19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-
۳۲۰۳۱

تاثیر اسیدهای آلی بر فعالیت فسفومونواسترازهای خاک

لیلا آقابابایی[1*]، دکتر فرشید نوربخش[2]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان ؛ *
leila.aghababaee@ag.iut.ac.ir
۲- استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان ؛ farshid@iut.ac.ir

چکیده

قابلیت جذب کم فسفر در خاک بهره‌وری اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی را محدود می‌کند و وضعیت فسفر در کل زنجیره غذایی به خاک وابسته است. کمبود فسفر محرکی برای آزادسازی اسیدهای آلی توسط گیاهان و ریزجانداران است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر افزودن سطوح مختلف غلظت (۰، ۲، ۵ و ۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم خاک) از سیتریک، مالیک و اگزالیک اسید بر فعالیت فسفومونواسترازها در دو نوع خاک اسیدی و آهکی انجام گردید. پارامترهای تنفس میکروبی، pH، فسفر قابل‌عصاره‌گیری و فعالیت فسفومونواسترازها اندازه‌گیری شد. پس از اعمال سطوح مختلف اسیدهای آلی، در هر دو نوع خاک، تنفس میکروبی با افزایش غلظت اسیدهای آلی افزایش یافت؛ تیمار سیتریک اسید حدود ۱۰٪ بیشتر از مالیک اسید و ۳۰٪ بیشتر از اگزالیک اسید بود. فسفر قابل‌عصاره‌گیری در خاک اسیدی تغییری نشان نداد، در حالی‌که در خاک آهکی ۴٪ افزایش یافت. افزودن اسیدهای آلی در هر دو خاک موجب کاهش pH شد (خاک اسیدی: ۶,۳–۶,۶۶؛ خاک آهکی: ۶,۷۳–۷,۲۳). در خاک اسیدی، فعالیت اسید فسفاتاز حدود ۱۲٪ کاهش و آلکالین فسفاتاز ۱۶٪ افزایش یافت، در حالی‌که در خاک آهکی فعالیت اسید و آلکالین فسفاتاز به‌ترتیب ۱۷٪ و ۴۰٪ افزایش داشت، که این امر به افزایش تأمین ارتوفسفات‌ها منجر شد.

واژگان کلیدی: آلکالین فسفاتاز، اگزالیک اسید، اسید فسفاتاز، سیتریک اسید، مالیک اسید

مقدمه

علیرغم استفاده ی گسترده از کود های فسفره در سراسر جهان، ۹۰-۷۰ درصد از کودهای معدنی فسفره استفاده شده، برای استفاده گیاهان به سرعت غیرقابل‌دسترس می شوند. استفاده بیش از حد از کودهای حاوی فسفر می‌تواند pH خاک، میزان کربن آلی، محتوای نیتروژن خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و سایر خصوصیات خاک را تغییر دهد که باعث تاثیر بر جامعه زیستی خاک شود (Basilio et al., 2022). لذا اعمال تیمارهایی که باعث بهبود فرآهمی فسفر در خاک و افزایش استفاده از این عنصر شوند، در کشاورزی از اهمیت ویژه ای بر خوردار است (Krey et al., 2013). در حضور جامعه فعال میکروبی خاک، بخشی از فسفر محلول خاک جذب توده زنده میکروبی شده ودر قالب مولکول‌های آلی قرار می‌گیرد، تا بدینوسیله موقتاً از دسترس ریشه گیاه خارج شود. معدنی شدن مجدد فسفر نیاز به هیدرولیز آنزیمی دارد که توسط فسفاتازها صورت می‌گیرد(Basilio et al., 2022). در طول رشد گیاه، ریشه‌ها شماری از اسیدهای آلی را آزاد می کنند (Baudoin et al.,2003). اسیدهای آلی ترکیباتی با وزن مولکولی کم هستند و امکان کمپلکس‌شدن کاتیون‌های فلزی در محلول و جابجایی آنیون‌ها از ماتریکس خاک را فراهم می‌کنند (Jones et al., 1998 و

(Wang et al., 2020). نقش کمبود عناصر غذایی به عنوان محرکی برای آزادشدن اسیدهای آلی در محیط ریزوسفر بارها مورد توجه قرار گرفته است (Jones et al., 1998). یکی از رایج ترین مکانیسم‌هایی که گیاهان و میکروب‌های خاک برای به دست آوردن فسفر استفاده می‌کنند، تولید و آزادسازی اسید آلی است. علیرغم وجود پژوهش‌های فراوان در زمینه آثار اسیدهای آلی در خاک، اثر حضور این اسیدها بر فعالیت فسفو مونو استرازها (اسید فسفاتاز و آلکالین فسفاتاز) در خاک مورد توجه و بررسی قرار نگرفته است. افزودن اسیدهای آلی همچون سیتریک، مالیک و اگزالیک اسید اولاً با تغییر شرایط شیمیایی خاک بر وضعیت اسیدی و انحلال‌پذیری فسفر موثر خواهد بود، ثانیا به دلیل آن که این اسیدها منابع قابل دسترس کربن و انرژی برای جوامع هتروتروفیک محسوب می‌شوند، افزودن آنها ممکن است اثری افزاینده بر شاخص‌های فعالیت و زیتوده میکروبی بر جای گذارد، با این وجود پاسخ آنزیم‌هایی که در فرآیند معدنی‌شدن فسفر دخالت دارند به افزودن اسیدهای آلی فوق الذکر در پرده‌ای از ابهام قرار دارد. از آنجا که بخشی از پاسخ فسفر معدنی به افزودن اسیدهای آلی احتمالاً از پاسخ فعالیت آنزیم‌های فسفومونواستراز است، دراین پژوهش به بررسی اثر افزودن سیتریک، مالیک و اگزالیک اسید بر فعالیت فسفومونواسترازها پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری از عمق ۱۵-۰ سانتی متری خاک از دو منطقه ی ماسال در استان گیلان (در ۸ کیلومتری ماسال به سمت ییلاغ اولس بلونگا) به عنوان خاک اسیدی و منطقه ی لورک (مزرعه ی تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان) واقع در استان اصفهان به عنوان خاک آهکی صورت گرفت. به خاک‌ها به ترتیب ۰، ۲، ۵ و ۱۰ $mmol\ kg^{-1}\ soil$ سیتریک اسید، مالیک اسید و اگزالیک اسید اضافه شد، انکوباسیون در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰٪ WHC[1] انجام گرفت ، غلظت صفر تیمار شاهد است و به آن فقط آب مقطر اضافه شده است. سپس به منظور اندازه‌گیری تنفس میکروبی از روش تتیراسیون برگشتی در دو زمان ۶ و ۲۴ ساعت (Burt, 2004)، اندازه‌گیری فعالیت فسفومونواسترازها به روش رنگ‌سنجی پارانیتروفنول در حضور بافر MUB[2] (Tabatabaei, 1994) ، فسفر قابل جذب به روش اولسن (Olsen و Dean, 1965) و pH با عصاره‌گیری در دو غلظت ۰ و ۱۰ $mmol\ kg^{-1}\ soil$ دو زمان ۲ و ۷ روز اندازه‌گیری شد (Burt, 2004). به منظور تجزیه‌وتحلیل آماری، آزمایشات در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل (سه فاکتوره) و در سه تکرار انجام گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین برای هر نمونه خاک به طور مجزا به روش LSD(LSD, $P<0.05$) توسط نرم افزار SAS و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ابتدا خصوصیات شیمیایی و فیزیکی اولیه خاک ها اندازه گیری شدند. pH اولیه ی خاک ماسال ۶/۸، شوری ۰/۶ دسی زیمنس بر متر، کربنات کلسیم معادل ۵ گرم بر کیلوگرم ومیزان کربن آلی ۲۰/۲ گرم بر کیلوگرم بود. pH اولیه خاک لورک۷/۸ ،شوری ۳/۶ دسی زیمنس بر متر، کربنات کلسیم معادل ۴۲۸/۳ گرم بر کیلوگرم و کربن آلی این خاک ۳/۵ گرم بر کیلوگرم بود. با افزایش غلظت اسید آلی، ورودی کربن و انرژی به خاک بیشتر شده است و در نتیجه آن شاهد افزایش تنفس میکروبی در مدت ۲۴ ساعت هستیم، در نتیجه تنفس میکروبی طی ۲۴ ساعت در خاک اسیدی ماسال از حدود ۹۴ تا ۹۷ میلی‌گرم CO_2-C بر کیلوگرم خاک در تیمار شاهد

1-Water Holding Capacity
2- Modified Universal Buffer

به ۱۱۰ تا ۱۹۴ و در خاک آهکی لورک از حدود۸۳ تا ۸۶ در تیمار شاهد به ۱۸۹ تا ۲۷۸ افزایش یافت. در خاک ماسال در مدت ۶ ساعت افزایش غلظت اسیدهای آلی تاثیری بر تنفس میکروبی نداشت، اما در خاک لورک موثر بود (جدول ۱). اختلاف بین سه اسید آلی در مدت ۶ ساعت بروز ننموده است و برای بروز اختلاف عملکرد سه اسید آلی، زمان بیشتری نیاز بوده است (جدول۱). مهمترین فرضیه‌ای که برای این اختلاف می‌توان عنوان داشت آن است که در مدت ۶ ساعت نخست انکوباسیون، استفاده از اسیدهای آلی تنها منجر به افزایش فعالیت جامعه میکروبی هتروتروف خاک شده است و پس از سپری شدن زمان مدت ۶ ساعت، تکثیر جامعه میکروبی جهت تولید توده زنده میکروبی آغاز گردیده است. اسپارلینگ (۱۹۹۵)، گزارش کرد پس از افزودن سوبسترای کربنی به خاک، در ۶ ساعت اول تنفس اتفاق می افتد و رشد جمعیت میکروبی چندانی اتفاق نخواهد افتاد و پس ازسپری شدن این زمان جمعیت میکروبی شروع به تکثیر می کنند و در زمان ۲۴ ساعت شاهد تنفس جمعیت بیشتری از میکروب ها هستیم (Sparling et al., 1995).

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسید آلی، غلظت اسیدهای آلی و زمان انکوباسیون بر تنفس میکروبی خاک($mg\ CO_2\text{-}C\ kg^{-1}$)

سیتریک اسید				مالیک اسید			
غلظت(میلی مول بر کیلوگرم خاک)	۰	۲	۵	۱۰	۰	۲	۵	۱۰
ماسال								
ساعت ۶	۲۶/۴ i	۳۷/۶ g-i	۳۴ g-i	۴۴/۸ g	۲۷/۶۲ i	۳۷/۶ g-i	۳۴ g-i	۴۴/۸ g
ساعت ۲۴	۹۳/۶ e-f	۱۴۷/۲ c	۱۵۹/۶ b	۱۸۹/۶ a	۹۳/۲۴ e-f	۱۴۷/۲ c	۱۵۹/۶ b	۱۸۹/۶ a
لورک								
ساعت ۶	۲۷/۶ m	۴۷/۲ k-l	۷۳/۲ h-i	۱۴۴/۴ f	۲۹/۵۲ m	۴۷/۲ k-l	۷۳/۲ h-i	۱۴۴/۴ f
ساعت ۲۴	۸۳/۲ g-h	۱۴۰/۸ e	۲۱۵/۲ c	۲۷۸/۴ a	۸۵/۶۴ g	۱۴۰/۸ e	۲۱۵/۲ c	۲۷۸/۴ a

۲	۳۹/۷۸ g-h	۱۱۳ d	۵۱/۱۸ j-k	۱۳۶/۱۸ e				
۵	۴۳/۲ g-f	۱۴۲/۲۶ c	۷۰/۹۴ i	۱۸۶/۹۸ d				
۱۰	۳۷/۸۸ g-h	۱۹۳/۹ a	۸۸/۴۲ g	۲۳۹/۹ b				
۰	۳۲/۹۱ h-i	۹۶/۷۳ e-f	۲۸/۷۹ m	۸۵/۶۴ g				
۲	۳۴/۹۷ g-i	۸۸/۹ f	۳۷/۴۴ l-m	۱۰۴/۹ f				
۵	۳۹/۹۲ g	۱۰۳/۶ d-e	۵۸/۴۶ j	۱۳۵/۵ e				
۱۰	۳۸/۲۷ g	۱۱۰/۳ d	۸۸/۵۳ g	۱۸۹/۴ d				
اگزالیک اسید								

در خاک ماسال، کاهش pH پس از افزودن اسید آلی نیاز به زمان دارد، ولی در غلظت صفر میلی مول این اتفاق گاهاً دیده نشده است، همچنین با افزایش غلظت از صفر به ۱۰ میلی مول بر کیلوگرم، pH خاک ماسال از محدوده۶/۶ به۶/۲ کاهش یافته است (جدول ۲). در خاک آهکی لورک،pH عمدتاً بین ۶/۷۳–۷/۲۳ قرار گرفت، با تغییرات کمتر و متغیر، به‌طوری که سیتریک اسید از ۷/۱۳ به ۶/۸۶ و اگزالیک اسید از ۷/۱۰ به ۶/۷۳ بیشترین اثر کاهنده را نشان دادند در حالی‌که تغییرات حاصل از مالیک اسید تغییر معنی دار نبود(جدول۲). این یافته دلالت بر این موضوع دارد که رفتار زمانی خاک های اسیدی نسبت به افزودن اسید آلی که در آنها موضوع خنثی شدن آهک خاک مطرح نیست و تنها مهاجرت یون های هیدرونیوم بر سطوح تبادلی اتفاق می افتد، با رفتار زمانی خاک های آهکی که در آنها خنثی شدن آهک پاسخ غالب خاک به حضور اسید آلی است، متفاوت است (جدول۲).

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسید آلی، غلظت اسیدهای آلی و زمان انکوباسیون بر pH

زمان/نوع		سیتریک اسید		مالیک اسید		اگزالیک اسید	
غلظت(میلی مول بر کیلوگرم خاک)		۰	۱۰	۰	۱۰	۰	۱۰
ماسال	۲(روز)	۶/۶ a-b	۶/۳e-f	۶/۵۶b	۶/۲۳f	۶/۶a-b	۶/۳۳d-e

	۷(روز)	۶/۶۶ a	۶/۴c-d	۶/۶۶a	۶/۴۳c	۶/۶۶a	۶/۶۶a
لورک	۲(روز)	۷/۱۶ a-b	۶/۹۶d-e	۷/۱b-c	۷/۰۳c-d	۷/۱۳a-c	۷/۲۳a
	۷(روز)	۷/۱۳ a-c	۶/۸۶e	۷/۱۶a-b	۷/۰۶b-d	۷/۱۰b-c	۶/۷۳f

در خاک ماسال افزودن اسیدهای آلی تاثیر معنی داری بر فسفر قابل عصاره گیری نداشت به جز تیمارسیتریک اسید طی مدت۷ روز که افزایش فسفر از۳۸/۲۶ به ۴۹/۶۵ میلی گرم بر کیلوگرم و تیمار مالیک اسید طی۲ روز که باعث کاهش فسفر از ۴۹/۴۳ به ۴۰/۹۵ شدو در خاک لورک افزودن مالیک و اگزالیک اسید در طی ۷ روز به ترتیب موجب افزایش فسفر قابل عصاره گیری از ۶۳/۳۷ به ۶۶/۸ و از ۶۱/۹۲ به ۶۸/۶۳ شدند (جدول۳).

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نوع اسید آلی، غلظت اسیدهای آلی و زمان انکوباسیون بر فسفر قابل عصاره گیری($mg\ kg^{-1}$)

زمان/نوع		سیتریک اسید		مالیک اسید		اگزالیک اسید	
	غلظت(میلی مول بر کیلوگرم خاک)	۰	۱۰	۰	۱۰	۰	۱۰
ماسال	۲(روز)	۴۸/۸۹ a	۴۹ a	۴۹/۴۳ a	۴۰/۹۵ b	۴۸/۸۹ a	۴۸/۸۲ a
	۷(روز)	۳۸/۲۶ b-c	۴۹/۶۵ a	۳۸/۶۷ b	۴۰/۴ b	۳۸ /۲۶ b-c	۳۵/۶۵ c
لورک	۲(روز)	۵۷/۰۷ d-e	۵۵/۷۴ e	۵۹/۱۸ c-d	۶۳/۶۵ b-c	۵۹/۱۸ c-d	۶۷/۴۳ a-b
	۷(روز)	۶۱/۹۲ c-d	۵۶/۲۵ e	۶۳/۳۷ b-c	۶۶/۸ a-b	۶۱/۹۲ c-d	۶۸/۶۳ a

از مجموع یافته‌های منعکس یافته در شکل۴ چنین استنباط می‌شود، که مستقل از نوع اسیدهای آلی، افزودن آنها به خاک ماسال در غلظت ۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم، به طور پایدار کاهش فعالیت اسید فسفاتاز خاک ماسال را به همراه داشته است؛ برای مثال، سیتریک اسید طی ۲ روز فعالیت را از ۴۶/۱۴ به ۳۵/۸۲ میلی گرم pNP بر کیلوگرم خاک در ساعت و مالیک اسید از ۴۶/۱۴ به ۳۲/۶۷ کاهش داد. با افزایش مدت انکوباسیون و افزایش تدریجی pH به حوالی ۶/۵ که pH بهینه اسید فسفاتاز است، اختلاف فعالیت بین غلظت‌های ۰ و ۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم در مالیک اسید کاسته شده است و در مورد اگزالیک اسید در ۷ روز افزایش فعالیت از ۴۱/۳به ۴۷/۹ میلی گرم pNP بر کیلوگرم خاک در ساعت مشاهده شد و در خاک لورک، افزایش غلظت از ۰ به ۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم موجب افزایش فعالیت اسید فسفاتاز در تیمار سیتریک اسید (در طی۲ روز ۸/۵۳به ۱۵/۵۴ و در طی ۷ روز ۱۰/۴۳ به ۱۶/۱) و کاهش فعالیت در تیمار مالیک اسید (در طی۲ روز ۸/۷۶ به ۷/۵۳و در طی ۷ روز ۱۰/۴۴ به ۷/۳۹) گردید؛ که این بیان‌کننده اثر مهارکننده مالیک اسید بر فعالیت اسید فسفاتاز خاک لورک و اثر افزاینده سیتریک اسید بر فعالیت اسید فسفاتاز خاک لورک می‌باشد. فعالیت اسید فسفاتاز در خاک ماسال با افزایش غلظت از صفر به ۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم در مدت زمان ۲ روز کاهش یافت. به نظر می‌رسدپس از متحرک‌سازی و در دسترس قرار گرفتن فسفر توسط اسیدهای آلی، میزان فسفر در محلول خاک افزایش یافته است و ریزجانداران از فسفر موجود استفاده کرده‌اند؛ لذا کاهش فسفر توسط ریزجانداران احساس نشده است و بنابراین آنزیم اسید فسفاتاز در این ریزجانداران ساخته نشده است و وجود ارتوفسفات در محلول خاک احتمالاً به عنوان مهار کننده برای ساخت آنزیم اسید فسفاتاز عمل نموده است (جدول۴).

جدول۴- مقایسه ی میانگین اثر متقابل نوع اسید آلی، غلظت اسیدهای آلی و زمان انکوباسیون بر اسید فسفاتاز($mg\ \rho NP\ kg^{-1}\ h^{-1}$)

زمان/نوع		سیتریک اسید		مالیک اسید		اگزالیک اسید	
	غلظت(میلی مول بر کیلوگرم خاک)	۰	۱۰	۰	۱۰	۰	۱۰
ماسال	۲(روز)	۴۶/۱۴ a	۳۵/۸۲ e	۴۶/۱۴ a	۳۲/۶۷ f	۴۵/۵۳ a	۳۸/۵ d
	۷(روز)	۴۱/۳ b-c	۳۹/۸۳ c-d	۴۱/۳b-c	۳۴/۶۶ e-f	۴۱/۳ b-c	۴۲/۹ b
لورک	۲(روز)	۸/۵۳ c	۱۵/۵۴ a	۸/۷۶ c	۷/۵۳ d	۸/۷۳ c	۸/۹ c
	۷(روز)	۱۰/۴۳ b	۱۶/۱ a	۱۰/۴۴ b	۷/۳۹ d	۱۰/۴۳ b	۱۱/۰۳ b

در خاک لورک، سیتریک اسید در طی۲ و ۷ روز و اگزالیک اسید در طی ۷ روز فعالیت آلکالین فسفاتاز را افزایش دادند، در حالی‌که مالیک اسید تغییر اندکی یا کاهش جزئی داشت. در خاک ماسال، سیتریک اسید و اگزالیک اسید در هر دو زمان افزایش فعالیت نشان دادند؛ به‌طوری که سیتریک اسید از ۴۱/۰۷ به ۴۹/۹۱ میلی گرم pNP بر کیلوگرم خاک در ساعت و ۴۳/۶۶ به ۶۰/۲۳ و اگزالیک اسید از ۴۱/۰۷ به ۴۴/۶۱ و ۴۳/۶۶ به ۵۸/۶۴ افزایش یافت و درطی ۷ روز کاهش مشاهده شد (۴۳/۶۶به ۳۷/۸۲)(شکل۵). احتمالاً افزایش فعالیت آلکالین فسفاتاز در خاک اسیدی با تحریک رشد جمعیت‌های میکروبی، به‌ویژه باکتری‌های تولیدکننده این آنزیم، در پاسخ به کربن حاصل از افزودن اسیدهای آلی مرتبط است. علاوه بر این، تغییرات موضعی pH و ترکیب شیمیایی ریزمحیط‌های[1] خاک می‌تواند فعالیت این آنزیم را تسهیل کند(جدول۵).

جدول۵- مقایسه ی میانگین اثر متقابل نوع اسید آلی، غلظت اسیدهای آلی و زمان انکوباسیون بر آلکالین فسفاتاز($mg\ \rho NP\ kg^{-1}\ h^{-1}$)

زمان/نوع		سیتریک اسید		مالیک اسید		اگزالیک اسید	
	غلظت(میلی مول بر کیلوگرم خاک)	۰	۱۰	۰	۱۰	۰	۱۰
ماسال	۲(روز)	۴۱/۰۷ d	۴۹/۹۱ b	۴۱/۰۷ d	۴۳/۸۵ c-d	۴۱/۰۷ d	۴۴/۶۱ c
	۷(روز)	۴۳/۶۶ c-d	۶۰/۲۳ a	۴۳/۶۶ c-d	۳۷/۸۲ e	۴۳/۶۶ c-d	۵۸/۶۴ a
لورک	۲(روز)	۳۰/۷ d	۵۲/۵۹ b	۳۰/۷d	۳۶/۹۲ c	۳۰/۸۶ d	۳۳/۲۵ c-d
	۷(روز)	۳۴/۶۱ c-d	۶۲/۶۷ a	۳۴/۱۲ c-d	۳۲/۹۶ c-d	۳۴/۱۲ c-d	۵۶/۳۹ b

نتیجه‌گیری

در هر دو خاک ماسال (اسیدی) و لورک (آهکی) افزودن اسیدهای آلی، افزایش تنفس میکروبی را به همراه داشت که متناسب با غلظت ورودی بود. در خاک اسیدی ماسال، افزودن اسیدهای آلی باعث کاهش اولیه pH شد که ناشی از خاصیت اسیدی آن‌ها بود، اما با گذر زمان و تا روز هفتم pH افزایش یافت؛ این افزایش ممکن است به دلیل مصرف اسیدهای آلی توسط ریزجانداران و تجزیه

1- Microsites

گروه‌های عاملی اسیدی آن‌ها باشد. در خاک لورک، کاهش pH با گذر زمان تشدید شد. فسفر قابل عصاره‌گیری تحت تاثیر افزودن اسیدهای آلی در خاک ماسال واقع نشد زیرا اسیدهای آلی از میزان اسید فسفاتاز کاسته و بر میزان آلکالین فسفاتاز افزوده بودند ولی در خاک لورک باعث افزایش فسفر قابل عصاره‌گیری شد. افزودن اسیدهای آلی به خاک آهکی لورک، هم بر فعالیت اسید فسفاتاز و هم بر فعالیت آلکالین فسفاتاز افزود و هم‌راستایی فعالیت هر دو آنزیم جهت تامین ارتوفسفات را به همراه داشت. به طور کلی خاک اسیدی ماسال، پاسخ متضاد دو آنزیم، نتوانست امکان افزایش ارتوفسفات‌ها را در پاسخ به افزودن اسیدهای آلی فراهم کند. حال آن که در خاک آهکی لورک، پاسخ مثبت هر دو آنزیم به افزودن اسیدهای آلی، منجربه افزایش ارتوفسفات‌های قابل عصاره‌گیری در خاک شد.

فهرست منابع

Basilio, F., Dias, T., Santana, M., Melo, J., Carvalho, L., Correia, P. and Cruz, C.(2022). Multiple modes of action are needed to unlock soilphosphorus fractions unavailable for plants:The example of bacteria-and fungi-based biofertilizers. Appl. Soil Ecol. 178: 111.

Baudoin, E., Benizri, E. and Guckert, A. (2003). Impact of artificial root exudates onthe bacterial community structure in bulk soil and maize rhizosphere. Soil Biol. Biochem. 35: 1183-1192.

Burt, R. (2004). Soil Survey Laboratory Methods Manual: Soil Survey Investigations, Report No. 42, version 4.0. Washington D. C. U. S. Department of Agriculture, 700p.

Jones, D. (1998). Organic acids in the rhizosphere – a critical review. Plant Soil 205: 25-44.

Krey, T., Vassilev, N., Baum, C. and Lobermann, B. (2013). Effects of long-term phosphorus application and plant growth promoting rhizobacteria on maize phosphorus nutrition under field conditions. Eur. J. Soil Biol. 55: 124-130.

Olsen, S. R. and Dean, L. A. (1965). Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties. 9.2: 1035-1049.

Sparling, G. P. (1995). The substrate-induced respiration method. Methods in Applied SoilMicrobiology and Biochemistry. Academic Press, 397–404.

Tabatabaei, M, A. (1994). Soil enymes In: A.C. page (Eds). Method of soil analysis. Part 2 microbiological and biological properties. 5.2:807-809.

Wang, Y. L. and Lambers, H., (2020). Root-released organic anions in response to low phosphorus availability: recent progress, challenges and future perspectives. Plant Soil. 447: 135–156.

The response of soil phospho-monoesterases to the application of organic acids

Leila Aghababaee[*1] and Farshid Nourbakhsh[2]

1-Ph.D. student in the department of soil science, Isfahan University of Technology

2-Professor in the department of soil science, Isfahan University of Technology

Abstract

Phosphorus (P) deficiency in soils limits the productivity of natural and agricultural ecosystems, and the status of P entire food chain depends on the state of this element in soils. P deficiency is an incentive for the release of organic acids by plants and microorganisms. This research aimed to investigate the effect of applying different concentrations (0, 2, 5, and 10 mmol kg^{-1} soil) of citric, malic, and oxalic acids on phosphomonoesterase activities in two soil types (acidic and calcareous). Soil microbial respiration, pH, extractable P, and phosphomonoesterase activities were measured. Following the application of different concentrations of organic acids, microbial respiration increased with increasing acid concentrations in both soils; citric acid treatments were about 10% higher than malic acid and 30% higher than oxalic acid. Extractable P in the acidic soil showed no change, while it increased by 4% in the calcareous soil. The addition of organic acids decreased pH in both soils (acidic soil: 6.3–6.66; calcareous soil: 6.73–7.23). In the acidic soil, acid phosphatase activity decreased by 12% and alkaline phosphatase activity increased by 16%, whereas in the calcareous soil, acid and alkaline phosphatase activities increased by 17% and 40%, respectively, leading to greater orthophosphate availability.

Keywords: alkaline phosphatase, oxalic acid, acid phosphatase, citric acid, malic acid