

سینتیک آزاد شدن منگنز در برخی از خاک‌های آهکی ایران

عادل ریحانی تبار¹

تاریخ دریافت: 88/2/29 تاریخ پذیرش: 88/11/16

1- استادیار، گروه خاکشناسی، دانشگاه تبریز

مسئول مکاتبه E-mail: areyhani@tabrizu.ac.ir

چکیده

در این مطالعه سینتیک واجذب منگنز بومی خاک با دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید در 12 خاک آهکی استریل تحت شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار گرفت. مقایسه ضرایب تبیین و انحراف معیار مدل‌های گوناگون سینتیکی نشان داد که که بهترین مدل‌ها برای توصیف داده‌ها. معادله دو ثابت و معادله پارابولیک پخشیده میباشند. معادلات درجه صفر، درجه اول، دوم و درجه سوم نتوانستند واجذب منگنز را در خاک‌های مورد مطالعه توصیف کنند. ضرایب تبیین از معادله درجه صفر تا درجه سوم کاهش نشان داد. کربن آلی و مقدار رس از تأثیرگذارترین ویژگی‌های خاک بر واجذب منگنز و ضرایب معادلات سینتیکی دو ثابت و پارابولیک بودند. مقدار منگنز قابل عصاره‌گیری برای زمان‌های طولانی مدت (مرتبط با ثابت a معادله دو ثابت) با افزایش مقدار ماده آلی خاک افزایش یافت. کمترین مقدار ثابت a معادله دو ثابت برابر با 0/585 و بیشترین آن برابر با 11/24 میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک بر دقیقه بوده و مقادیر متناظر برای ثابت b به ترتیب برابر با 0/313 و 0/554 یک بر میلی‌گرم منگنز بر کیلوگرم خاک می‌باشد. سرعت عصاره‌گیری منگنز از خاک (مرتبط با ثابت b) به کلی متغیر بوده و بطور سیستماتیک به هیچ کدام از خواص خاک مرتبط نشد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که احتمالاً آزمون رایج خاک برای منگنز، مقدار منگنز، قابل استفاده گیاه را کمتر از مقدار واقعی تخمین می‌زند.

واژه‌های کلیدی: خاک‌های آهکی، سینتیک، منگنز، واجذب، DTPA

Kinetics of Manganese Release From Some Calcareous Soils of Iran**A Reyhanitabar¹**

Received: 29 February 2009

Accepted: 16 November 2009

¹Assist. Prof., Dept. of Soil Science, Univ of Tabriz, , Iran*Corresponding author: E-mail: areyhani@tabrizu.ac.ir**Abstract**

Kinetics of native Mn desorption by diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) from 12 calcareous soils of Iran was studied in a laboratory experiment. Comparisons of coefficients of determination (r^2) and standard errors (SE) for seven different models indicated that the two best models for describing the desorption data in all soils were two-constant rate and parabolic – diffusion equations. The zero, first, second and third order equations could not describe Mn desorption properly and the coefficients of determination (r^2) decreased from zero to third order. Organic carbon and clay contents were the most pertinent soil characteristics that predicted the rate constants of the two constant and parabolic kinetic models. The amount of extractable Mn for long extraction times (the constant "a") increased with organic matter content. Constant "a" ranged from 0.585 to 11.24 ($\text{mgMn kg}^{-1}\text{min}^{-1}$) and "b" from 0.313 to $0.554(\text{mgMn kg}^{-1}\text{min}^{-1})^{-1}$. The rate at which Mn was extracted from each soil (related to the constant b) were quite variable and was not systematically related to any of the measured soil properties. Consequently a soil test for available Mn involving extraction for a quite short time period might underestimate the amount of Mn that was released in reality.

Keywords: Calcareous soils, Desorption , DTPA, Kinetics, Manganese**مقدمه**

در محلول خاک‌های خنثی و اسیدی معمولاً در حدود 0/01 تا 1 میلی گرم بر لیتر بوده و منگنز کمپلکس شده با ترکیبات آلی حدود 90 درصد منگنز محلول خاک را تشکیل می دهد (هاولین و همکاران 2007). منگنز دارای سه حالت اکسایش Mn^{4+} , Mn^{3+} , Mn^{2+} بوده و در خاکهای با تهویه مناسب به صورت منگنز محلول، جذب سطحی شده توسط رس ها و مواد آلی، به صورت رسوب همراه کربنات ها و اکسیدهای معدنی و به صورت

منگنز (Mn) از دو دیدگاه کشاورزی و محیط زیست حائز اهمیت بوده و مورد توجه است. یکی از دلایل این امر نقش منگنز به عنوان یک عنصر غذایی ضروری برای گیاهان و حیوانات می باشد. قابلیت دسترسی منگنز معمولاً در خاکهای آهکی و خاکهای با pH بالا، پایین است (هاولین و همکاران 2007)، چرا که عملاً بخش اندکی از منگنز کل در محلول خاک حل می گردد (لیندزی 1979). غلظت منگنز

آهن و منگنز می‌باشد. لیندزی و نورول (1978) نشان دادند که در دامنه وسیع pH اسیدی تا قلیایی و شرایط کاهنده تا اکسندنه نظیر $pe+pH=18$ ، DTPA توانایی نسبتاً خوبی برای کمپلکس کردن منگنز دارد. آدامز و ویر (1967) ضریب همبستگی بین منگنز قابل عصاره‌گیری با DTPA و منگنز قابل عصاره‌گیری با هیدروکینون-استات آمونیوم را 0/8 گزارش کردند. راندال و همکاران (1976) گزارش کردند که DTPA رامی توان به طور موثری جهت تعیین منگنز قابل دسترسی در خاک‌هایی با مقدار ماده آلی کم ($<6\%$) بکار برد. شومن و اندرسون (1974) گزارش کردند که DTPA بهترین عصاره‌گیر در خاک‌های بسیار اسیدی (pH=4-5) است.

همانطور که ذکر شد، واکنش‌های منگنز توسط شرایط غیرتعادلی کنترل می‌شود، و تا به حال گزارش چاپ شده‌ای از سینتیک ره‌اشدن منگنز در خاک‌های آهکی ایران وجود ندارد. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی الگوی آزادسازی منگنز در برخی خاک‌های آهکی ایران و تعیین قابلیت کاربرد مدل‌های گوناگون سینتیکی برای توصیف آزاد شدن منگنز در تعدادی از خاک‌های آهکی ایران انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های مرکب خاک سطحی (0-30 cm) از دشت قزوین، استان تهران و قم از سری‌های عمده خاک بر طبق نقشه‌های خاک تهیه شده توسط موسسه خاک و آب، جمع‌آوری گردید و پس از هوا خشک شدن از الک 2 میلی‌متری گذرانده و در ظروف پلی‌اتیلنی جهت ادامه تحقیق نگهداری شدند. نمونه‌های خاک در اتوکلاو به مدت یک ساعت در دمای 121 سانتیگراد و فشار یک بار استریل شدند.

بافت خاک به روش هیدرومتر (کلوت و دریکسون 1986)، pH خاک با استفاده از نسبت 1 به 5 خاک به محلول با استفاده از کلرید کلسیم 0/01 مولار با

اکسیدهای کم محلول Mn^{4+} Mn^{3+} یافت می‌شود (لیندزی 1979). لافورس و همکاران (2002) گزارش کرده‌اند که شکل‌های گوناگون منگنز در طول فصل‌های سال تغییر معنی‌دار می‌کنند. شیمی منگنز در خاک پیچیده بوده و هنوز بخش‌هایی از آن بدون توضیح باقی مانده است، زیرا به نظر می‌رسد که واکنش‌های آن توسط شرایط غیر تعادلی کنترل می‌شود (لیندزی 1979). تلفیق شرایط اکسیدی و pH قلیایی ممکن است قابلیت دسترسی منگنز را تا حد وقوع حالت کمبود کاهش دهد، در حالیکه کاهش تحت شرایط اسیدی ممکن است منجر به بروز سمیت منگنز در خاک شود (هیو و همکاران 2001).

جذب منگنز به وسیله گیاهان توسط ویژگی‌های خاک، عوامل گیاهی و بر همکنش‌های آنها در ریشه سپهر تعیین می‌شود (واردن و رایزنر 1991). بیشتر تحقیقات انجام شده در مورد روش‌های استخراج منگنز خاک در ارتباط با پیش‌بینی کمبود منگنز در خاک‌های خنثی و قلیایی بوده است. لیپر (1935) از هیدروکینون 2 درصد، هاف و مودرسکی (1958) از اسید فسفریک 0/1 نرمال و دی‌هیدروژن فسفات آمونیوم سه نرمال و هیدروکینون الکلی به عنوان عصاره‌گیر منگنز قابل استفاده گیاه استفاده کردند. کریشنامورتی و هانگ (1992) سینتیک آزاد شدن منگنز در خاک‌های مختلف را بر اثر افزودن محلول‌های KCl بررسی کرده و گزارش کردند که آزاد شدن منگنز از معادله پخشیدگی پارابولیک تبعیت می‌کند. عوامل کیلیت ساز برای برآورد مقادیر قابل دسترسی عناصر کم مصرف در خاک مفید بوده و ضمن تشکیل کمپلکس‌های محلول با یون‌های فلزی آزاد، از فعالیت یون‌های فلزی آزاد در محلول می‌کاهند. در واکنش به این روند، یون‌های فلزی از سطوح خاک یا از فاز جامد جدا می‌شوند تا یون‌های فلزی آزاد در محلول را دوباره تامین کنند. اگرچه عوامل کیلیت ساز متعددی معرفی شده‌اند ولی DTPA (دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید) از این لحاظ استثناء بوده و جزء بهترین عوامل کیلیت ساز برای

ظروف حاوی خاک و محلول DTPA افزوده شده و در اتاقک حاوی شیکر در دمای $25 \pm 1^\circ C$ تکان داده شده و در زمان‌های متناظر 0/25، 0/5، 1، 2، 4، 8، 12، 24، 36، 48، 60، 72، 96، 120، 144، 168 و 192 ساعت، 5 میلی لیتر به عنوان نمونه فرعی از محلول سوسپانسیون با سرنگ پلاستیکی برداشته شد و سریعاً با استفاده از فیلتر به قطر 0/45 mm صاف شد. غلظت منگنز با استفاده از دستگاه ICP-MS اندازه گیری گردید.

معادلات سینتیکی متداول مورد استفاده عبارت بودند از: معادلات مرتبه صفر، اول، دوم و سوم (گریفین و جوریناک 1973، دنگ و همکاران 1994)، معادله پخشیدگی پارابولیک، معادله دو ثابت یا نمایی و معادله الویچ (کاتر و زاگلول 2002، هاو لین و همکاران 1985، چاین و کلی تن 1980) (جدول 1). از ضریب تبیین (r^2) بالا به همراه خطای معیار (SE) پایین برای انتخاب معادله برتر استفاده شد (هاو لین و همکاران 1985).

استفاده از الکتروود شیشه‌ای، کربن الی به روش واکلی - بلک (آلیسون 1965)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش جایگزینی با استات سدیم (چاپمن 1965)، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی سازی با اسید کلریدریک (آلیسون و مودی 1965) و کربنات کلسیم فعال با استفاده از اگزالات آمونیوم (درینیو 1942) تعیین شدند. شناسایی کانی‌های خاک با استفاده از تکنیک پراش اشعه X (XRD) بوسیله دستگاه X-ray مدل Philips- PW 180/40 انجام گرفت. سطح ویژه خاک‌ها (SSA) با استفاده از روش جذب گاز N_2 با دستگاه Micrometrics Gemini 2375 اندازه گیری شدند (برونیو و همکاران 1938).

برای آزمایش آزادسازی منگنز، معادل 50 گرم خاک خشک در دو تکرار در ظروف پلی اتیلنی ریخته شد و 100 میلی لیتر محلول 0/005 مولار DTPA حاوی 0/1 مولار تری اتانول آمین و 0/01 مولار کلرید کلسیم در pH = 7/3 اضافه شد (لیندزی و نورویل 1978). جهت جلوگیری از فعالیت احتمالی میکروبی 10 قطره تولوئن به

جدول 1- مدل های سینتیکی مورد استفاده در این مطالعه

مدل	معادله	پارامترها
مرتبه صفر	$q_t^* = q_0 - k_0 t$	k_0 ، ثابت سرعت مرتبه صفر ($\text{mg Mn kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$)
مرتبه اول	$\text{Ln } q_t = \text{Ln } q_0 - k_1 t$	k_1 ، ثابت سرعت مرتبه اول (min^{-1})
مرتبه دوم	$1/q_t = 1/q_0 - k_2 t$	k_2 ، ثابت سرعت مرتبه دوم ($[\text{mg Mn kg}^{-1}]^{-1}$)
مرتبه سوم	$1/q_t^2 = 1/q_0^2 - k_3 t$	k_3 ، ثابت سرعت مرتبه سوم ($[\text{mg Mn kg}^{-1}]^{-2} \text{ min}^{-2}$)
پارابولیک	$q_t = q_0 + k_p t^{0.5}$	k_p ، ثابت سرعت پخشیدگی ($(\text{mg Mn kg}^{-1})^{-0.5}$)
دو ثابت	$q_t = a t^b$	a ، ثابت سرعت واجذب اولیه منگنز ($\text{mg Mn kg}^{-1} \text{ min}^{-1}$) و b ، ثابت سرعت واجذب منگنز ($[\text{mg Mn kg}^{-1}]^{-1}$)
الویچ ساده شده	$q_t = 1/\beta_s \text{ Ln } (\alpha_s \beta_s) + 1/\beta_s \text{ Ln } t$	α_s ، ثابت سرعت واجذب اولیه منگنز ($[\text{mg Mn kg}^{-1} \text{ min}^{-1}]$) و β_s ، ثابت سرعت واجذب منگنز ($[\text{mg Zn kg}^{-1}]^{-1}$)

q_0 و q_t به ترتیب مقدار منگنز واجذب شده در زمان صفر و زمان مورد نظر می باشد .

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاکهای مورد استفاده

خواص خاک‌های مورد مطالعه در جدول 2 ارائه شده است. مقدار رس از 106 تا 410 گرم بر کیلوگرم خاک، pH از 7/2 تا 7/8 و کربن آلی از 6/3 تا 22/7 گرم بر کیلوگرم خاک تغییر می‌کند. سطح ویژه خاک‌های مورد مطالعه از 8/5 تا 39 متر مربع بر گرم خاک تغییر می‌کند. کربنات کلسیم معادل از 46 تا 228 و کربنات کلسیم معادل فعال از 16/08 تا 99/8 گرم بر کیلوگرم خاک متغیر

می‌باشند. مقدار منگنز قابل دسترس خاک‌ها از 7 تا 64 میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک تغییر می‌کند و لذا خاک‌ها از این نظر از دامنه خوبی برخوردار هستند. آنالیز پراش اشعه X نشان داد که کوارتز در خاک‌ها فراوان بوده و بعد از آن پیک مربوط به کلسایت غالب بوده و کلسایت، کربنات غالب است. در بخش رس، ایلایت، کلرایت و اسمکتیت‌ها غالب بوده و کانی شناسی خاک‌ها مخلوط می‌باشد (نمودارها و داده‌ها نشان داده نشده است).

جدول ۲ - برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	سری خاک	CEC (c mol ckg ⁻¹)	pH (CaCl ₂)	SSA (m ² g ⁻¹)	OC g.kg ⁻¹	ACCE g.kg ⁻¹	Clay g.kg ⁻¹	CCE g.kg ⁻¹
1	کوشک	16.4	7.63	26.0	8.3	38.2	325.0	80.0
2	سعید آباد	12.4	7.70	10.0	9.3	19.2	106.0	46.0
3	احمد آباد	19.2	7.72	20.0	8.3	27.2	226.0	72.0
4	کرد امیر	16.3	7.80	18.6	11.2	62.6	308.0	136.0
5	کرج	17.7	7.50	18.2	19.9	44.5	253.0	62.0
6	دماوند (1)	15.3	7.20	8.5	22.3	16.08	215.0	88.0
7	بومهن	30.0	7.56	20.3	13.1	33.5	134.0	125.0
8	فیروز کوه	20.2	7.77	39	15.5	99.8	307.0	228.0
9	ورد آورد	19.8	7.40	18.0	24.7	40.8	203.0	82.0
10	دماوند (2)	19.2	7.60	38.6	9.2	40.8	410.0	94.0
11	رود هن	32.0	7.51	11.8	6.3	58.5	134.0	194.0
12	ورسک	19.6	7.36	18.6	7.3	23.5	363	90

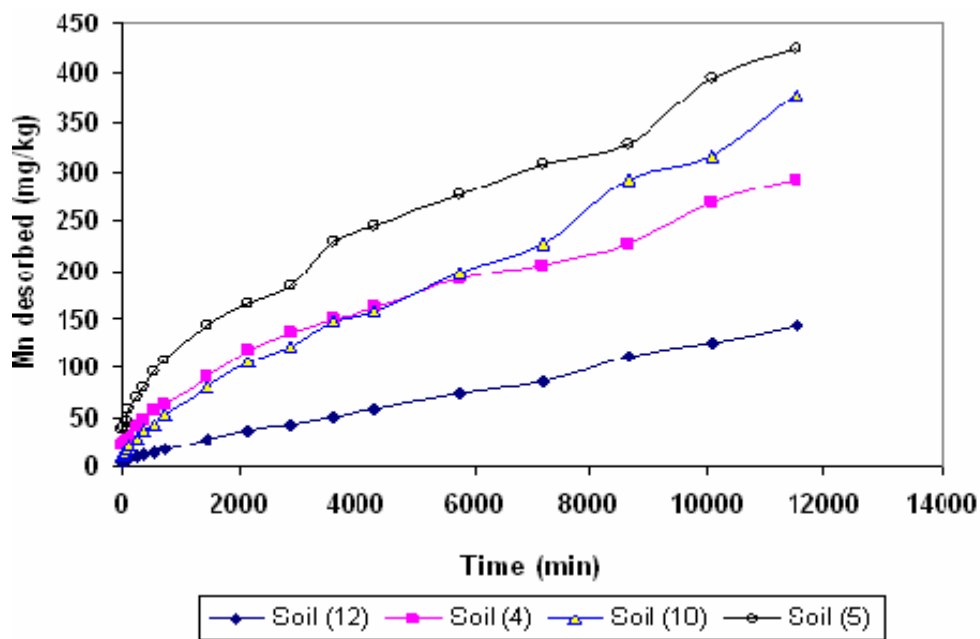
CEC، ACCE و به ترتیب ظرفیت تبادل کاتیونی، کربنات کلسیم معادل و فعال می‌باشند.

سیتیک واجذب منگنز

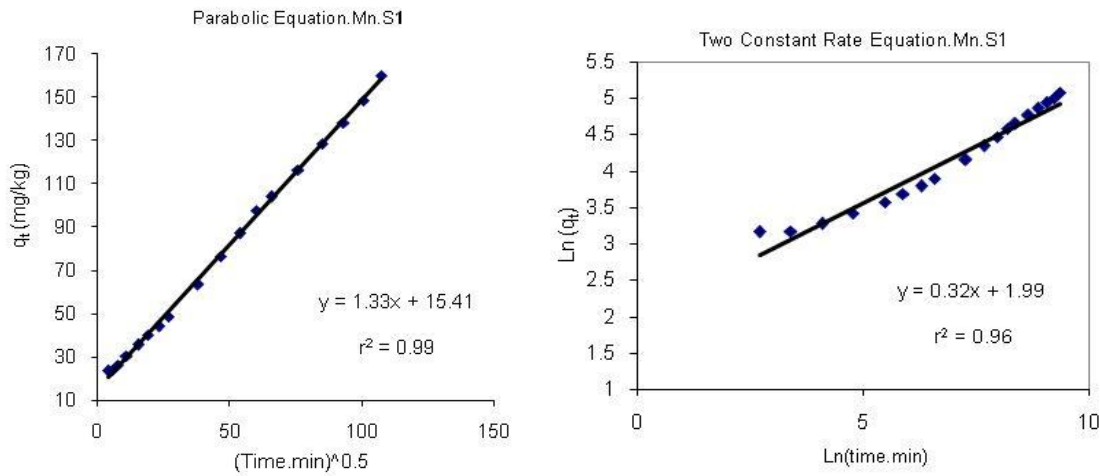
مقایسه ضرایب تبیین (r^2) و انحراف معیار (SE)

مدل‌های گوناگون سینتیکی نشان داد که بهترین مدل برای توصیف داده‌ها در تمام خاک‌های مورد مطالعه، معادلات دو ثابت و پخشیدگی پارابولیک می‌باشد (شکل 2 و جدول 3). رابطه بین مقادیر منگنز آزاد شده و پیش بینی شده در شکل 3 آمده است که تایید کننده مجدد توانایی این دو معادله می‌باشد. کاتروزاگلول (2002) معادلات مذکور را به عنوان معادلات برتر در پیش بینی آزادسازی مس معرفی کردند. بعضی از محققان گسست در شیب شکل خطی معادله پخشیدگی پارابولیک را در توصیف واجذب روی گزارش کرده اند (دنگ و همکاران 1994) اما در مطالعه حاضر چنین ناپیوستگی در شیب معادله مذکور مشاهده نشد.

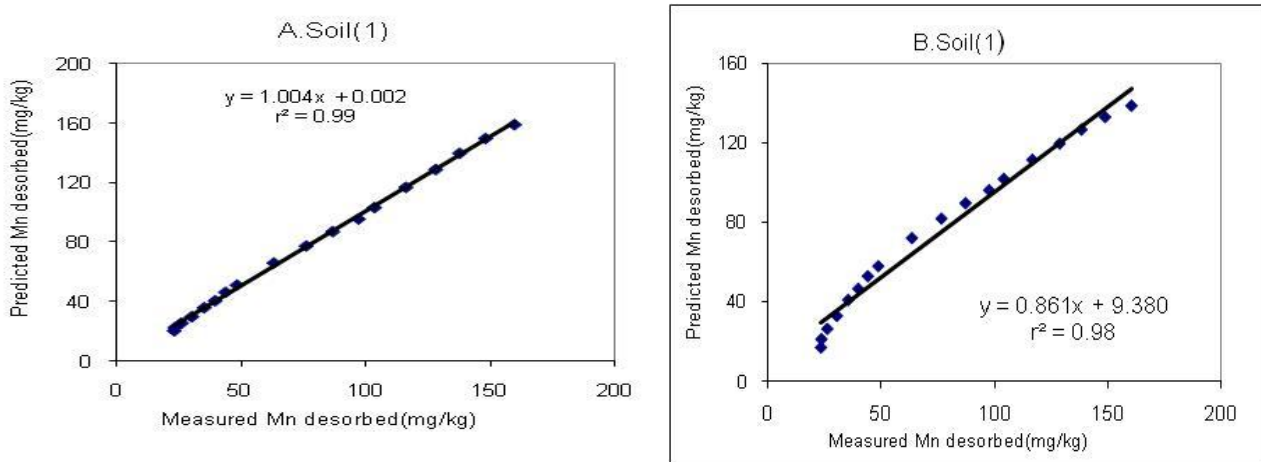
نتایج نشان داد که مقدار منگنز آزاد شده به محلول DTPA در ابتدا سریع بوده و با گذشت زمان از شیب آزادسازی کاسته می‌شود، اما آزاد شدن منگنز یک فرایند پیوسته‌ای می‌باشد (شکل 1). بیشترین منگنز آزاد شده مربوط به خاک شماره 5 (سری کرج) به مقدار 425 و کمترین آن از خاک شماره 11 (سری رودهن) برابر 144 میلی گرم منگنز بر کیلوگرم خاک بود. مقدار رس و کربن آلی خاک اخیر کمتر از بقیه خاکها می‌باشد (شکل 1 و جدول 2). معادلات سینتیکی مرتبه صفر، اول، دوم و مرتبه سوم نتوانستند آزاد شدن منگنز را در این خاکها به خوبی توصیف کنند و ضریب تبیین از مرتبه صفر تا سوم کاهش نشان داد (جدول 3).



شکل ۱- آزاد شدن منگنز به محلول DTPA در خاک‌های آهکی مورد مطالعه



شکل 2- آزمون معادله‌های پارابولیک و دو ثابت در خاک شماره 1



شکل 3- رابطه بین مقادیر پیش‌بینی شده و اندازه‌گیری شده منگنز آزاد شده محلول عصاره گیر در طول 192 ساعت توسط معادله‌های پارابولیک (A) و دو ثابت (B)

جدول 3 - میانگین و دامنه ضرایب تبیین و انحراف معیار مدل‌های سینتیکی مورد استفاده

(%) r^2		SE		نوع مدل
دامنه	میانگین	دامنه	میانگین	
93.55-99.65	96.62	2.73-31.24	16.23	مرتبۀ صفر
73.79-81.84	78.56	0.31-0.53	0.415	مرتبۀ اول
44.85-60.68	51.47	0.005-0.06	0.020	مرتبۀ دوم
24.08-44.32	33.05	10×10^{-4} - 10×10^{-3}	10×6.17^{-3}	مرتبۀ سوم
70.2-85.55	79.77	18.9-69.03	40.28	الوویج ساده شده
95.09-99.89	98.36	1.56-23.76	10.2	پارابولیک پخشیده
95.92-98.74	97.2	0.09-0.22	0.147	دو ثابت

میلی گرم منگنز بر کیلوگرم در دقیقه در خاک شماره 9 می باشد، نتیجه مشابه برای ثابت b به ترتیب در خاک شماره 1 با مقدار 0/313 و 0/554 خاک شماره 12 می باشد (جدول 4). ثابت K_p به طور معنی داری با پارامترهای معادله دو ثابت همبستگی نشان داد که ممکن است بیان کننده این مطلب باشد که معادله تجربی دو ثابت از نظر سینتیکی توسط پخشیدگی کنترل می شود. همبستگی مثبت بین پارامتر q_0 و ab بدست آمد که مورد انتظار بود چرا که هر دو پارامتر میزان واجذب عنصر در لحظات اولیه را نشان می دهند.

دلال (1985) نشان داد که اگر در مشتق معادله دو ثابت زمان به سمت صفر میل کند، حاصل مشتق برابر حاصل ضرب ab خواهد بود. نامبرده عنوان کرد که حاصل ضرب ab واجذب یک عنصر غذایی را در لحظات اولیه نشان می دهد. مقادیر ab برای خاکهای مورد مطالعه در جدول 4 ارائه شده اند. کمترین مقدار حاصل ضرب ab برابر با 0/32 در خاک شماره 11 و بیشترین آن 143/2 میلی گرم منگنز بر کیلوگرم در دقیقه در خاک شماره 9 (سری وردآورد) می باشد. کمترین مقدار a برابر با 0/585 در خاک شماره 11 (سری روده ن) و بیشترین مقدار آن برابر 11/24

جدول 4 - مقادیر ثابت های سرعت برای مدل های سینتیکی برتر در توصیف واجذب منگنز در خاکهای مورد مطالعه

شماره خاک	پارابولیک پخشیدگی		دو ثابت	
	a	b	q_0	K_p
1	7.36	0.314	15.4	1.34
2	4.23	0.400	1.45	1.90
3	3.70	0.438	-7.6	2.51
4	4.22	0.420	1.99	2.52
5	10.62	0.372	14.27	3.56
6	9.66	0.375	17.93	3.17
7	4.00	0.416	1.89	2.03
8	7.61	0.364	9.20	2.37
9	11.24	0.373	23.95	3.54
10	1.99	0.530	-24.6	3.22
11	0.58	0.555	-11.82	1.25
12	6.33	0.404	10.82	2.71

جدول 5- ضرایب همبستگی خطی بین ثابت‌های معادله‌های پارابولیک پخشیدگی و دو ثابت با برخی از

ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه

متغیر	ab	b	a	Kp	q ₀
Clay	NS	NS	NS	NS	NS
OC	0.861 **	NS	0.813 **	0.70 *	0.67 *
CCE	NS	NS	NS	NS	NS
CEC	NS	NS	NS	NS	NS
ACCE	NS	NS	NS	NS	NS
SSA	NS	NS	NS	NS	NS
pH	NS	NS	NS	NS	NS

ns غیر معنی دار و * و ** معنی دار به ترتیب در سطوح احتمال 0/05 و 0/01

جدول 6- ضرایب همبستگی بین ثابت‌های مدل‌های سینتیکی

ثابت‌های مدل

	q ₀	Kp	a	b
q ₀ (Parabolic Diffusion)	—			
Kp (Parabolic Diffusion)	NS			
a (Two-constant rate)	0.904 **	0.577 **	0.582 *	-0.798 **
b (Two-constant rate)	-0.865 **	Ns	-0.798 **	1
ab (Two-constant rate)	0.869 **	0.746 **	0.676 *	-0.745 *

ns غیر معنی دار و * و ** معنی دار به ترتیب در سطوح احتمال 0/05 و 0/01

جدول 5، مقدار ماده آلی خاک تنها عامل مرتبط با پارامتر q_0 معادله پارابولیک می‌باشد. یعنی احتمالاً واجذب منگنز به درون محلول عصاره‌گیر در لحظات اولیه از منبع مواد آلی خاک انجام می‌شود. بین pH خاک‌های مورد

نتایج همبستگی خطی نشان داد که مقدار رس و ماده آلی خاک‌ها احتمالاً از تاثیر گذارترین خصوصیات خاک‌ها بر آزاد شدن منگنز بوده و می‌توان برای پیش بینی ضرایب معادلات برتر مورد استفاده قرار داد (جدول 5). بر طبق

قابل عصاره‌گیری برای زمان‌های عصاره‌گیری طولانی (ثابت a) با افزایش مقدار کربن آلی خاک، افزایش می‌یابد. سرعت رهاشدن منگنز از خاک (ثابت b) کاملاً متغیر بوده و با هیچ یک از صفات خاک همبستگی معنی‌دار نشان نداد. آزمون خاک برای منگنز که در یک زمان کوتاه منگنز را عصاره‌گیری می‌کند ممکن است مقدار منگنز قابل استفاده گیاه در خاک را کمتر از مقدار واقعی برآورد کند.

مطالعه و پارامترهای واجذب همبستگی معنی‌دار بدست نیامد که احتمالاً یکی از دلایل این امر به دامنه محدود این صفت برمی‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که مقدار منگنزی که می‌توان با محلول DTPA از خاک‌های آهکی عصاره‌گیری کرد به شدت متغیر می‌باشد. مقدار منگنز

منابع مورد استفاده

- Adams, F. 1965. Manganese. In: C.A. Black (Ed.), *Methods of soil analysis, part 2*, Agronomy, 9: 1011-1018. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Allison, L. E. 1965 Organic Carbon. PP. 1367-1378. *In: C.A. Black (Ed), Methods of Soil Analysis. Part 2.* American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Allison, E. and C.D Moodie. 1965. Carbonate. PP. 1379-1396. *In: C.A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2.* American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Adams ,F., and J. I. Wear. 1967. Manganese toxicity and soil acidity in relation to crinkle leaf of Cotton. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21:305- 308.
- Brunauer S, Emmett PH, Teller E. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. *Journal of the American Chemical Society* 60, 309–319.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. PP. 891-901 *In: C.A. Black (ed), Methods of Soil Analysis, part 2.* American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Chien, S.H., and W.R. Clayton, 1980. Application of Elovich equation to the kinetics of phosphate release and sorption in soils. *Soil Sci. Am. J.* 44: 265-268.
- Drouineau G 1942. Dosage rapide du calcaire actif du sol: Nouvelles donnees sur la separation et la nature des fractions calcaires. *Annals of Agronomy* 12, 441-450
- Dalal, R.C. 1985. Comparative prediction of yield response and phosphorus uptake from soil using anion and cation – anion exchange resins. *Soil Sci.* 139: 227-231.

- Dang, Y.P., R.C. Dalal, D.G. Edwards and K.G. Tiller. 1994. Kinetics of zinc desorption from vertisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1392-1399.
- Havlin, J. 4. , D. G. Westfall, and R. Olsen , 1985. Mathematical models for potassium release kinetics in calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49: 371-376.
- Hoff, D.J., and H. J. Moderski, 1958. The chemical estimation of plant – available soil manganese. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22: 129-139.
- Hue, N.V., V. Silvio, and J.A. Silva. 2001. Manganese toxicity in a Hawaiian oxisol affected by soil PH and organic amendments. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65:153-160.
- Havlin, J., J.D. Beaton, S. Tisdale, and W.Nelson. 2007. *Soil fertility and fertilizers*. 7 th ed. MacMillan Publishing Co, Ny.
- Griffing RA, Jurinak JJ, 1973. Test of new models for kinetics of adsorption- desorption process. *Soil Sci Soc Am J* 37, 869-872.
- Kuo, S., and D. S. Mikkelsen, 1980. Kinetics of zinc desorption from soils. *Plant and Soil.* 56: 355-364.
- Krishnamurti, G. S.R. and P.M. Huang. 1992. Dynamics of potassium chloride induced manganese release in different soil orders. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1115-1123.
- Khater, A.H. and zaghoul, A.M. (2002). Copper and zinc desorption kinetics from soil: Effect of pH. Paper presented at the 17th world conference on soil science Thailand, symposium No.47: 2001, 1-9.
- Klute, A., and Dirksen, C. 1986. In: *Methods of soil analysis, part 1: physical and mineralogical methods*, 2nd Edition, ASA and SSSA, Medison WI.
- Laforce, MJ, C.M. Hansel, and S. Fendorf. 2002. seasonal trans formations of manganes in a palustrine emergent wetland. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1377-1389.
- Lepper, GW, 1935. Managnese deficiency of cerals: plot experiment and a new hypothesis. *Proc. Roy. Soc. Victoria.* 47: 225-261.
- Lindsay, WL, and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421- 428.
- Lindsay, WL, 1979. *chemical equilibria in soils*. Johnwiley & Sons, Inc. Ny.
- Randall, GW, E.E. shulte, and R.B. Corey. 1976. Correlation of plant manganes with extractable soil manganese and soil factors . *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40:282-286.
- Richards, LA, 1954. pH reading of saturated soil paste. *USDA Agriculture Handbook No.9*

- Shuman, M and OE Anderson. 1974. Evaluation of six extractants for their ability to predict manganese concentrations in wheat and soybeans. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 38:788-790.
- Sparks D. 1986. kinetics of reactions in pure and mixed systems. P. 83- 145. *In* D.L. Sparks (ed). *Soil physical chemistry*. CRC Press, USA, F 4.
- Sparks, DW, Zelazny, and DC, Martens, 1980. Kinetics of potassium exchange in a paleudult from the coastal plain of Virginia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:37-40.
- Walkley, A, and IA Black. 1934. An examination of the different method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Warden, BT and HM Reisenauer. 1991. Fractionation of soil manganese form important to plant availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55:345-349.