

رابطه پارامترهای مدل دو مرحله ای مرتبه اول برازش شده از سینتیک واجذبی فسفر با شکل های شیمیایی آن در خاکهای مختلف از یک ردیف پستی و بلندی-اقلیمی

معصومه معاذالهی^۱ و مجید باقرنژاد^۲

دانشجوی دکتری^۱ و استاد^۲ بخش علوم و مهندسی خاک، دانشگاه شیراز

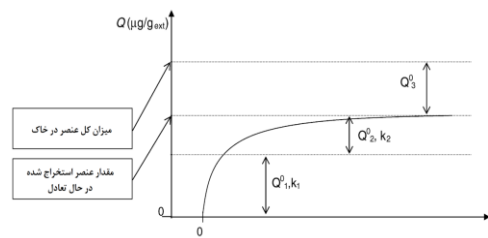
چکیده

مطالعه حاضر تلاش دارد به بررسی رابطه بین داده های استخراجی از سینتیک واجذبی و شکل های شیمیایی فسفر در خاک های مختلف از یک ردیف پستی بلندی اقلیمی بپردازد. بر طبق نتایج بدست آمده، الگوی دوفاری واجذبی فسفر بصورت واجذبی سریع در ابتدای فرایند و واجذبی کند در ادامه رهاسازی در همه نمونه های خاک مشاهده شده است. معادله دو مرحله ای مرتبه اول به بهترین نحو ممکن توانست بر داده های حاصل از واجذبی فسفر برازش داده شود. آزمایشات عصاره گیری دنباله ای فسفر نشان داد که بیشترین شکل فسفر به صورت فسفر پیوند شده با کلسیم و فسفر باقیمانده در خاک های می باشد. همچنین نتایج بدست آمده از رابطه بین پارامترهای مدل دو مرحله ای مرتبه اول با شکل های شیمیایی فسفر نشان می دهد Q1 همبستگی مثبت و معنی داری با شکل تبادلی و محلول، فسفر پیوند شده با اکسیدهای آهن و آلومینیوم، و فسفر داری با فسفر پیوند شده با اکسیدهای آهن و آلومینیوم، فسفر پیوند شده همبستگی مثبت و معنی Q2 پیوند شده با کلسیم، همبستگی مثبت و معنی داری فقط با فسفر باقیمانده نشان داده است. Q3 با کلسیم، و فسفر باقیمانده، و

واژه های کلیدی: مدل دو مرحله ای مرتبه اول، واجذبی، شکل های شیمیایی، فسفر، توالی پستی و بلندی-اقلیمی

مقدمه

فسفر یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه می باشد که از ملزومات مهم برای کشاورزی مدرن و تامین غذای جهانی معرفی می گردد. بدلیل مقادیر کم و تحرک پایین فسفر در خاک، کاربرد مدیریتی صحیح از کودهای فسفره جهت بهبود و افزایش عملکرد گیاهان نیاز می باشد. واکنش های تبادلی فسفر جذب سطحی شده در مقایسه با سایر عناصر غذایی بسیار کم باشد. فرایند تحرک فسفر در خاک تحت تاثیر عواملی های فسفر خاک بسیار مشکل می باشند. در عمل، جداسازی واکنش می باشد. برای شناخت کامل برهم کنش های پویای عناصر غذایی با خاک و همچون حل شدن، رسوب، و جذب و واجذب می پیش بینی سرنوشت آن ها در طول زمان، و نیز پیش بینی تحرک، تشکیل گونه، و زیست فراهمی عناصر غذایی در خاک ها، های درگیر ضروری است. فرایندهای جذب-واجذب، عامل اصلی کنترل آگاهی یافتن از سینتیک و سازوکار واکنش های باشد (استران و اسپارکس، کننده قابلیت استفاده عنصر در خاک می باشند، بنابراین شناخت دقیق این فرایندها الزامی می های دینامیکی عناصر غذایی ۲۰۰۰). بسیاری از فرایندهای شیمیایی خاک تابع زمان هستند، برای شناخت کامل برهم کنش مورد نیاز گیاه با خاک و نیز به منظور پیش بینی سرنوشت آنها در طول زمان، آگاهی یافتن از سینتیک این واکنش ها حائز (یکی از مدل های چندگانه مرتبه اول قابل اتکا Two first-order kinetic model اهمیت است. مدل دو مرحله ای مرتبه اول) های باشد که علاوه بر پیش بینی واجذب عناصر، توانایی تفکیک بخش در بررسی پیش بینی رهاسازی عناصر در خاک می باشد. شکل ۱ شماتیک کلی از بخش های مختلف هر عنصر استخراجی بوسیله این مدل را نمایش مختلف از عنصر را دارا می داده است.



شکل ۱- نمای کلی از بخش های مختلف هر عنصر استخراجی بوسیله مدل دو مرحله ای مرتبه اول

این مدل نشان دهنده دو منبع از هر عنصر می) که به سرعت قابل استخراج Labile بخش قابل دسترس (Q_1 : ۱) باشد باشد. آگاهی از (که با سرعت بسیار کم قابل استخراج می Fairly Labile بخش با قابلیت دسترسی نسبتاً کم (Q_2 : ۲) باشد می توان با های شیمیایی فسفر در فهم شیمی فسفر در خاک و در جنبه های حاصلخیزی خاک نقش موثری دارند، که می شکل استفاده از اطلاعات به دست آمده از آن به منظور افزایش قابلیت جذب فسفر توسط گیاهان، روش مدیریتی مناسبی پیشنهاد کرد. لذا با توجه به مقدمه گفته شده می توان بیان کرد، پارامترهای استخراجی از مدل دومرحله ای مرتبه اول می تواند، در صورت اثبات روابط مستقیم، همبستگی مناسب و حتی جایگزینی برای آزمایشات عصاره گیری دنباله ای باشد. با توجه به مسائل گفته شده، اهداف مطالعه حاضر به صورت ذیل تعریف شد: ۱) بررسی واجذبی فسفر در خاک های مختلف از یک ردیف پستی و بلندی- اقلیمی (۲) برازش مدل دومرحله ای مرتبه اول بر داده های واجذبی (۳) تعیین شکل های شیمیایی فسفر و رابطه آن پارامترهای استخراجی از مدل دومرحله ای مرتبه اول.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی کرمان، از دشت کرمان تا لاله زار و بافت می باشد که از نظر موقعیت جغرافیایی بین طولهای شرقی ۵۷ درجه (کرمان) و ۵۶ درجه (لاله زار) و عرضهای شمالی ۳۰ درجه (کرمان) و ۲۹ درجه (لاله زار) قرار گرفته است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۸۴۰ متر (ابتدای منطقه مورد مطالعه) در کرمان و ۳۲۰۷ متر (انتهای منطقه مورد مطالعه) از سطح دریای آزاد در نزدیک بافت می باشد. بر اساس نقشه ۱:۲۵۰۰۰۰۰ رژیم رطوبتی و حرارتی ایران، رژیم حرارتی منطقه مورد مطالعه مزیک در کرمان و لاله زار، و رژیم رطوبتی اریدیک در کرمان و زیرک در لاله زار می باشد. در منطقه مورد مطالعاتی ۲۷ نیم رخ حفر، و در نهایت رده بندی و از افق های مورد نظر نمونه برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن به روش های مرسوم اندازه گیری شد (جدول ۱). در این بخش از مطالعه، پنج رده خاک شناسایی، که به منظور تعیین سینتیک واجذبی فسفر و شکل های شیمیایی آن، مورد مطالعه قرار گرفتند. در ابتدای مطالعه، از آنجا که فسفر قابل دسترس در بعضی از رده های خاک (به خصوص سه رده اریدی سولز، اینسپتی سولز، آلفی سولز) کم بدست آمدند، لذا به منظور بررسی بهتر از واجذبی فسفر، همه نمونه های خاک با پتاسیم دی هیدروژن فسفات در سطح ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر تیمار و پس از مدت ۹۰ روز آزمایش واجذبی و شکل های شیمیایی بر روی نمونه های مورد نظر انجام گرفت. به منظور بررسی سینتیک های ۱ گرمی خاک در لوله های سانتریفیوژ ۵۰ میلی لیتری ریخته و سپس ۲۵ میلی لیتر از عصاره گیر بی واجذب فسفر نمونه (به نمونه ها افزوده و برای دوره های زمانی ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶، pH= کربنات سدیم ۰/۵ مولار (۸/۵) شوند. پس از اتمام هر زمان تکان دادن، لوله ها را به مدت ۱۵ دقیقه ساعت با سرعت ۱۵۰ دور بر دقیقه تکان داده می در دستگاه گریز از مرکز قرارداداده و سپس محلول زلال رویی از کاغذ صافی عبور داده و فسفر در محلول به وسیله روش آبی مولیبدات تعیین گردید. شکل های شیمیایی فسفر در هر نیم رخ خاک از روش تعدیل شده هدلی و همکاران (۱۹۸۲) که Exch-P گیری شد. در این روش فسفر در چهار بخش فسفر محلول و تبدالی (بوسیله سایرین استفاده شده است، اندازه استخراجی بوسیله Fe-Al-P استخراجی بوسیله بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار)، فسفر پیوند شده با آهن و آلومینیوم (استخراجی بوسیله اسید هیدروکلریک ۱ مولار) و فسفر Ca-P هیدروکسید سدیم ۰/۱ مولار)، فسفر پیوند شده با کلسیم (استخراجی بوسیله مخلوط ۵:۲ اسید سولفوریک و اسید پرکلریک) تعیین گردید. در انتهای هر بخش، میزان Res-P باقیمانده (

فسفر در محلول به وسیله روش آبی مولیبدات تعیین شد. در انتهای مرحله واجذب، داده های بدست آمده بر مدل دومرحله (Two first-order kinetic model) برای مرتبه اول (تشکیل شده است: Q₁، Q₂ و Q₃ معادله از سه بخش اصلی

$$q = Q_1 (1 - e^{-k_1 t}) + Q_2 (1 - e^{-k_2 t})$$

$$Q_3 = q_{total} - Q_2 - Q_1$$

که در این معادله q: میزان عنصر واجذب شده در زمان t، Q₁ (میلی) که به آسانی قابل labile (میلی) بر کیلوگرم: بخش لبایل (که کمتر moderately labile لبایل (گرم بر کیلوگرم): بخش نسبتا (میلی) Q₂ گرم بر کیلوگرم)، (میلی) باشد استخراج می گرم بر (میلی) q_{total} باشد، گرم بر کیلوگرم): بخش از عنصر که غیر قابل استخراج می (میلی) Q₃ باشد، قابل استخراج می می باشند. Q₁ و Q₂ به ترتیب ضرایب ثابت برای K₁ و K₂ (کیلوگرم): غلظت کل عنصر در خاک، و

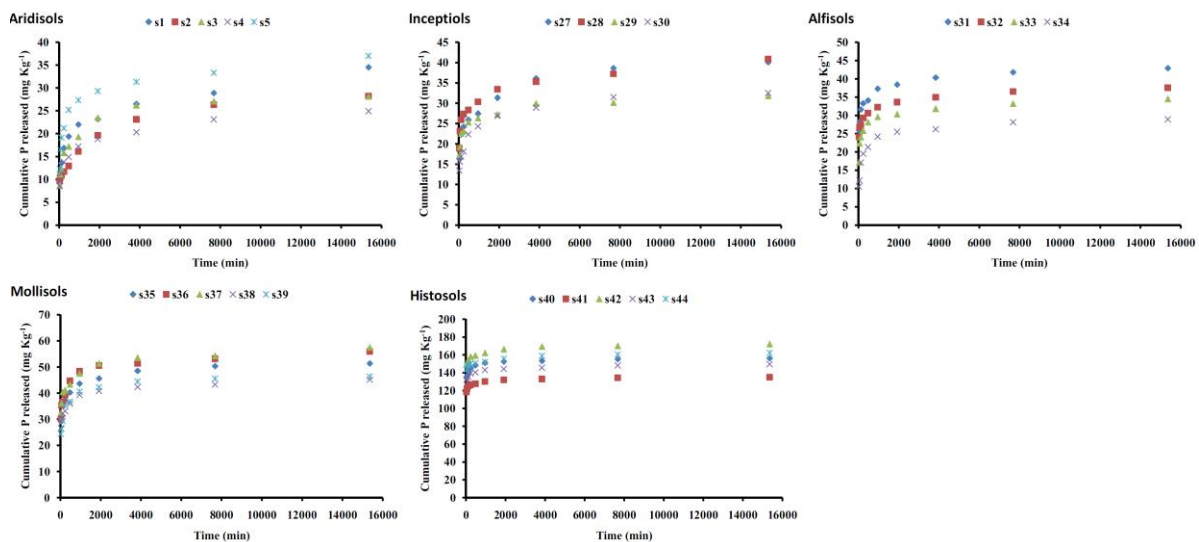
نتایج و بحث

مطالعات صحرایی انجام شده در این توالی پستی و بلندی - اقلیمی نشان از وجود پنج رده: اریدی سولز، اینسپتی سولز، مالی سولز، مالی سولز و هیستوسولز دارد. جدول ۱ برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مورد مطالعه در یک ردیف پستی بلندی - اقلیمی

خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک									افق های هر رده	خاک های مورد مطالعه
P-Olsen	P Total	pH	OM	CCE	clay	sand	CEC	EC		
mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	-	%	%	%	%	cmol (+) kg ⁻¹	dS m ⁻¹		
۸/۶	۵۸۲	۸	۰/۵۵	۱۹/۴	۲۰	۷۴	۱۰/۳	۱/۰۱	A	اریدی سولز
۶/۱	۵۱۳	۷/۹	۰/۴۴	۱۶/۵	۲۲	۶۸	۱۱/۲	۰/۷۵	Bk ₁	
۵/۲	۴۷۸	۸	۰/۳۴	۱۶/۳	۱۴	۸۰	۷/۱	۰/۵۶	Bk ₂	
۴/۵	۵۷۸	۸/۳	۰/۴۶	۱۲/۵	۴	۹۴	۳/۸	۰/۳۷	C ₁	
۲/۴	۴۲۲	۸/۲	۰/۳۶	۱۴/۳	۴	۹۰	۲/۹	۰/۶۳	C ₂	
۸/۵	۳۱۵	۷/۴	۰/۴۳	۲۱/۷	۲۲	۶۲	۱۴/۱	۸۶/۳	Az	اینسپتی سولز
۷/۵	۲۸۸	۷/۵	۰/۳۵	۲۰/۲	۱۶	۷۲	۱۱/۴	۱۳/۹	Bk ₁	
۵/۸	۲۷۴	۷/۸	۰/۵۲	۲۵/۵	۱۴	۷۲	۹/۵	۶/۷	Bk ₂	
۲/۱	۲۶۶	۷/۷	۰/۴۲	۳۲/۵	۱۶	۵۶	۱۰/۲	۶/۷	Bkm	
۱۴/۱	۴۱۳	۷/۴	۰/۸۵	۱۲/۵	۱۹	۷۵	۱۱/۳	۲۵/۱	A	آلفی سولز
۱۴/۵	۳۸۹	۷/۴	۰/۳۸	۱۷/۳	۲۱	۷۵	۱۴/۲	۵۸/۲	Bkz	
۵/۲	۳۶۵	۷/۵	۰/۲۵	۱۶/۸	۱۳	۸۱	۶/۵	۲۶/۳	Bk	
۲/۴	۳۷۸	۷/۷	۰/۲۰	۲۸/۵	۲۳	۵۵	۱۱/۷	۱۲/۷	Btk	
۲۲/۳	۸۷۳	۶/۱	۳۲/۵	۱۰/۵	۴۴	۳۴	۸۲/۳۶	۱/۴	Ag	مالی سولز
۲۰/۵	۸۳۴	۶/۴	۱۱/۴	۹/۸	۳۲	۴۶	۴۳/۵	۰/۸۲	Bwg ₁	
۲۱/۱	۸۵۴	۷/۵	۶/۱	۹/۱	۱۶	۶۶	۲۳/۵	۰/۵۸	Bwg ₂	
۱۶/۸	۸۱۲	۶/۸	۶/۰۵	۱۰/۲	۱۸	۶۰	۲۵/۸	۰/۷۲	Cg ₁	
۱۵/۵	۷۸۹	۷	۷/۵	۸/۵	۲۲	۵۶	۱۵/۷	۰/۵	Cg ₂	
۱۲۲/۴	۱۸۱۲	۷/۵	۴۶/۳	۱۵/۱	۱۴	۳۶	۱۲۰/۱	۱/۴	Oe ₁	هیستو سولز
۱۰۲/۵	۱۶۸۷	۷/۱	۲۶/۷	۹	۳۰	۲۸	۸۶/۷	۱/۶	Oe ₂	
۱۲۸/۶	۱۴۷۷	۷/۱	۱۸/۹	۱۲/۶	۴۳	۵	۷۰/۲	۰/۵۶	Bwg ₁	
۱۲۰/۵	۱۴۱۹	۷/۲	۹/۵	۷/۵	۳۳	۳۲	۴۴/۳	۰/۵۶	Bwg ₂	
۱۳۴/۳	۱۳۱۵	۷	۱۰/۳	۹/۱	۲۶	۲۸	۳۹/۱	۰/۴۷	Cg	

بیشتر خاکهای مورد مطالعه دارای پ هاش بالای ۷ (به استثنای خاک های مورد مطالعه در رده مالی سولز) می باشند که نشان از قلیایی بودن خاکهای منطقه مورد پژوهش دارد. میزان آهک در منطقه با حداقل ۷/۸٪ در رده مالی سولز و حداکثر ۳۲/۵ درصد در رده اینسیتی سولز، حاکی از آهکی بودن خاکهای منطقه دارد (متوسط ۱۵٪ در کل خاکهای منطقه). میزان ماده آلی در خاکهای منطقه به استثنای دو رده مالی سولز (متوسط ۱۲/۵٪) و هیستوسول (متوسط ۲۲/۵٪)، بسیار پایین و کمتر از ۱ درصد بدست آمد. میزان فسفر قابل دسترس (P-Olsen) در سه رده اریدیسولز، اینسیتی سولز، آلفی سولز پایین تر از حد بحرانی فسفر در خاکهای آهکی (کمتر از ۱۸ میلی گرم بر کیلوگرم)، و در دو رده حاکی هیستوسولز و مالی سولز این فرم از فسفر بالاتر از حد بحرانی مشاهده شد. سایر خصوصیات اندازه گیری شده از خاک در جدول ۱ قابل مشاهده است. روند تغییرات واجذبی فسفر به صورت تجمعی در نمونه های مختلف حاکی در رده های متفاوت در شکل ۲ نشان می دهد که الگوی واجذبی در همه نمونه ها یکسان و بصورت دوفازی می باشد. واجذبی سریع در زمان های اولیه و کاهش واجذبی در زمان های بعد، از خصوصیات این الگوی واجذبی به حساب می آید که می تواند به دلیل مکان های جذبی غیرمتجانس با شدت جذب های متفاوت باشد. تحقیقات مختلف انجام شده رهاسازی سریع اولیه فسفر را به حل شدن سریع فسفر های آمورف با سطح انرژی پایین ربط می دهند (جلالی و احمدی، ۲۰۱۰). در طرف مقابل، واجذبی کند فسفر وابسته به حلالیت ترکیبات فسفره کریستاله از جمله اکتا کلسیم فسفات و کلسیم هیدروکسیل آپاتیت می باشد.



شکل ۲- واجذبی فسفر در زمان های مختلف در نیم رخ های مختلف از رده های متفاوت

بنابراین به نظر می رسد که بخش اولیه از فسفر رهاسازی شده می تواند نشان از میزان فسفر لبایل در خاک داشته باشد. میزان رهاسازی فسفر از هیستوسولز ۶ برابر بیشتر از رده اریدیسولز بدست آمده که می تواند به دلیل بالاتر بود میزان فسفر کل این خاکها باشد. ضریب تبیین بالای ۰/۹۴ در مدل دو مرحله ای مرتبه اول برازش داده شده بر داده ها نشان از دقت بالای این مدل در پیش بینی فرایند رهاسازی فسفر در خاکهای مورد مطالعه دارد (جدول ۲). همچنین، نتایج نشان می دهد که K1 (به عنوان ضریب از رهاسازی فاز سریع عنصر) در همه نمونه ها بالاتر از K2 (به عنوان ضریب از رهاسازی فاز کند عنصر) بدست آمده است. میزان Q1 بدست آمده (بخش لبایل و قابل دسترس) در خاک های هیستوسولز و مالی سولز بالاتر از سایر رده های مورد مطالعه نشان از قابل دسترس بودن فسفر در این خاک ها دارد (جدول ۲). نتایج بدست آمده از آزمایش عصاره گیری دنباله ای حاکی از آن می باشد که هیستوسول ها و اریدی سول ها به ترتیب دارای بیشترین و کمترین شکل از فسفر تبدلی و محلول را در بین رده های مختلف مورد مطالعه دارا بودند (شکل ۳). بیشترین شکل از فسفر در خاکهای مورد مطالعه

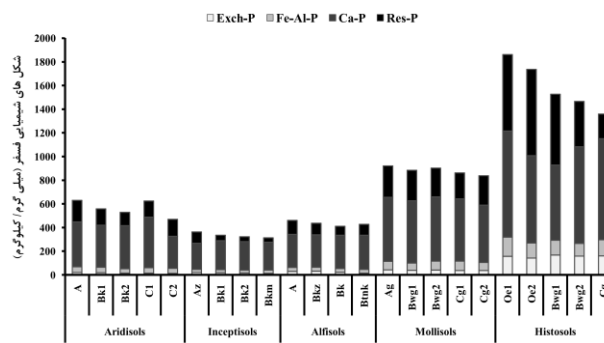
های فسفر باقیمانده، فسفر پیوند شده با به صورت فسفر پیوند شده با کلسیم (۴۱/۵ تا ۰/۷۵٪) و پس از آن به ترتیب در شکل اکسیدهای آهن و آلومینیوم، و فسفر محلول و تبادلی مشاهده شد (شکل ۱). جلالی و رنجبر (۲۰۱۳) در مطالعه خود بروی باشد. میزان خاکهای آهنی ایران نشان دادند که بیشترین شکل از فسفر، در فسفر پیوند شده با کلسیم و فسفر باقیمانده می بالای کربنات کلسیم در خاکهای مورد مطالعه، تمایل فسفر به رسوب به صورت فسفات کلسیم یا رسوب مجدد به صورت کربنات را افزایش می دهد. مقادیر بالا از فسفر پیوند شده با کلسیم نسبت به سایر شکل های شیمیایی از فسفر، نشان از آن دارد که فسفر بوسیله کانی های اولیه و ثانویه غیر متحرک شده و بیشتر به صورت غیر لابلیل در خاکهای منطقه وجود دارد. تواند دلیلی بر کاهش شکل فسفر پیوند شده با میزان پایین از کربنات کلسیم در دو رده خاکی هیستوسولز و مالی سولز می کلسیم نسبت به سایر رده ها باشد. فسفر پیوند شده با اکسیدهای آهن و آلومینیوم در دو رده خاکی هیستوسولز و مالی سولز نسبت به سایر رده های خاکی مقدار و درصد بیشتری را به خود اختصاص داده است. فسفر باقیمانده به عنوان پایدارترین شود که به مانند فسفر پیوند شده با اکسیدهای آهن و آلومینیوم، در دو رده شکل از شکل های شیمیایی فسفر شناخته می خاکی هیستوسولز و مالی سولز درصد بیشتری از فسفر را نسبت به سایر رده های خاکی به خود اختصاص داده است. مطالعات گذشته نشان می دهد مناطقی باحداقل مدیریت و بدون کوددهی، درصد فسفر باقیمانده بالاتری نسبت به مناطق تحت کشت با مدیریت کودی دارند. عدم وجود کشت و کار و کوددهی در دو رده خاکی هیستوسولز و مالی سولز می تواند توجیهی بر بیشتر بودن شکل فسفر باقیمانده نسبت به سایر رده های مورد مطالعه باشد.

جدول ۲- پارامترهای بدست آمده از مدل دو مرحله ای مرتبه اول در نمونه خاک های مختلف

شماره خاک	SE	R ²	K2	Q2	K1	Q1
S1	۱/۷۱۴	۰/۹۵۷	-۰/۱۳	۱۷/۳۵۹	۱/۳۲۶	۱۶/۷۷۲
S2	۰/۴	۰/۹۹۷	-۰/۲۲	۱۷/۵۲۷	۵/۲۲۳	۱۰/۲۳۱
S3	۰/۶۹۸	۰/۹۹۱	-۰/۴۱	۱۵/۱۰۳	۲/۰۳۱	۱۲/۴۴۷
S4	۰/۹۷۳	۰/۹۷۳	-۰/۲۲	۱۱/۶۶۴	۱/۶۷۶	۱۲/۶۱۳
S5	۱/۴۱۵	۰/۹۷۱	-۰/۳۸	۱۴/۴۵۳	۱/۵۶۷	۲۰/۷۰۸
S2۷	۰/۸۲۶	۰/۹۹۱	-۰/۲۴	۱۷/۸۷۶	۲/۲۹۵	۲۱/۹۶۴
S2۸	۰/۸۸۲	۰/۹۸۵	-۰/۱۹	۱۲/۶۳۲	۲/۳۶۴	۲۶/۱۹۴
S2۹	۰/۸۹۹	۰/۹۶۸	-۰/۳۵	۸/۹۴۱	۲/۷۲۷	۲۱/۹۷۴
S3۰	۰/۹۹۹	۰/۹۸۱	-۰/۴۲	۱۵/۱۶۹	۳/۱۱۱	۱۶/۲۵۷
S3۱	۰/۹۸	۰/۹۷۴	-۰/۴۵	۱۱/۳۴۷	۳/۴۱۴	۳۰/۵۶
S3۲	۰/۶۹۱	۰/۹۷۸	-۰/۳۸	۹/۲۳۹	۴/۰۳	۲۷/۴۴۴
S3۳	۰/۸۲۸	۰/۹۷۹	-۰/۴	۸/۸۸۷	۲/۲۷۷	۲۴/۵۹۷
S3۴	۰/۹۹۷	۰/۹۷۹	-۰/۵۶	۱۰/۵۹۹	۱/۴۰۷	۱۷/۲۵۷
S3۵	۱/۲۵۲	۰/۹۷۸	-۰/۵۲	۱۶/۵۶۵	۳/۵۵۵	۳۳/۵۶۴
S3۶	۱/۳۳۹	۰/۹۷۹	-۰/۸۳	۱۹/۰۱۵	۳/۹۲۸	۳۴/۱۸۸
S3۷	۱/۱۴۲	۰/۹۸۳	-۰/۴۵	۱۷/۴۲۴	۳/۴۹۷	۳۸/۱۰۶
S3۸	۰/۷۸۹	۰/۹۸۶	-۰/۵۹	۱۲/۸۸۷	۳/۷۶۵	۳۰/۷۰۲
S3۹	۱/۴۵۳	۰/۹۷۱	-۰/۱۰۲	۱۸/۲۶	۴/۰۱۱	۲۶/۵۴۴
S4۰	۱/۳۵۲	۰/۹۷۴	-۰/۱۵۷	۱۹/۱۳۲	۸/۲۶۹	۱۳۴/۹۶۹
S4۱	۰/۸۲۸	۰/۹۷۹	-۰/۰۶	۱۰/۶۹۴	۶/۲۳۸	۱۲۳/۳۰۱
S4۲	۱/۵۷۶	۰/۹۶۵	-۰/۵۸	۱۹/۰۱۳	۳۳/۳۸	۱۵۱/۴۲۷
S4۳	۱/۵۰۶	۰/۹۴۶	-۰/۶۹	۱۳/۶۶۶	۸/۱۴۹	۱۳۳/۸۵۷
S4۴	۰/۳۹	۰/۹۹۶	-۰/۲۳	۱۲/۲۴۴	۶/۷۶۱	۱۴۸/۴۸۲

نتایج بدست آمده از ضریب های شیمیایی های حاصل از مدل دو مرحله ای مرتبه اول با شکل) بین ضریب های همبستگی (داری با شکل به عنوان بخش قابل دسترس از مدل دو مرحله ای مرتبه اول همبستگی مثبت و معنی Q1دهد، فسفر نشان می تبادلی و محلول، فسفر پیوند شده با اکسیدهای آهن و آلومینیوم ، و فسفر پیوند شده با کلسیم دارد (جدول ۳). همچنین و فسفر پیوند شده با اکسیدهای آهن و آلومینیوم ، فسفر پیوند شده با کلسیم، و فسفر Q2داری بین همبستگی مثبت و معنی به عنوان ضریب دیگر از معادله مذکور، همبستگی مثبت و معنی داری فقط با فسفر Q3باقیمانده مشاهده می شود. ضریب مربوط به بخش تبادلی و بخش آلی، ضریب Q1باقیمانده نشان می دهد. برونوری و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که ضریب باشد، که با نتایج بدست مربوط به بخش تنمه می Q3 مربوط به بخش باقیمانده از بخش آلی و بخش غیر آلی، و ضریب Q2

آمده از این تحقیق، همخوانی دارد. بطور کلی نتایج بدست آمده نشان می دهد که واجذبی فسفر در همه خاکهای مورد مطالعه به صورت دوفازی بوده و در خاکهای با مقدار فسفر کل بالاتر، رهاسازی فسفر بیشتر می باشد. مدل دو مرحله ای مرتبه اول برآزش شده به خوبی توانسته است روند تغییرات رهاسازی فسفر را در همه خاکهای مورد مطالعه بخوبی نشان دهد. بررسی شکل های شیمیایی فسفر در همه خاکها نشان می دهد که بیشترین شکل از فسفر در مناطق خشک و نیمه خشک در دو شکل فسفر پیوند شده با کلسیم و فسفر باقیمانده وجود دارد که نشان از تحرک پایین این عنصر در این مناطق دارد. رابطه همبستگی بین شکل های شیمیایی فسفر و پارامترهای استخراجی از مدل مرحله اول تا حدودی منطبق بر هم بوده که می توان به طور بهینه ای پیش بینی درستی از فسفر با قابلیت دسترسی بالا را با استفاده از ضرایب مذکور داشت.



افق های مورد مطالعه در زده های مختلف خاک

شکل ۳- غلظت شکل های شیمیایی فسفر در افق های زده های مختلف خاک

جدول ۳- همبستگی ساده بین پارامترهای مدل دو مرحله ای مرتبه اول با شکل های شیمیایی فسفر

	Q ₁	K ₁	Q ₂	K ₂	Q ₃
Exch	۰/۷۵۳**	۰/۵۴۱*	۰/۱۷۲	۰/۲۵۲	۰/۲۱۱
Fe-Al-P	۰/۶۵۱*	۰/۴۱۱	۰/۹۱۴**	۰/۲۲۳	۰/۳۱۱
Ca-P	۰/۳۶۹*	۰/۳۸۹	۰/۶۱۷**	۰/۳۱۶	۰/۴۴۴
Res-P	۰/۴۰۹	۰/۴۱۲	۰/۵۷۰*	۰/۲۵۱	۰/۷۲۵**

** و * به ترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار می باشند

منابع

- Strawn, D. G., and Sparks, D. L. (2000). Effects of soil organic matter on the kinetics and mechanisms of Pb (II) sorption and desorption in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 64(1), 144-156.
- Hedley, M. J., Stewart, J. W. B., and Chauhan, B. (1982). Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal*, 46(5), 970-976.
- Jalali, M., and Ahmadi Mohammad Zinli, N. (2011). Kinetics of phosphorus release from calcareous soils under different land use in Iran. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174(1), 38-46.
- Jalali, M., and Ranjbar, F. (2013). Transformation kinetics of inorganic P forms in relation to calcareous soil properties of western Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(3), 353-366.
- Brunori, C., Cremisini, C., D'annibale, L., Massanisso, P., and Pinto, V. (2005). A kinetic study of trace element leachability from abandoned-mine-polluted soil treated with SS-MSW compost and red mud. Comparison with results from sequential extraction. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 381(7), 1347-1354.



Relationship between fitted two constants equation parameters on phosphorus desorption kinetic data and its chemical forms in various soils along a climotoposequence

M. Moazallahi and M. Baghernejad

Department of soil science, college of agriculture, Shiraz University

Abstract

This study was conducted to investigate the relationship between extracted data from desorption kinetic and chemical forms of phosphorus (P) in various soils along a climotoposequence. According to the results, biphasic patterns of P desorption is shown in the beginning time followed by a slower desorption. The two first-order reactions model was fitted well desorption kinetic data. Sequential extraction experiment showed that in all of soil samples P is strongly associated with Ca-bound-P and residual-P fractions. The obtained results from relationships between parameters of the two first-order reactions model and chemical forms of P showed that, There was a positive significant between Q1 with Exch, Fe-Al-P, Ca-P forms, Q2 with Fe-Al-P, Ca-P, and Res-P, and Q3 with Res-P.

Keywords: The two first-order reactions model, Desorption, Chemical forms, Phosphorus, climotoposequence