم، شماره 21. صفحه های 180 تا 189.
- Fox TR and Comerford NB, 1990. Low-molecular weight organic acids in selected forest soils in the Southeastern USA. *Soil Sci. Soc. Am. J* 54: 1139-1144.
- Kpombekou-A K and Tabatabai MA, 1997. Effect of cropping system on quantity-intensity relationships of soil phosphorus. *Soil Sci* 162: 56- 68.
- Marschner H, 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London
- Murphy J and Riley JP, 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chemica Acta* 27: 31-36.
- Samadi A, 2006. Phosphorus Sorption Characteristics in Relation to Soil Properties in Calcareous Soils of Western Azarbaijan Province, Iran. *J. Agric. Sci. Technol* 8: 251-264.
- Schachtman DP, Reid RJ and Ayling SM, 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. *Plant Physiol* 116:447-453
- Sibbesen E, 1981. Some new equations to describe phosphate sorption by soils. *J. Soil*
- Strobel BW, 2001. Influence of vegetation on low-molecular-weight organic carboxylic acids in soils solution- a review. *Geodema* 99: 169-198.
- Violante A and Gianfreda L, 1995. Adsorption of phosphate on variable charge mineral: competitive effect of organic ligands. In: Huang PM, Berthelin J, *et al*, editors. Environmental impact of soil component interactions vol. 2. Boca Roton, Florida: CRC Press. pp. 29± 38.
- Zhou M, Rhue RD and Harries WG, 1997. Phosphorus sorption characteristics of Bh and Bt horizons from sandy coastal plain soils. *Soil Sci. Soc. Am. J* 61:1364-1369.