



نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار  
جلد چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۳  
<http://ejms.gau.ac.ir>



گزارش کوتاه علمی

## اثر اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین در آزادسازی فسفر از سنگ فسفات

ابراهیم رحیم‌پور<sup>۱</sup>، \* ابراهیم سپهر<sup>۲</sup>، میرحسن رسولی‌صدقیانی<sup>۲</sup> و عبداللطیف قلی‌زاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه، <sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه ارومیه،

<sup>۳</sup> استادیار گروه تولیدات گیاهی، گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۹

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین بر حل‌پذیری سنگ فسفات برای استفاده مستقیم در فعالیتهای کشاورزی، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با فاکتور نوع اسید آلی شامل استیک، سالیسیک، مالیک، سیتریک و اگزالیک و پنج غلظت اسید (۰/۵، ۱، ۲، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار) و تیمار شاهد (بدون اسید) بر روی دو نوع سنگ فسفات (آذرین یزد و رسوبی یاسوج) در ۳ تکرار انجام گردید. نتایج نشان داد کاربرد اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین باعث آزادسازی مقادیر زیادی فسفر از هر دو نوع سنگ فسفات شد. در بین اسیدهای آلی، اسید سیتریک و اگزالیک مؤثرتر از بقیه بودند. در نوع آذرین یزد اسید سیتریک میزان فسفر محلول را به‌طور میانگین از ۲۱ به ۴۸۷ میکروگرم بر لیتر افزایش داد و در نوع رسوبی یاسوج در حضور اسید اگزالیک، میزان فسفر محلول از ۳۶ به ۴۰۰ میکروگرم بر لیتر افزایش یافت. با افزایش غلظت اسیدهای آلی میزان فسفر محلول به‌طور معنی‌داری ( $P < 0/01$ ) در هر دو سنگ فسفات افزایش یافت و به‌طور میانگین از ۲۱ به ۸۸۸ میکروگرم بر لیتر در نوع آذرین یزد و از ۳۶ به ۵۴۶ میکروگرم بر لیتر در نوع رسوبی یاسوج رسید. میزان فسفر محلول ۲۰۰ میکروگرم بر لیتر (حد بحرانی فسفر برای رشد گیاهان) برای نوع آذرین و رسوبی به‌ترتیب در محدوده غلظت ۰/۵ و ۵ میلی‌مولار اسیدها به‌دست آمد. در نتیجه می‌توان گفت میزان آزادسازی فسفر علاوه بر نوع و غلظت اسیدهای آلی به ترکیبات تشکیل‌دهنده سنگ فسفات نیز بستگی دارد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهای آلی، اگزالیک، سنگ فسفات، سیتریک، فسفر محلول

\* مسئول مکاتبه: [e.sepehr@urmia.ac.ir](mailto:e.sepehr@urmia.ac.ir)

**مقدمه**

پژوهش‌های مختلفی در جهت افزایش حل‌پذیری سنگ فسفات با تأکید بر کاربرد میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات (واسیلیو و همکاران، ۲۰۰۱؛ گوپتا و همکاران، ۲۰۰۷) و همچنین در زمینه کاربرد میکروارگانیزم‌ها و استفاده از گیاهان با قابلیت ترشح اسیدهای آلی (داپونیس و همکاران، ۲۰۰۵؛ فاتح و همکاران، ۲۰۱۱؛ سپهر و همکاران، ۲۰۱۲) صورت گرفته است. اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین حداقل دارای یک گروه کربوکسیل ( $R-COOH$ ) می‌باشند و به دلیل نقش اصلی که در متابولیسم سلولی دارند در تمام ارگانیزم‌های زنده یافت می‌شوند و ترشح اسیدهای آلی مهم‌ترین پاسخ گیاه در شرایط کمبود فسفر می‌باشد و از این طریق ریشه با ترشح این اسیدها و آزادسازی فسفر، نیاز غذایی فسفری خود را تأمین می‌نماید (مارشزر، ۱۹۹۵؛ لو و همکاران، ۲۰۰۱). به این ترتیب کارهای بسیار گسترده‌ای در نقاط مختلف جهان در حال انجام است تا سازوکارهای کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی و در نتیجه ژن‌های کدکننده آن‌ها مشخص و این صفات به ارقام استراتژیک و پرمحصول انتقال داده شوند که از آن به‌عنوان ریشه‌های انقلاب سبز دوم یاد می‌کنند (لینچ، ۲۰۰۷). بنابراین امروزه دانشمندان به سمت مطالعه گیاهان و ژنوتیپ‌هایی رفته‌اند که توانایی بالایی در جذب و مصرف فسفر داشته و بتوانند فسفر را از شکل‌های نامحلول آن مانند آپاتیت که در خاک‌های آهکی رسوب می‌کند جذب نمایند و عملکرد نسبی قابل‌قبولی تولید کنند (ایران‌شهر و سپهر، ۲۰۱۲). بنابراین با توجه به اهمیت اسیدهای آلی مترشحه از ریشه ارقام فسفر کارا به منطقه ریزوسفر و نقش آن‌ها در آزادسازی عناصر غذایی از منابع کم‌محلول به‌ویژه فسفر و پژوهش‌های اندک در مورد تأثیر مستقیم این اسیدها بر سنگ فسفات‌های موجود در ایران، این آزمایش با هدف تأثیر انواع اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین شامل استیک، سالسیلیک، مالیک، سیتریک و اگزالیک بر میزان آزادسازی فسفر از سنگ فسفات و در نتیجه امکان استفاده مستقیم سنگ فسفات به‌جای کودهای فسفاته، روی دو نوع سنگ فسفات ایرانی انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها**

آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۱۳۹۰ در آزمایشگاه خاکشناسی دانشگاه ارومیه انجام گردید. فاکتورهای اسید آلی شامل استیک، سالسیلیک، مالیک، سیتریک و اگزالیک (ساخت شرکت Merck آلمان)، تهیه شده در ۵ غلظت (۰/۵، ۱، ۲، ۵ و ۱۰ میلی‌مولار) و تیمار شاهد (بدون اسید)، بر روی دو نوع سنگ فسفات (آذرین یزد و رسوبی یاسوج)

## ابراهیم رحیم پور و همکاران

در ۳ تکرار انجام گردید. نتایج ایکس آر اف<sup>۱</sup> نمونه‌های سنگ فسفات استفاده شده در این آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- غلظت ترکیبات اصلی موجود در نمونه سنگ فسفات‌های مختلف.

Cl	SO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MgO	F	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CCE	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ترکیب
درصد									
۰/۳۰	۰/۲۸	۱۰/۱۰	۳/۵۹	۲/۳۵	۵/۱۱	۰/۷۰	۲۲	۳۵	آذرین
<۰/۱	۰/۲۲	۱۶/۱۰	۰/۸۲	۰/۶۲	۲/۱۶	۴/۲۵	۴۷	۷/۳	رسوبی

آزمایش به صورت دسته‌ای (بیچ) با ۰/۱ گرم از سنگ‌های فسفات و ۳۰ میلی‌لیتر از غلظت‌های تهیه شده اجرا گردید. بعد از ۲۴ ساعت شیک در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (برای رسیدن به تعادل)، نمونه‌ها صاف و با سانتریفیوژ ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه محلول رویی جدا گردید (ژورنکو و همکاران، ۲۰۰۴). مقدار فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی آمونیوم پارامولیدات و اسید آسکوربیک و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۸۸۲ نانومتر قرائت شد و از تفاوت غلظت اولیه و نهایی مقدار فسفر محلول در اسید تعیین گردید (مورفی و ریلی، ۱۹۶۲). در نهایت نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مشخصات اسیدهای آلی استفاده شده در این آزمایش با وزن مولکولی مشخص شده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مشخصات اسیدهای آلی استفاده شده با وزن مولکولی پایین.

pKa <sub>۳</sub> <sup>*</sup>	pKa <sub>۲</sub> <sup>*</sup>	pKa <sub>۱</sub> <sup>*</sup>	درصد خلوص	وزن مولکولی	فرمول	اسید آلی
-	-	۴/۷۶	۹۹/۷	۶۰/۰۵	CH <sub>3</sub> COOH	استیک (Ace)
-	۱۳/۶	۲/۹۸	۹۹/۵	۱۳۸/۱۲	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> (OH)(COOH)	سالیسیلیک (Sal)
-	۵/۱	۳/۴۶	۹۹/۵	۱۱۶/۰۷	HOOCCH(OH)CH <sub>2</sub> COOH	مالیک (Mal)
-	۴/۲۶	۱/۲۵	۹۹/۵	۱۲۶/۰۷	HOOC <sub>2</sub> COOH	اکزالیک (Oxa)
۶/۴	۴/۷۶	۳/۱۳	۹۹/۵	۲۱۰/۱۴	HOOCCH <sub>2</sub> C(COOH)(OH)CH <sub>2</sub> COOH	سیتریک (Cit)

\*pKa ثابت تفکیک اسیدها را نشان می‌دهد.

1- XRF

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع و غلظت اسیدهای آلی در آزادسازی فسفر در دو نوع سنگ فسفات نشان داد که اثر متقابل سه‌گانه نوع سنگ فسفات × نوع اسید × غلظت اسید در سطح ۱ درصد معنی‌دار به‌دست آمد و نشان می‌دهد که میزان آزادسازی فسفر به نوع و غلظت‌های مختلف اسیدهای آلی و نوع سنگ فسفات بستگی دارد. اثرات متقابل در برنامه SAS، برش (Slice) داده شدند و مقایسه میانگین‌ها در دو نوع سنگ فسفات به‌طور جداگانه انجام گرفتند. مقدار فسفر آزاد شده از دو نوع سنگ فسفات با غلظت‌های مختلف اسیدهای مطالعه شده در این آزمایش در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر متقابل غلظت و نوع اسیدهای آلی بر حل‌پذیری فسفر در سنگ فسفات آذرین (آسفوردی یزد).

نام اسید	غلظت اسیدهای آلی (میلی مول بر لیتر)					
	۰	۰/۵	۱	۲	۵	۱۰
استیک	۲۱ <sup>f,A*</sup>	۱۲۴ <sup>e,C</sup>	۲۵۷ <sup>d,BC</sup>	۴۲۸ <sup>c,BC</sup>	۵۰۴ <sup>b,D</sup>	۷۹۷ <sup>a,D</sup>
سالسیلیک	۲۱ <sup>f,A</sup>	۱۱۹ <sup>e,C</sup>	۲۳۷ <sup>d,C</sup>	۴۱۶ <sup>e,C</sup>	۵۳۷ <sup>b,D</sup>	۷۰۸ <sup>a,E</sup>
مالیک	۲۱ <sup>f,A</sup>	۲۲۶ <sup>e,B</sup>	۲۷۳ <sup>d,B</sup>	۴۴۱ <sup>e,B</sup>	۶۶۱ <sup>b,C</sup>	۸۹۱ <sup>a,C</sup>
اگزالیک	۲۱ <sup>f,A</sup>	۲۸۲ <sup>e,A</sup>	۳۰۸ <sup>d,A</sup>	۴۹۷ <sup>e,A</sup>	۷۹۹ <sup>b,A</sup>	۹۷۷ <sup>a,B</sup>
سیتریک	۲۱ <sup>f,A</sup>	۲۸۶ <sup>e,A</sup>	۳۲۹ <sup>d,A</sup>	۴۹۲ <sup>e,A</sup>	۷۲۵ <sup>b,B</sup>	۱۰۶۹ <sup>a,A</sup>
میانگین برای غلظت اسید	۲۱ <sup>f</sup>	۲۰۷ <sup>e</sup>	۲۸۰ <sup>d</sup>	۴۵۵ <sup>c</sup>	۶۴۵ <sup>b</sup>	۸۸۸ <sup>a</sup>

\* میانگین‌های با حروف کوچک غیرمشابه (برای نوع غلظت) در هر ردیف از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

\* میانگین‌های با حروف بزرگ غیرمشابه (برای نوع اسید) در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی‌داری دارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین تأثیر متقابل غلظت و نوع اسیدهای آلی بر حل پذیری فسفر در سنگ فسفات رسوبی (ياسوج).

نام اسید	غلظت اسیدهای آلی (میلی مول بر لیتر)					
	۰	۰/۵	۱	۲	۵	۱۰
استیک	۳۶ <sup>c,A</sup>	۳۸ <sup>c,B</sup>	۳۹ <sup>c,C</sup>	۴۱ <sup>c,C</sup>	۱۱۳ <sup>b,D</sup>	۲۹۱ <sup>a,D</sup>
سالسیلیک	۳۶ <sup>c,A</sup>	۴۰ <sup>c,AB</sup>	۴۱ <sup>c,BC</sup>	۴۱ <sup>c,C</sup>	۱۰۴ <sup>b,D</sup>	۲۳۴ <sup>a,E</sup>
مالیک	۳۶ <sup>c,A</sup>	۳۹ <sup>c,AB</sup>	۴۰ <sup>c,C</sup>	۴۱ <sup>c,C</sup>	۱۳۳ <sup>b,C</sup>	۴۸۵ <sup>a,C</sup>
اکزالیک	۳۶ <sup>c,A</sup>	۴۲ <sup>c,A</sup>	۷۷ <sup>d,A</sup>	۲۰۰ <sup>c,A</sup>	۹۲۶ <sup>b,A</sup>	۱۱۲۲ <sup>a,A</sup>
سیتریک	۳۶ <sup>d,A</sup>	۴۰ <sup>d,AB</sup>	۴۵ <sup>d,B</sup>	۶۸ <sup>c,B</sup>	۳۱۱ <sup>b,B</sup>	۶۰۰ <sup>a,B</sup>
میانگین برای غلظت اسید	۳۶ <sup>c</sup>	۳۹ <sup>c</sup>	۴۸ <sup>c</sup>	۷۹ <sup>c</sup>	۳۱۷ <sup>b</sup>	۵۴۶ <sup>a</sup>

\* میانگین‌های با حروف کوچک غیرمشابه (برای نوع غلظت) در هر ردیف از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری دارند.

\* میانگین‌های با حروف بزرگ غیرمشابه (برای نوع اسید) در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد اختلاف معنی داری دارند.

نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اسیدها از ۰/۵-۱۰ میلی مولار، مقدار آزادسازی فسفر در هر دو نوع سنگ فسفات نسبت به شاهد (بدون اسید) افزایش یافت و مقدار آن در هر دو سنگ فسفات در غلظت‌های مختلف اسید متفاوت بود، به طوری که در سنگ فسفات نوع آذرین، مقدار فسفر آزاد شده از ۲۱ میکروگرم بر لیتر در تیمار شاهد به ۸۸۸ میکروگرم بر لیتر در غلظت ۱۰ میلی مولار رسید و در تمامی تیمارها تأثیر غلظت‌های اسید در آزادسازی فسفر از سنگ فسفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بودند. در سنگ فسفات نوع رسوبی از ۳۶ میکروگرم بر لیتر در تیمار شاهد به ۵۴۶ میکروگرم بر لیتر در غلظت ۱۰ میلی مولار رسید. با مقایسه نتایج به دست آمده از تأثیر غلظت‌های مختلف اسید در آزادسازی فسفر از سنگ‌های فسفات نشان داد که روند کلی آزادسازی فسفر محلول در اسیدهای آلی مختلف به صورت تری‌کربوکسیلیک اسید < دی‌کربوکسیلیک اسید < مونوکربوکسیلیک اسید است. هر چند مؤثرترین نوع اسید آلی در این دو نمونه سنگ فسفات متفاوت بود که این تفاوت می‌تواند به خصوصیات سنگ‌های فسفات ارتباط داشته باشد. در سنگ فسفات نوع آذرین اثر تمام اسیدها نسبت به رسوبی بیش‌تر بود، به طور میانگین کم‌ترین مقدار فسفر آزاد شده از سنگ فسفات در

نوع رسوبی توسط سالسیلیک اسید (۸۳ میکروگرم بر لیتر) و بیشترین مقدار آن توسط اگزالیک اسید (۴۰۰ میکروگرم بر لیتر) و در نوع آذرین این مقدار توسط سالسیلیک اسید ۳۴۰ و در اسید سیتریک ۴۸۷ میکروگرم بر لیتر به دست آمد. با توجه به این که حد بحرانی فسفر محلول، برای بسیاری از گیاهان حدود ۲۰۰ میکروگرم بر لیتر گزارش شده است (انزیگوبا و همکاران، ۱۹۹۸)، در سنگ فسفات نوع آذرین (جدول ۳) میانگین غلظت ۰/۵ میلی مولار اسیدها مقدار فسفر محلول را ۲۰۷ میکروگرم بر لیتر آزاد کرد. در این میان غلظت ۰/۵ میلی مولار اسیدهای آلی مالیک، اگزالیک و سالسیلیک نقش مهمی در آزادسازی فسفر محلول داشتند و در اسید استیک و سالسیلیک غلظت ۱ میلی مولار آن‌ها فسفر محلول را در محدوده حد بحرانی آزاد کردند. بنابراین اگر گیاهی بتواند با ترشح اسیدهای آلی از ریشه خود به منطقه ریزوسفر این مقدار فسفر در محلول خاک آزاد کند شرایط برای تأمین فسفر برای گیاه مساعد خواهد بود و در این حالت استفاده از سنگ فسفات به عنوان جایگزین کودهای فسفاته عملی خواهد شد. در سنگ فسفات رسوبی (جدول ۴) تا غلظت ۲ میلی مولار، مقادیر فسفر آزاد شده کم تر از حد بحرانی به دست آمد ولی در غلظت ۵ و ۱۰ میلی مولار مقادیر فسفر آزاد شده به ترتیب ۳۱۷ و ۵۴۶ میکروگرم بر لیتر به دست آمد گرچه در این میان اگزالیک در غلظت ۲ میلی مولار مقدار فسفر محلولی که آزاد کرد نزدیک حد بحرانی بود (۲۰۰ میکروگرم بر لیتر). در پژوهشی که در غلظت‌های یکسان اسیدهای آلی روی سنگ‌های فسفات انجام گردید، افزایش حل پذیری فسفر به ترتیب مقابل گزارش شده است: سترات < اگزالات < تارتارات ~ استات (ناگاراچا و همکاران، ۱۹۷۰). نتایج به دست آمده از آزمایش زنگ و همکاران (۲۰۰۱) نشان داد که آزادسازی فسفر خاک به طور معنی دار توسط اسیدهای آلی تحریک شد و توانایی تحرک فسفر توسط اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم به صورت سیتریک < اگزالیک < تارتاریک < مالیک گزارش دادند. یانگ هونگ لیو و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر انواع اسیدهای آلی روی دو نوع سنگ فسفات منطقه‌ای (باوکانگ و ژانگ ژیانگ) از چین، روند آزادسازی فسفر از سنگ‌های فسفات را به صورت: اگزالیک < سیتریک < تارتاریک < فورمیک < سوکسینیک < استیک گزارش دادند. در پژوهشی در مرکز چین، هو و همکاران (۲۰۰۱) تأثیر چندین اسید آلی را بر جذب فسفر خاک مطالعه کردند، نتایج نشان داد موقعی که غلظت اسید سیتریک و اگزالیک بیش تر از ۲ میلی مول بر لیتر باشد سترات و اگزالات اثر معنی داری در کاهش جذب میزان فسفر داشتند اما تارتارات، بنزوات و استات تأثیر خیلی جزئی بر جذب فسفر در خاک داشتند.

## نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که کاربرد اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین باعث آزادسازی مقادیر زیادی فسفر از سنگ فسفات گردید. اسیدهای دی کربوکسیلیک و تری کربوکسیلیک در آزادسازی فسفر محلول از سنگهای فسفات مؤثرتر از اسیدهای مونوکربوکسیلیک بودند. با مقایسه میانگین کارایی اسیدهای آلی در آزادسازی فسفر از سنگهای فسفات نتایج نشان داد که در غلظت‌های بالای اسیدهای آلی تفاوت معنی داری با تیمار شاهد مشاهده شد و مؤثرترین غلظت از نظر بیشترین مقدار آزادسازی فسفر از هر دو نوع سنگ فسفات غلظت ۱۰ میلی مولار اسیدها بود و سنگ فسفات نوع آذرین مقدار بیش تری فسفر محلول در تمامی سطوح غلظت نسبت به رسوبی آزاد کرد. با توجه به حد بحرانی فسفر در محلول خاک (حدود ۲۰۰ میکروگرم بر لیتر) غلظت ۰/۵ و ۴ میلی مول بر لیتر اسیدها برای آزادسازی فسفر محلول به ترتیب در سنگ فسفات‌های نوع آذرین و رسوبی مناسب خواهد بود. با مقایسه میانگین اثر نوع و غلظت اسید و نوع سنگ فسفات، می توان نتیجه گرفت که آزادسازی فسفر محلول نه تنها به نوع و غلظت اسید، به نوع سنگ فسفات و ترکیبات آن نیز بستگی دارد. در این آزمایش در سنگ فسفات آذرین آسفوردی، اسیدهای آلی در غلظت‌های کم توانستند میزان فسفر محلول را در محدوده نیاز گیاهان افزایش دهند. بنابراین سنگ فسفات آسفوردی برای گیاهان فسفر کارا که پتانسیل ترشح اسیدهای آلی را دارا می باشند می تواند به عنوان کود برای استفاده مستقیم در کشاورزی کاربرد داشته باشد. در نهایت با توجه به وجود منابع عظیم سنگ فسفات در کشور و نتایج به دست آمده از این مطالعه، امید آن می رود که در آینده گیاهانی بومی با قابلیت ترشح اسیدهای آلی مؤثر در آزادسازی فسفر محلول از سنگ فسفات، شناسایی شده و با اصلاح ژنتیکی آنها مقادیر زیادی از اسیدهای آلی با وزن مولکولی پایین تولید شود.

## منابع

1. Duponnois, R., Colombet, A., Hien, V., and Thioulouse, J. 2005. The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. *Soil Biology and Biochemistry*. 37: 1460-1468.
2. Fateh, E., Rengel, Z., Chaichi, M.R., and Sepehr, E. 2011. Differential capacity of wheat, lupin and subterranean clover to acquire P from different sources. *Austr. J. Crop Sci.* Pp: 899-903.
3. Fox, R.L., and Kamprath, E.J. 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. *Soil Science Society of America. Proc.* 34: 902-907.

4. Gupta, N., Sabat, J., Parida, R., and Kerkatta, D. 2007. Solubilization of tricalcium phosphate and rock phosphate by microbes isolated from chromite, iron and manganese mines. *Acta Botanica Croatica*. 66: 197-204.
5. Hu, H.Q., He, J.Z., Li, X.Y., and Liu, F. 2001. Effect of several organic acids on phosphate adsorption by variable charge soils of central China. *Environment International*. 26: 3. 353-356.
6. Iranshahr, E., and Sepehr, E. 2012. Evaluation of Phosphorus Acquisition and Utilization Efficiency of Wheat Genotypes in Rock Phosphate. *J. Water Soil*. Pp: 968-978.
7. Lu, W., Zhang, F., and Cao, Y. 2001. Mobilization of soil phosphorus by low-molecular-weight organic acids. *Developments in Plant and Soil Sciences*. 92: 554-555.
8. Lynch, J. 2007. The role of nutrient-efficient crops in modern agriculture, P 241-264. In: Rengel, Z. (ed), *Nutrient use in crop production*. The Haworth Press, Inc. New York.
9. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2' edition. Academic Press Limited, Pp: 265-276.
10. Murphy, J., and Riley, J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimia Acta*. 27: 31-36.
11. Nagarajah, S., Posner, A.M., and Quirk, J.R. 1970. Competitive adsorption of phosphate with polygalacturonate and other organic anions on kaolinite and oxide surfaces. *Nature (London)*, 228: 83-84.
12. Nziguheba, G., Palm, C.A., Buresh, R.J., and Smithson, P.A. 1998. Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources. *Plant Soil*. 198: 159-168.
13. Sepehr, E., Rasouli Sadaghiani, M.H., and Rengel, Z. 2012. Differential capacity of wheat cultivars and white lupin to acquire P from rock phosphate, phytate and soluble P sources. *J. Plant Nutr*. 35: 1180-1191.
14. Vassilev, N., Vassileva, M., Fenice, M., and Federici, F. 2001. Immobilized cell technology applied insolubilization of insoluble inorganic (rock) phosphates and P plant acquisition. *Bioresource Technology*. 79: 263-271.
15. Xu, R., Zhu, Y., and Chittleborough, D. 2004. Phosphorus release from phosphate rock and iron phosphate by low-molecular weight organic acids. *J. Environ. Sci*. 16: 1. 5-8.
16. Yonghong, L., Lei, F., Hongqing, H., Guanjie, J., Zhijian, C., and Youjun, D. 2012. Phosphorus release from low-grade rock phosphates by low molecular weight organic acids. *J. Food Agric. Environ*. 10: 1001-1007.





### Short Technical Report

## Effects of low-molecular-weight organic acids on phosphorus release from phosphate rocks

**E. Rahimpour<sup>1</sup>, \*E. Sepehr<sup>2</sup>, M.H. Rasouli Sadaghiani<sup>2</sup> and A. Gholizadeh<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Urmia,

<sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Urmia,

<sup>3</sup>Assistant Prof., Dept. of Plant Production, University of Gonbad Kavos

Received: 11/17/2012; Accepted: 10/01/2014

### Abstract

In order to study the effect of low-molecular-weight organic acids (LMO) on phosphate rocks solubility for direct use in agricultural activities, a factorial experiment was conducted at completely randomized design in three replication. LMO acids were acetic, salicylic, malic, oxalic and citric at five concentration levels (0.5, 1, 2, 5 and 10 mM) and a control (no acid), on two phosphate rocks (RP) including igneous of Yazd (RPi) and sedimentary of Yasooj (RPs). Results showed that use of low-molecular-weight organic acids caused to release large amounts of phosphorus from both phosphate rocks. Among organic acids, citric and oxalic were more effective than others. Citric acid increased soluble P from 21 to 487  $\mu\text{g/L}$  in RPi and oxalic acid increased soluble P from 36 to 400  $\mu\text{g/L}$  in RPs. With increasing concentration of organic acids from 0 to 10 mM, soluble P increased significantly in both phosphate rock. Soluble P increased from 21 to 888  $\mu\text{g/L}$  in RPi and from 36 to 546  $\mu\text{g/L}$  RPs. The sufficiency level of soluble P for most plants (200  $\mu\text{g/L}$ ) was found in the 0.5 and 5 mM of LMO acids for RPi and RPs, respectively. It is concluded that the release of phosphate from RP was affected by types and concentrations of organic acids and composition of RP.

**Keywords:** Citric, Organic acids, Oxalic, Phosphate rock, Phosphorus

---

\* Corresponding Authors; Email: e.sepehr@urmia.ac.ir

