

## بررسی اثر سایه‌انداز سه رقم نخل و عمق خاک بر میزان واجذبی روی بومی خاک آهکی

نرگس آبدار<sup>۱</sup> - رضا قاسمی<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۱

### چکیده

روی از عناصر ضروری رشد گیاه است که نقش‌های متابولیکی زیادی را در گیاه ایفا می‌کند. بنابراین انتشار روی از سطوح خاک به محلول خاک یک عامل مهم در تعیین قابلیت دسترسی روی به گیاهان در حال رشد است. لذا به منظور بررسی تأثیر عمق خاک و پوشش گیاهی بر الگوی آزادسازی روی، ۵۴ نمونه خاک از بخش درون و خارج سایه‌انداز سه رقم نخل شاهانی، حلوانی و قصب از سه عمق ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ و ۶۰-۸۰ سانتی‌متر در سه تکرار از روستای سیمکان واقع در شهرستان جهرم جمع‌آوری شد. بررسی سینتیک واجذبی روی در هشت دوره زمانی مختلف (۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰، ۱۴۴۰ دقیقه) با عصاره‌گیر AB-DTPA انجام گرفت. هشت مدل سینتیکی برای توصیف آزادسازی روی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد، معادلات الوویج ساده شده، پخشیدگی پارابولیک و تابع توانی به دلیل مقادیر نسبتا بالاتر از ضرایب تبیین و خطای استاندارد برآورد پایین، توانستند پیش‌بینی مناسبی از سینتیک آزادسازی روی در خاک‌های مورد مطالعه داشته باشند. مقدار روی تجمعی آزاد شده در خاک‌های زیر سایه‌انداز بیشتر از خاک‌های خارج سایه‌انداز بود و همچنین بیشترین مقدار روی تجمعی آزاد شده در خاک‌های زیر سایه‌انداز رقم قصب اتفاق افتاد. بررسی همبستگی بین ضرایب معادلات سینتیکی تابع توانی، الوویج ساده شده و انتشار پارابولیک نشان داد که بین ضرایب معادلات حاصل از خاک‌های زیر سایه‌انداز نسبت خاک‌های خارج سایه‌انداز همبستگی بیشتری وجود دارد.

**واژه‌های کلیدی:** آزادسازی روی، پوشش گیاهی، عمق خاک، معادلات سینتیکی، نخل

### مقدمه

تنظیم عرضه روی برای گیاهان است. فرآیندهای شیمیایی خاک از هر دو دیدگاه تعادلی و سینتیکی می‌توانند مورد مطالعه قرار گیرند (۳۲). در سال‌های اخیر اطلاعاتی در مورد فرآیند جذب یا انتشار روی عمدتاً براساس مطالعه شرایط تعادلی با استفاده از روش‌های ترمودینامیکی است (۲۵). ترمودینامیک جهت واکنش را توصیف می‌کند و پیش‌بینی می‌کند آیا مواد برای رسیدن به پایدارترین حالت خود با هم واکنش خواهند داد یا نه. اما بعضی واکنش‌ها کند هستند و بلافاصله به پایدارترین حالت خود نمی‌رسند (۳۶). در حالی که تجزیه و تحلیل سینتیک‌ها ممکن است اطلاعات مهم مربوط به ماهیت واکنش‌ها را در یک زمان معین ارائه دهد (۷). سینتیک انتشار روی خاک، میزان عرضه روی به گیاهان را نشان می‌دهد. معمولاً برای برآورد مقدار روی قابل استفاده از کلات کننده‌های DTPA و EDTA استفاده می‌شود (۱۷). در خاک‌های قلیایی، AB-DTPA یک عصاره‌گیر مناسب برای تخمین روی موجود در خاک است (۳۱) و (۴۲). این کلات کننده‌ها (EDTA, DTPA, AB-DTPA) با روی کمپلکس ایجاد کرده و غلظت روی را در محلول خاک کاهش می‌دهند. بنابراین جذب روی به وسیله ریشه‌ها را در دوره رشد گیاه شبیه سازی می‌کنند. اما مقدار روی آزاد شده با زمان تغییر می‌کند. از آن

روی (Zn)<sup>۳</sup>، یکی از عناصر غذایی ضروری برای انسان و گیاهان است که بسیاری از عملکردهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی موجودات زنده را کنترل می‌کند. کمبود روی در pH بالا، مواد آلی کم، کربنات‌ها و خاک‌های شور و سدیمی معمول است. (۲۷). نواحی مرکزی و جنوبی ایران بخصوص در خاک‌های آهکی کمبود روی گزارش شده است و بیشتر این خاک‌ها نیاز به افزودن روی برای رشد مطلوب گیاهان دارند (۲۸). نتایج مطالعات حاکی از این است که جذب روی توسط گیاه به سرعت عرضه شکل قابل دسترس عنصر برای ریشه، بیش از کل مقدار عنصر در خاک و نیازمند آزاد شدن روی در محلول خاک و حتی تخریب کانی‌های حاوی روی بستگی دارد (۲۴ و ۳۹). بنابراین میزان آزاد شدن روی در محلول خاک یکی از عوامل مهم در

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

(Email: ghasemif@gmail.com)

(\* - نویسنده مسئول)

DOI: 10.22067/jsw.v0i0.78934

3- Zinc

خاک با عصاره گیر AB-DTPA (۳۲)، گنجایش تبادل کاتیونی به روش اسات سدیم (۳۵) و بافت به روش هیدرومتر (۵) تعیین شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

### سینتیک واجذب روی

سینتیک آزادسازی روی با استفاده از عصاره گیر آمونیوم بی کربنات دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید<sup>۴</sup> یا (AB-DTPA) بررسی شد (۳۱). عصاره‌گیری در زمان‌های مختلف با افزایش ۲۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ۰/۰۰۵ مولار DTPA، ۱ مولار آمونیوم بی کربنات در pH= ۷/۶ به ۱۰ گرم خاک خشک (در سه تکرار) صورت گرفت. زمان عصاره‌گیری شامل ۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۸۰، ۱۴۴۰ دقیقه بر مبنای زمان اضافه کردن عصاره‌گیر تا صاف کردن در نظر گرفته شد. پس از افزودن عصاره‌گیر در تکان دهنده رفت و برگشتی در دمای ۲۵±۲ درجه سانتی‌گراد تکان داده شده و ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه انجام و بلافاصله با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شد. قرائت غلظت روی نمونه‌ها با دستگاه طیف‌سنجی جذب اتمی (AA-670G) انجام شد.

### برازش معادلات سینتیکی

مدل‌های سینتیکی شبه مرتبه اول، شبه مرتبه دوم، مرتبه صفر، مرتبه اول، الوویج ساده، پخشیدگی پارابولیک و تابع توانی بر داده‌های واجذب روی، برازش شد (جدول ۲). که با توجه به مقادیر ضریب تبیین ( $R^2$ ) و خطای استاندارد برآورد (SE)، معادلاتی که دارای بیشترین مقادیر  $R^2$  و کمترین مقادیر SE بودند به عنوان بهترین مدل‌های توصیف کننده سینتیک واجذب روی انتخاب گردیدند (جدول ۳). خطای معیار تخمین بدین صورت محاسبه می‌شود:

$$SE = \left[ \sum (q - q')^2 / (N - 2) \right]^{0.5}$$

q و q' به ترتیب مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده روی در خاک در زمان t و N تعداد اندازه‌گیری برای هر نمونه است.

### تجزیه و تحلیل آماری

کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS9.2 و EXCEL2013 اجرا شد.

جایی که برای تأمین روی در حد کفایت برای رشد گیاه، حفظ سطح عنصر در حد مورد نیاز گیاه ضروری است، بنابراین سرعت آزاد شدن روی عامل بسیار مهمی در تأمین پیوسته این عنصر غذایی در خاک است (۱۰).

خرما (*Phoenix dactylifera L.*)، یک گیاه مهم در مناطق گرمسیری جنوب غربی آسیا و شمال آفریقا است (۱، ۹ و ۴۱). ایران دومین کشور تولیدکننده خرما در جهان و استان فارس یکی از مناطق عمده تولید خرما در کشور و جهرم از شهرستان‌های خرماخیز این استان می‌باشد. این منطقه دارای باغات بهم پیوسته نخل و مرکبات است. ارقام غالب خرما منطقه، رقم‌های شاهانی، کبکاب و زاهدی (قصب) می‌باشد. نخل به عنوان یکی از مهمترین اکوسیستم‌های حیاتی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک در نظر گرفته می‌شود، زیرا از پوشش گیاهی اطراف در مقابل تأثیرات بیابان محافظت می‌کند و محیط کشت مناسبی را به محصولات زیر سطحی می‌دهد (۴). ریشه گیاه به طور مستقیم از طریق فعالیت خود یا به طور غیرمستقیم از طریق تحریک جمعیت و فعالیت ریزجانداران می‌تواند شرایط شیمیایی و بیولوژیکی متفاوتی در سطح خود نسبت به خاک توده ایجاد کند. از آنجایی که میزان روی در اندام هوایی گیاهی کم است و مقدار آن در خاک بسته به سرعت واجذبی و فرم‌های روی در خاک، نوع گیاه مورد مطالعه تغییر می‌کند و همچنین مطالعات ناچیزی در خصوص اثر سایه‌انداز بر قابلیت دسترسی و سینتیک واجذب روی خاک تحت کشت نخل صورت گرفته است. لذا هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر عمق‌های مختلف ۰-۲۰، ۲۰-۴۰، ۴۰-۶۰ سانتی‌متر و نقش سایه‌انداز سه رقم نخل شاهانی، قصب، حلوانی بر مقدار روی قابل دسترس و سینتیک آزادسازی روی توسط عصاره‌گیر AB-DTPA است.

### مواد و روش‌ها

#### ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها

برای انجام این پژوهش ۵۴ نمونه خاک از باغ نخل روستا سیمکان واقع در شهرستان جهرم (طول جغرافیایی "۴۸° ۴۳' ۲۸" شمالی و عرض جغرافیایی "۳۵° ۰۵' ۵۳" شرقی و ارتفاع ۱۲۰۰ متر از سطح دریا) از سه رقم نخل شاهانی، قصب و حلوانی در سه عمق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی‌متر دو مکان سایه‌انداز و خارج از سایه‌انداز و سه تکرار جمع‌آوری شدند. پس از هوا خشک کردن، نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها به روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین شدند. درصد مواد آلی خاک به روش اکسیداسیون تر (۲۳)، pH خاک در گل اشباع (۳۷)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع (۳۰)، روی

1- Ammonium bicarbonate diethylene triamine penta acetic acid

جدول ۱- برخی از ویژگی های فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1- Selected physical and chemical characteristics of the studied soil

بافت خاک Soil texture	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	EC (Ds.m <sup>-1</sup> )	pH (1:2)	مواد آلی (%) Organic materials (%)	CEC (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )
Clay loam	1.25	3.96	7.23	2.69	9.73

## نتایج و بحث

### سینتیک واجذبی روی

الگوی آزادسازی روی در تمام نمونه های خاک با توجه به (شکل ۲) شامل یک مرحله سریع از زمان شروع آزمایش تا ۲۴۰ دقیقه (کوتاه مدت و با سرعت زیاد) که منحنی دارای شیب تند است و یک مرحله کند (طولانی مدت و سرعت کم) در زمان های پس ۲۴۰ دقیقه است. بر این اساس می توان نتیجه گرفت که واجذبی روی یا طی دو مرحله (سطوح خارجی و داخلی خاکدانه) انجام گرفته است یا اینکه روی از سطوح با انرژی متفاوتی آزاد شده است. این نتایج براساس مدل برومر و همکاران (۱۹۸۸) قابل توصیف است که می گوید در مرحله ابتدایی روی کمپلکس شده با DTPA از سطوح خارجی جذب کننده آزاد و به درون محلول خاک پخشیده می شود و به دنبال آن در مرحله بعد روی از سطوح داخلی (مکان های پیوندی داخلی خاکدانه) به سمت سطوح خارجی پخشیده شده و با کمپلکس شدن با DTPA و جذب کننده ها به محلول خاک وارد می شود (۳). همان طور که در شکل ۱ دیده می شود شکستگی در منحنی مربوط به معادله پخشیدگی پارابولیکی می تواند بیانگر وجود حداقل دو مکان آزادکننده در خاک باشد (۳۳ و ۱۵).

با توجه به شکل ۲، در سه عمق خاک رقم شاهانی میزان روی تجمعی در هر دو مکان خارج و زیر سایه انداز روند افزایشی تا زمان ۱۴۴۰ دقیقه داشته است. روی تجمعی در سه عمق ۰-۲۰، ۲۰-۴۰ و ۴۰-۶۰ سانتی متر در زیر سایه انداز به ترتیب دارای مقادیر ۳/۲۱، ۲/۹۵ و ۳/۱۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک و خارج سایه انداز دارای مقادیر ۴/۱۷، ۳/۵۷ و ۳/۱۶ میلی گرم در کیلوگرم است. چنان که در شکل ۲ مشاهده می شود مقدار روی تجمعی در خاک های خارج از سایه انداز این رقم بیشتر از زیر سایه انداز بوده است. زیر و خارج سایه انداز رقم حلوان نیز همانند رقم شاهانی روند افزایشی در مقدار روی تجمعی تا زمان ۱۴۴۰ دقیقه داشته است و به ترتیب دارای مقادیر ۴/۲۱، ۵/۰۷ و ۳/۵۶ میلی در کیلوگرم برای خارج سایه انداز و مقادیر ۴/۹۲، ۳/۷۸ و ۴/۴۹ میلی گرم در کیلوگرم برای زیر سایه انداز است. در عمق های ۰-۲۰ و ۲۰-۴۰ سانتی متر از زمان ۴۸۰ تا ۱۴۴۰ دقیقه تقریباً روند افزایشی ثابت بوده است. سه عمق رقم قصب در هر دو مکان زیر و خارج سایه انداز در زمان ۱۴۴۰ دقیقه بیشترین روی

تجمعی را داشته است که مقادیر ۶/۲۷، ۴/۷۳ و ۵/۵۹ میلی گرم در کیلوگرم برای زیر سایه انداز و مقادیر ۲/۷۵، ۳/۴۸ و ۲/۳۸ میلی گرم در کیلوگرم بوده است. رقم قصب میزان روی تجمعی در زیرسایه انداز بیشتر از خارج سایه انداز است.

با توجه به شکل ۲، خاک زیر سایه انداز عمق ۰-۲۰ سانتی متر رقم قصب بیشترین میزان آزادسازی روی را در طی زمان های مختلف داشته است. آزادسازی روی در خاک زیر سایه انداز رقم قصب بیشتر از خارج سایه انداز می باشد و هم چنین در این رقم با افزایش عمق، آزاد سازی روی کاهش می یابد. آزادسازی روی در رقم حلوانی بین خاک های زیر سایه انداز و خارج سایه انداز روند منظمی نداشته است ولی روند آزادسازی روی در عمق های مختلف در رقم حلوانی به صورت زیر است:

خاک زیر سایه انداز: ۰-۲۰ < ۲۰-۴۰ < ۴۰-۶۰

خاک خارج سایه انداز: ۰-۲۰ < ۲۰-۴۰ < ۴۰-۶۰

عمق های سطحی خاک خارج سایه انداز رقم شاهانی آزادسازی روی بیشتر و با افزایش عمق واجذبی روی کاهش می یابد. در خاک زیر سایه انداز روند واجذبی به صورت ۰-۲۰ < ۲۰-۴۰ < ۴۰-۶۰ است. بنابراین می تواند علت روند تغییرات واجذبی روی در خارج و زیر سایه انداز سه رقم نخل به دو دلیل زیر دانست:

۱) پوشش گیاهی بر خصوصیات خاک مانند درصد مواد آلی تأثیر می گذارد. بوستانی و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند مواد آلی انتشار روی در محلول خاک را افزایش و همچنین می تواند تأثیر قابل توجهی در عرضه روی به گیاهان به ویژه در خاک های آهکی داشته باشد ناگوما و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که با افزایش pH، بر اثر حل شدن مواد آلی، روی وارد فاز محلول خاک می شود در نتیجه میزان جذب روی با افزایش pH خاک و افزایش سطح شوری کاهش می یابد (۲۱). بنابراین با توجه به جدول ۱، خاک این باغ دارای مقدار بالایی مواد آلی (۲/۶۹ درصد) بوده است، می توان نتیجه گرفت یکی از دلایل افزایش واجذبی روی در زیر سایه انداز نسبت به خارج سایه انداز بقایای آلی حاصل از شاخه و برگ و میوه نخل است که زیر سایه درخت ریخته می شود و پوسیدگی آن درصد ماده آلی خاک را افزایش می دهد. همچنین این بقایا در سطح خاک (۰-۲۰ سانتی متر) بیشتر از عمق های پایین تر خاک بوده است به همین دلیل واجذبی با افزایش عمق کاهش می یابد.

(۲۰۱۰)، در مطالعه‌ای روی ۱۲ نمونه خاک آهکی گزارش کردند که تابع توانی بهترین مدل توصیف کننده سرعت آزاد شدن روی در همه خاک‌های مورد مطالعه بود (۲۹). شکل ۱ اهمیت و توانایی معادلات قابل قبول در توصیف داده‌های آزادسازی روی در خاک عمق ۲۰-۶۰ سانتی‌متر زیر سایه‌انداز رقم حلوانی به عنوان نمونه نشان می‌دهد.

ضرایب سرعت معادلات سینتیک مورد استفاده در توصیف روی آزاد شده در نمونه خاک‌ها در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. ضریب  $b$  در معادله تابع توانی نشان دهنده سرعت آزادسازی روی است. این ضریب در خاک‌های زیر سایه‌انداز در دامنه  $0.149$  (خاک قصب عمق ۴۰-۶۰ سانتی‌متر) تا  $0.367$  (خاک شاهانی عمق ۶۰-۴۰) و در خاک‌های خارج سایه‌انداز در دامنه  $0.175$  (خاک قصب عمق ۴۰-۶۰ سانتی‌متر) تا  $0.438$  (خاک شاهانی عمق ۶۰-۴۰ سانتی‌متر) بود. تفاوت بین مقادیر  $b$  نشان دهنده تفاوت سرعت آزاد شدن روی است. ضریب  $k_p$  در معادله انتشار پارابولیک ضریب پخشیدگی روی است و این ضریب در خاک‌های زیر سایه‌انداز در دامنه  $0.059$  (خاک شاهانی عمق ۴۰-۶۰ سانتی‌متر) تا  $0.104$  (خاک شاهانی عمق  $0.5$  تا  $0.27$ ) (خاک حلوان عمق ۲۰-۶۰ سانتی‌متر) تا  $0.82$  (خاک حلوان عمق ۲۰-۶۰ سانتی‌متر) بود. ضریب  $\beta_s$  در معادله الوویج ساده شده نشان دهنده سرعت آزادسازی روی است و این ضریب در خاک‌های زیر سایه‌انداز در دامنه  $1/35$  (خاک حلوان عمق ۲۰-۶۰ سانتی‌متر) تا  $6/671$  (خاک قصب عمق ۴۰-۶۰ سانتی‌متر) و خاک‌های خارج سایه‌انداز در دامنه  $1/415$  (خاک قصب عمق ۴۰-۶۰ سانتی‌متر) تا  $5/711$  (خاک قصب عمق ۲۰-۶۰ سانتی‌متر) بود. ضرایب سرعت در معادلات الوویج ساده شده، انتشار پارابولیک و تابع توانی در خاک‌های زیر سایه‌انداز بیشتر از خاک‌های خارج سایه‌انداز بود.

ضرایب معادله سرعت تابع توانی ( $a$  و  $b$ ) مفهوم فیزیکی مشخصی ندارند اما دلال (۱۹۸۵) نشان داد که  $ab^{b-1} - dq/dt$  وقتی  $t$  برابر یک ثانیه باشد آنگاه  $dq/dt = ab$  و بنابراین حاصلضرب  $ab$  می‌تواند نشان دهنده سرعت آزادسازی در زمان‌های ابتدایی باشد (۸). لذا بدیهی است که به نوع کانی‌ها و میزان ماده آلی و سطح ویژه بستگی داشته باشد (۲۹). با افزایش سرعت آزادسازی روی ضرایب  $a$  و  $b$  افزایش می‌یابند ولی تغییرات ثابت  $b$  خیلی جزئی است. ضریب  $b$  در معادله تابع توانی در همه خاک‌ها کمتر از یک بود و نشان دهنده این است که سرعت آزاد شدن روی با زمان کاهش می‌یابد. این نتایج مشابه نتایج به دست آمده از تحقیق متقیان و همکاران (۲۰۱۵) می‌باشد (۲۰). ریحانی تبار و گلیکز (۲۰۱۰) بیان کردند که ضریب  $a$  در معادله تابع توانی نشان دهنده تعداد سطوحی است که امکان آزاد شدن روی از آنها وجود دارد (۲۹).

(۲) همچنین سیستم ریشه نخل و ریزوسفر خاک تنوع پیچیده‌ای را نشان می‌دهد، یک مخزن از ریزجانداران که در تنظیم هومئوستازی گیاهی تأثیر دارند، محصور شده است که بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک در این محیط متفاوت از توده خاک باشد (۶). مواد جدا شده از ریشه می‌توانند از طریق حل کردن ترکیبات نامحلول و یا آزاد کردن عناصر غذایی از رس‌ها و مواد آلی و انتقال آن‌ها به محلول خاک، فراهمی عناصر غذایی را برای گیاهان افزایش دهد (۱۸). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که در خاک‌های آهکی، ترشحات ریشه ممکن است به عنوان فاکتور موثر در استخراج مقادیر قابل ملاحظه‌ای از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عمل کنند (۲۲). از طریق کاهش pH ریزوسفری و ایجاد کمپلکس با عنصر روی نیز در افزایش قابلیت دسترسی این عنصر نقش دارند (۱۳). اسیدسیتریک و اسیدگزالیک در شرایط کمبود عناصر غذایی به مقدار نسبتاً زیادی از ریشه گیاهان آزاد شده و در افزایش حلالیت عناصر غذایی مانند P, Zn, Fe, Mn, Cu در ریزوسفر شرکت می‌نمایند (۱۵). از این رو می‌توان گفت احتمالاً ترشحات ریشه رقم‌های نخل و تأثیر آن بر میکروارگانیسم‌ها و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باعث تغییر در روند سینتیک واکنشی روی بین خاک‌های زیر سایه‌انداز و خارج سایه‌انداز در عمق‌های مختلف و مقادیر بیشتر روی تجمع در خاک‌های زیر سایه‌انداز نسبت به خارج سایه‌انداز شده است.

#### مقایسه مدل سینتیکی

برآزش معادلات سینتیکی بر داده‌های واکنشی در خاک‌های دو منطقه زیر و خارج سایه‌انداز مورد مطالعه نشان داد که به ترتیب معادلات الوویج ساده، پخشیدگی پارابولیک و تابع توانی به دلیل مقادیر نسبتاً بالاتر از ضریب تبیین و خطای استاندارد برآورد کمتر، سینتیک آزادسازی روی خاک را به خوبی توصیف کردند (جدول ۳). در معادلات مرتبه‌ای با افزایش مرتبه معادله (از صفر به سه) مقادیر  $r^2$  در تمام نمونه‌ها کاهش و مقادیر SE در تمام نمونه‌ها افزایش یافت که نشان می‌دهد معادلات مرتبه‌ای خصوصاً معادلات مرتبه بالاتر (دوم و سوم) توانایی مناسبی در توصیف داده‌ها ندارند (جدول ۳). این نتایج مشابه نتایج به دست آمده از تحقیق دنگ و همکاران (۱۹۹۴) و برومند و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد (۷ و ۲). کو و میکلسن (۱۹۸۰)، به بررسی آزاد شدن روی با استفاده از کلات کننده DTPA پرداختند و نتایج نشان داد که معادله تابع توانی امکان توصیف آزاد شدن روی را دارد (۱۶). دنگ و همکاران (۱۹۹۴)، معادلات مختلف سینتیک را برای توصیف آزاد شدن روی در خاک‌های ورتی سول به کار بردند (۷). نتایج آنها نشان داد که معادلات تابع توانی و انتشار پارابولیک توانایی توصیف آزاد شدن روی را دارند. اما سایر معادلات نیز می‌توانند در توصیف آزاد شدن روی استفاده شوند (۳۴). ریحانی تبار و گلیکز

جدول ۲- مدل‌های سینتیکی توصیف کننده آزادسازی روی

Table 2- Models describing Zn desorption kinetics

مدل سینتیکی Kinetic model	فرمول Equation	پارامترها Description of parameters
شبه مرتبه اول P-first	$q = q_e (1 - q^{-k_1 t})$	$K_1$ : ثابت سرعت شبه مرتبه اول $K_1$ : P-first rate constant
شبه مرتبه دوم P-second	$q = q_e^2 k_2 t / (1 + q_e k_2 t)$	$K_2$ : ثابت سرعت شبه مرتبه دوم $K_2$ : P-second rate constant
مرتبه صفر Zero-order	$q_t = q_0 - k_0 t$	$K_0$ : ثابت سرعت مرتبه صفر ( $\text{mg Zn kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ ) $K_0$ : Zero-order rate constant ( $\text{mg Zn kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ )
مرتبه اول First-order	$\ln q_t = \ln q_0 - k_1 t$	$K_1$ : ثابت سرعت مرتبه اول ( $\text{hour}^{-1}$ ) $K_1$ : First-order rate constant ( $\text{hour}^{-1}$ )
الووچ ساده Simple Elovich	$q_t = 1/\beta_s \ln \alpha_s \beta_s + 1/\beta_s \ln t$	$\alpha_s$ : ثابت سرعت واجذب اولیه روی ( $\text{mg Zn kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ ) $\beta_s$ : ثابت سرعت واجذب روی ( $[\text{mg Zn kg}^{-1}]^{-1}$ ) $\beta_s$ : release rate coefficient ( $[\text{mg Zn kg}^{-1}]^{-1}$ )
پخشیدگی پارابولیک Parabolic diffusion	$q_t = q_0 + k_p t^{0.5}$	$k_p$ : ثابت سرعت پخشیدگی ( $[\text{mg Zn kg}^{-1}]^{-0.5}$ ) $k_p$ : diffusion rate constant ( $[\text{mg Zn kg}^{-1}]^{-0.5}$ )
تابع توانی Power function	$q_t = a t^b$	$a$ : ثابت سرعت واجذب اولیه روی ( $\text{mg Zn kg}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ ) $b$ : ثابت سرعت واجذب روی ( $[\text{mg Zn kg}^{-1}]^{-1}$ ) $b$ : release rate coefficient ( $[\text{mg Zn kg}^{-1}]^{-1}$ )

$q_t$  و  $q_0$  به ترتیب مقدار روی واجذب در واحد جذب کننده در زمان  $t$  و صفر بر حسب  $\text{mg.kg}^{-1}$   
 $q_t$  and  $q_0$  amount of Zn absorbed in the absorbing unit at time  $t$  and 0 in terms of  $\text{mg.kg}^{-1}$

و افزایش مقدار  $\alpha_s$  نشان دهنده افزایش سرعت آزادسازی روی می تواند باشد (۷). مقدار  $\alpha_s$  هم در خاک‌هایی که آزادسازی بیشتری داشتند مقدار بیشتری نشان داد، اما روند آن کاملاً منظم نبود هرچند تغییرات آن نسبت به  $\beta_s$  گسترده تر بود.

#### همبستگی ساده ضرایب معادلات سینتیکی

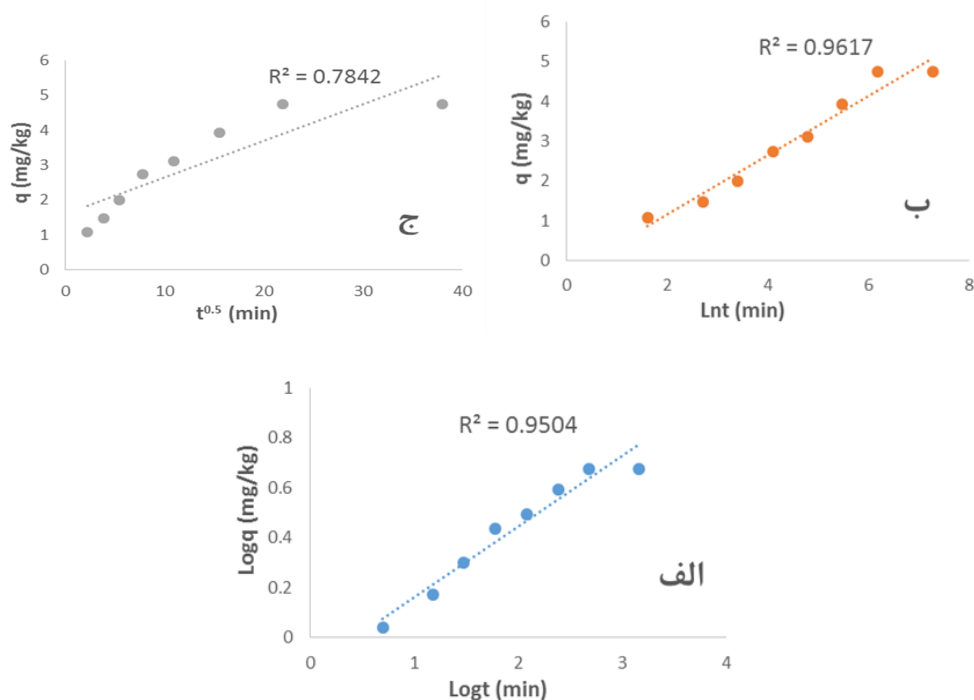
همبستگی بین ضرایب به دست آمده از معادلات تابع توانی، الووچ ساده شده و پخشیدگی پارابولیک خاک‌های زیر سایه‌انداز و خارج سایه‌انداز نخل در جدول ۵ نشان داده شده است. براساس آن، در خاک‌های خارج سایه‌انداز بین ضرایب  $a$  و  $q_0$  همبستگی مثبت و معنی‌دار و این ضرایب با ضریب آزادسازی روی تابع توانی  $b$ ، همبستگی منفی و معنی‌داری داشت و همچنین بین ضریب معادله پخشیدگی پارابولیک ( $q_0$ ) و ضریب معادله الووچ ساده شده ( $\alpha_s$ ) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و با یافته‌های پاولاتو و همکاران (۱۹۸۸) مطابقت دارد که گزارش کردند، معادله الووچ برای واکنش‌هایی که توسط مکانیسم انتشار کنترل می‌شود، استفاده می‌شود (۲۶).

همچنین ضریب  $b$  در این معادله نشان دهنده تمایل روی برای جذب بر این سطح است. به عبارت دیگر افزایش مقدار ضریب  $a$  و کاهش مقدار ضریب  $b$  نشان دهنده افزایش سرعت آزاد شدن روی در خاک‌ها است (۷). خاک‌های زیر سایه‌انداز سه رقم نخل در مقایسه با خاک‌های خارج از سایه‌انداز، ضریب  $a$  بیشتر و ضریب  $b$  کمتر است (جدول ۴). بنابراین سرعت آزاد شدن روی از خاک‌های زیر سایه‌انداز بیشتر از خاک‌های خارج سایه‌انداز بود که می‌تواند به دلیل تغییر در شکل‌های روی در خاک زیر سایه‌انداز نسبت به خارج سایه‌انداز باشد (۲۷). دانگ و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که مقدار ضریب  $b$  کمتر یا مساوی با ۰/۲۵ در تابع توانی نشان دهنده این است که بیش از یک سطح انتشار در آزاد شدن روی اهمیت دارد (۷). در خاک‌های زیر سایه‌انداز رقم قصب (تمام عمق‌ها) و حلوانی (جز عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر) و خاک‌های خارج سایه‌انداز رقم قصب (تمام عمق‌ها) و حلوانی (جز عمق ۲۰-۴۰ سانتی‌متر) مورد مطالعه، ضریب  $b$  در تابع توانی کمتر از ۰/۲۵ بود و بنابراین بیش از یک سطح انتشار آزاد شدن روی را کنترل می‌کند و خاک‌های زیر سایه‌انداز و خارج سایه‌انداز رقم شاهانی مورد مطالعه، ضریب  $b$  در تابع توانی بیشتر از ۰/۲۵ بود و یک سطح انتشار روی را کنترل می‌کند. مقادیر ثابت‌های سرعت  $\alpha_s$  و  $\beta_s$  معادله الووچ در خاک‌ها تغییرات زیادی نشان دادند. کاهش مقدار  $\beta_s$

جدول ۳- دامنه تغییرات و میانگین ضریب تشخیص ( $r^2$ ) و خطای معیار تخمین (SE) برای معادلات سینتیکی  
 Table 3- Coefficient of determination ( $r^2$ ) and standard error of the estimate (SE) for different equations

مدل سینتیکی Kinetic models	$r^2$		SE		$r^2$		SE	
	دامنه Range	میانگین Mean	دامنه Range	میانگین Mean	دامنه Range	میانگین Mean	دامنه Range	میانگین Mean
	زیر سایه انداز Under-canopy				خارج سایه انداز Out-canopy			
	حلوانی Halavani							
شبه مرتبه اول P-first	0.416-0.566	0.469	0.322-0.442	0.381	0.475-0.503	0.488	0.345-0.401	0.37
شبه مرتبه دوم P-second	0.993-0.998	0.996	4.209-9.199	6.212	0.991-0.994	0.993	9.09-11.49	10.04
تابع توانی Power function	0.941-0.980	0.957	0.029-0.565	0.046	0.943-0.964	0.954	0.043-0.53	0.047
الوویچ ساده شده Simple elovich	0.961-0.975	0.969	0.175-0.298	0.22	0.983-0.992	0.987	0.08-0.136	0.13
مرتبه صفرم Zero-order	0.534-0.743	0.606	0.611-1.031	0.781	0.659-0.712	0.686	0.533-0.651	0.65
مرتبه اول First-order	0.416-0.566	0.469	0.322-0.442	0.381	0.475-0.503	0.488	0.345-0.401	0.37
انتشار پارابولیکی Parabolic diffusion	0.775-0.924	0.828	0.332-0.707	0.508	0.856-0.895	0.876	0.334-0.422	0.40
	قصب Ghasab							
شبه مرتبه اول P-first	0.305-0.494	0.422	0.244-0.381	0.283	0.0796-0.362	0.26	0.334-0.464	0.405
شبه مرتبه دوم P-second	0.999-0.9994	0.9993	1.941-3.54	2.786	0.997-0.999	0.998	5.02-10.33	7.407
تابع توانی Power function	0.777-0.965	0.893	0.024-0.094	0.0519	0.532-0.891	0.765	0.059-0.143	0.094
الوویچ ساده شده Simple elovich	0.826-0.981	0.917	0.137-0.466	0.317	0.51-0.973	0.818	0.1108-0.574	0.267
مرتبه صفرم Zero-order	0.397-0.56	0.501	0.679-0.974	0.841	0.065-0.494	0.349	0.474-0.794	0.585
مرتبه اول First-order	0.305-0.494	0.422	0.225-0.383	0.283	0.0796-0.362	0.26	0.334-0.464	0.405
انتشار پارابولیکی Parabolic diffusion	0.59-0.794	0.723	0.472-0.713	0.617	0.186-0.724	0.524	0.352-0.740	0.484
	$r^2$		SE		$r^2$		SE	
مدل سینتیکی Kinetic models	دامنه Range	میانگین Mean	دامنه Range	میانگین Mean	دامنه Range	میانگین Mean	دامنه Range	میانگین Mean
	زیر سایه انداز Under of canopy				خارج سایه انداز Out of canopy			
	شاهانی Shahani							
شبه مرتبه اول P-first	0.236-0.373	0.288	0.487-0.77	0.628	0.268-0.366	0.333	0.569-0.862	0.693
شبه مرتبه دوم P-second	0.997-0.998	0.997	7.39-8.608	7.995	0.993-0.997	0.995	7.23-10.052	8.944

تابع توانی Power function	0.76-0.879	0.642	0.0929-0.207	0.151	0.770-0.878	0.832	0.108-0.209	0.152
الووچ ساده شده Simple elovich	0.930-0.993	0.959	0.0762-0.245	0.175	0.98-0.99	0.988	0.096-0.175	0.123
مرتبه صفرم Zero-order	0.441-0.600	0.519	0.588-0.695	0.655	0.578-0.674	0.619	0.668-0.742	0.703
مرتبه اول First-order	0.236-0.373	0.288	0.487-0.77	0.628	0.268-0.366	0.333	0.569-0.862	0.693
انتشار پارابولیکی Parabolic diffusion	0.665-0.814	0.735	0.401-0.538	0.484	0.794-0.824	0.828	0.466-0.474	0.469



شکل ۱- مقایسه معادلات الف) تابع توانی ب) الووچ ساده شده ج) پخشیدگی پارابولیکی خاک عمق ۲۰-۰ سانتی متر زیر سایه اندازه رقم حلوانی  
Figure 1- Comparison of the equations A) Power function B) Simple Elovich C) Parabolic diffusion at soil depth, 0-20 cm under-canopy of Halavani cultivar

نشان نداده است.

### نتیجه گیری

نتایج نشان داد که معادلات تابع توانی، الووچ ساده شده و پخشیدگی پارابولیکی توانایی بالایی در توصیف سرعت آزاد شدن روی دارند. بررسی همبستگی بین ضرایب معادلات سینتیکی تابع توانی، الووچ ساده شده و پخشیدگی پارابولیکی نشان داد که بین این ضرایب در خاک‌های زیر سایه اندازه نسبت به خاک‌های خارج سایه اندازه همبستگی بیشتری وجود داشت. مقدار روی تجمعی آزاد شده در خاک‌های زیر سایه اندازه بیشتر از خاک‌های خارج سایه اندازه بود و همچنین

این همبستگی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش ثابت سرعت واجذبی اولیه (a) و کاهش ضریب آزادسازی روی (b)، سرعت واجذبی روی (ab) و همچنین مقدار روی آزاد شده در زمان اولیه ( $q_0$ ) افزایش می‌یابد. همبستگی بین ضرایب معادلات سینتیکی در خاک‌های زیر سایه اندازه گسترده تر بود. به طوری که علاوه بر همبستگی‌های ذکر شده برای خاک خارج سایه اندازه، ضرایب a، ab و  $q_0$  همبستگی مثبت و معنی‌داری با ثابت آزادسازی روی ( $\beta_s$ ) و همچنین ضریب b همبستگی منفی و معنی‌داری با ضرایب معادله الووچ ساده شده ( $\alpha_s$ ) و  $\beta_s$  نشان داده است. همبستگی بین ضرایب معادلات در خاک‌های زیر سایه اندازه درصد معنی‌داری بالاتر نسبت به خاک خارج سایه اندازه داشت. سرعت پخشیدگی روی ( $k_p$ ) همبستگی معنی‌داری با ضرایب معادلات

خاک‌های زیر سایه‌انداز نسبت به خارج سایه‌انداز به علت تأثیر ترشحات ریشه رقم‌های نخل بر میکروارگانیسم‌های خاک و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک است. براساس نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، اثر سیستم ریشه نخل بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله ماده آلی، pH خاک که تأثیر زیادی بر مقدار آزادسازی روی دارند، بررسی شود.

بیشترین مقدار روی تجمعی آزاد شده در خاک‌های زیر سایه‌انداز رقم قصب اتفاق افتاد. نتایج تحقیق حاضر به خوبی نشان دهنده آن است که خاک زیر سایه‌انداز درختان نخل میزان وا جذبی روی بیشتری نسبت به خاک خارج سایه‌انداز داشته است و این می‌تواند به دلیل تأثیر ریزوسفر ریشه نخل بر وا جذبی روی خاک باشد. بنابراین می‌توان گفت تغییر در روند سینتیک وا جذبی روی بین خاک‌های زیر سایه‌انداز و خارج سایه‌انداز در عمق‌های مختلف و مقادیر بیشتر روی تجمعی در

جدول ۴- مقادیر ثابت سرعت معادلات سینتیکی

Table 4- Values of the rate constants for the kinetic models

مدل سینتیکی Models	تابع توانی Power function	پخشیدگی پارابولیک Parabolic diffusion		الویچ ساده شده Simple elovich				
		ab	a	b	q <sub>0</sub>	k <sub>p</sub>	α <sub>s</sub>	β <sub>s</sub>
رقم Type	عمق (cm) Depth	خارج سایه انداز Out-canopy						
شاهانی Shahani	0-20	0.133	0.36	0.37	1.009	0.094	0.255	1.563
	20-40	0.136	0.409	0.332	1.048	0.078	0.287	1.819
	40-60	0.085	0.194	0.438	0.816	0.071	0.19	1.968
حلوانی Halavani	0-20	0.197	0.843	0.234	1.524	0.802	0.716	1.822
	20-40	0.207	0.746	0.277	1.456	0.105	0.472	1.415
	40-60	0.160	0.645	0.248	1.213	0.069	0.51	2.121
قصب Ghasab	0-20	0.151	0.776	0.195	1.362	0.045	0.797	5.109
	20-40	0.172	0.98	0.175	1.927	0.027	5.456	5.711
	40-60	0.123	0.517	0.238	1.046	0.043	0.424	4.198
زیر سایه انداز Under-canopy								
شاهانی Shahani	0-20	0.140	0.488	0.286	1.098	0.065	0.384	2.173
	20-40	0.129	0.411	0.315	1.156	0.059	0.405	2.246
	40-60	0.116	0.316	0.367	1.094	0.065	0.341	2.103
حلوانی Halavani	0-20	0.213	0.756	0.282	1.595	0.104	0.488	1.35
	20-40	0.179	0.756	0.237	1.438	0.07	0.663	1.996
	40-60	0.198	0.825	0.24	1.425	0.09	0.581	1.691
قصب Ghasab	0-20	0.339	2.094	0.162	3.153	0.101	1.105	6.15
	20-40	0.258	1.733	0.149	2.572	0.069	1.998	6.671
	40-60	0.227	1.136	0.2	2.087	0.067	0.857	4.98

جدول ۵- همبستگی ساده بین ثابت‌های سرعت معادلات سینتیکی دارای بهترین قدرت پیش‌بینی

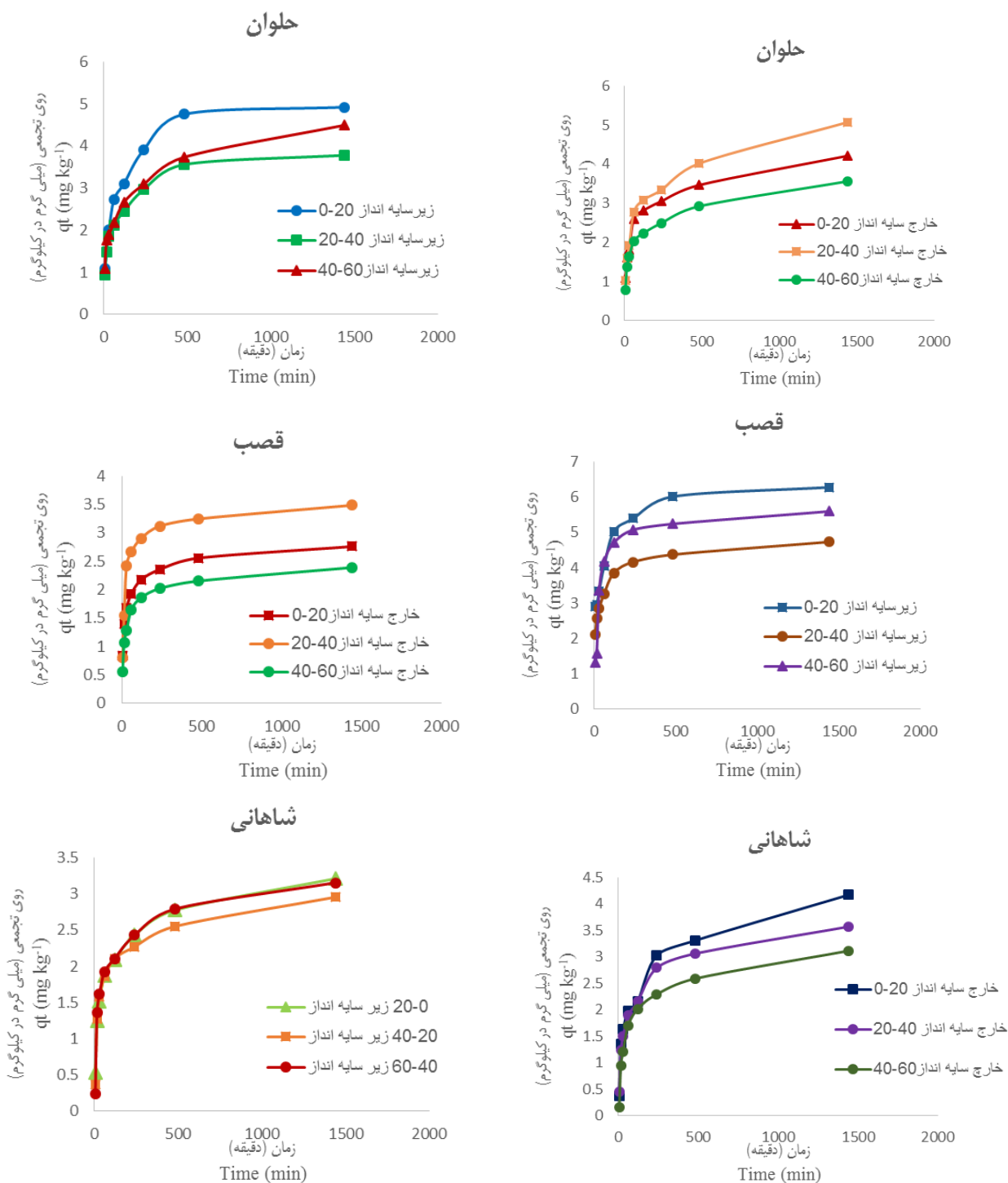
Table 5- Simple correlation between constants rate of the best fitted kinetic models

	خارج سایه‌انداز Out-canopy					
	ab	a	b	q <sub>0</sub>	k <sub>p</sub>	α <sub>s</sub>
A	0.829**					
B	-0.722*	-0.958**				
q <sub>0</sub>	0.759*	0.958**	-0.878**			
k <sub>p</sub>	ns	ns	ns	ns		
α <sub>s</sub>	ns	ns	ns	0.794*	ns	
β <sub>s</sub>	ns	ns	ns	ns	ns	0.765*

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪، ns بدون همبستگی معنی‌دار

\* and \*\* significantly at the probability level 1% and 5%, ns: no significant.





شکل ۲- نمودار تجمعی آزادسازی روی در خاک‌های مورد بررسی  
Figure 2- Cumulative chart of the Zn release from studied soils

### منابع

- 1- Al-Farsi M.A., and Lee C.Y. 2008. Nutritional and functional properties of dates: a review. *Critical reviews in food Science and Nutrition* 48(10): 877-887.
- 2- Broomand N., Savaghebi-firoozabadi Gh, and Farahbakhsh M. 2010. Kinetics of zinc desorption and relations of

- kinetics parameters with properties of some soils of Iran. *Journal Water and Soil* 19(2): 99-112. (In Persian)
- 3- Bruemmer G.W., Gerth J., and Tiller K.G. 1988. Reaction kinetics of the adsorption and desorption of nickel, zinc and cadmium by goethite. I. Adsorption and diffusion of metals. *Journal of Soil Science* 39(1): 37-52.
  - 4- Bouamri R., Dalpé Y., Serrhini M.N., and Bennani A. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of *Phoenix dactylifera* L. in Morocco. *African Journal of Biotechnology* 5(6): 510-516.
  - 5- Bouyoucos G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy Journal* 43(9): 434-438.
  - 6- Dadvar M., and Forohar M. 2007. Rhizosphere, a solution for soil management around roots. *Journal Land Management* 3(1).
  - 7- Dang Y.P., Dalal R.C., Edwards D.G., and Tiller K.G. 1994. Kinetics of zinc desorption from Vertisols. *Soil Science Society of America Journal* 58(5): 1392-1399.
  - 8- Dalal R.C. 1985. Comparative prediction of yield response and phosphorus uptake from soil using anion-and cation-anion-exchange resins. *Soil Science* 139(3): 227-231.
  - 9- Dowson V. H. W. 1982. Date production and protection (Plant production and protection Paper No. 35). FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
  - 10- Dessureault-Rompere J., Nowack B., Schulin R., Tercier-Waerber M.L., and Luster J. 2008. Metal solubility and speciation in the rhizosphere of *Lupinus albus* cluster roots. *Environmental Science & Technology* 42(19): 7146-7151.
  - 11- Escudero A., Iriondo J.M., Olano J.M., Rubio A., and Somolinos R.C. 2000. Factors affecting establishment of a gypsophyte: the case of *Lepidium subulatum* (Brassicaceae). *American Journal of Botany* 87(6): 861-871.
  - 12- Ghasemi-Fasaei R., Tavajjoh M., Olama V., Molazem B., Maftoun M., Ronaghi A., and Adhami E. 2007. Copper release characteristics in selected soils from southern and northern Iran. *Soil Research* 45(6): 459-464.
  - 13- Hoffland E., Wei C., and Wissuwa M. 2006. Organic anion exudation by lowland rice (*Oryza sativa* L.) at zinc and phosphorus deficiency. *Plant & Soil* 283(1-2): 155-162.
  - 14- Jahantigh M. 2017. Investigating the relationship between soil and vegetation on the beach of rivers in arid regions. *Journal Plant Ecosystem Conservation* (In Persian)
  - 15- Jones D.L. 1998. Organic acids in the rhizosphere—a critical review. *Plant and Soil* 205(1): 25-44.
  - 16- Karimian N., and Moafpouryan G.R. 1999. Zinc adsorption characteristics of selected calcareous soils of Iran and their relationship with soil properties. *Communications Soil Science Plant Analysis* 30: 1721-1731.
  - 17- Kuo S., and Mikkelsen D.S. 1980. Kinetics of zinc desorption from soils. *Plant & Soil* 56(3): 355-364.
  - 18- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper 1. *Soil Science Society of America Journal* 42(3): 421-428.
  - 19- McNear D.H. 2013. The rhizosphere—roots, soil and everything in between. *Nature Education Knowledge*, 4(3): 1.
  - 20- Mehdizade M., Reyhanitabar A., and Ostan Sh. 2016. The effect of soil organic matter on kinetics and thermodynamics of phosphorus adsorption. *Journal Water and Soil Science* (In Persian)
  - 21- Motaghian H.R., and Hossein Pour A.R. 2015. Effect of rhizosphere on zinc release rate in some calcareous soils of Chaharmahal and Bakhtiari province. *Journal Technology of Greenhouse Culture-Isfahan Uni.* (In Persian)
  - 22- Naganuma K., Okazaki M., Yonebayashi K., Kyuma K., Vijarnsorn P., and Bakar Z.A. 1993. Surface charge and adsorption characteristics of copper and zinc on tropical peat soils. *Soil Science & Plant Nutrition* 39(3): 455-462.
  - 23- Nezami S., and Malakoti M.J. 2016. The role of organic acids in release of phosphorus and zinc from a calcareous soil. *Journal of Water and Soil* 30(3): 805-816.
  - 24- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of Soil Analysis part 3—Chemical Methods, (methodsofsoilan3)*, 961-1010.
  - 25- Nishanth D., and Biswas D.R. 2008. Kinetics of phosphorus and potassium release from rock phosphate and waste mica enriched compost and their effect on yield and nutrient uptake by wheat (*Triticum aestivum*). *Bioresource Technology* 99(9): 3342-3353.
  - 26- Padidar M. 2015. Effect of Soil Propretics on Kinetic Zinc Release. *Fisheries and Hydrobiology* 1816-91120.
  - 27- Pavlatou A., and Polyzopoulos N.A. 1988. The role of diffusion in the kinetics of phosphate desorption: the relevance of the Elovich equation. *Journal of Soil Science* 39(3): 425-436.
  - 28- Rattan R.K., and Sharma P.D. 2004. Main micronutrients available and their method of use. In *Proceedings IFA International Symposium on Micronutrients* (pp. 1-10).
  - 29- Reyhanitabar A., Karimian N., Adalan M., Savaghebi G.R., and Ghanadha M.R. 2007. Distribution of different zinc forms and their relationship with soil characteristics in some calcareous soil of Tehran province. *Journal Agriculture Science & Technology*. (In Persian)
  - 30- Reyhanitabar A., and Gilkes R.J. 2010. Kinetics of DTPA extraction of zinc from calcareous soils. *Geoderma*, 154(3-4): 289-293.
  - 31- Rhoades J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. *Methods of Soil Analysis Part 3—Chemical Methods, (methodsofsoilan3)*, 417-435.
  - 32- Soltanpour P.A., and Schwab A.P. 1977. A new soil test for simultaneous extraction of macro-and micro-nutrients in alkaline soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 8(3): 195-207.
  - 33- Sparks D.L. 1986. Kinetics of reaction in pure and mixed systems. *Soil Physical Chemistry* 44: 265-268.
  - 34- Sparks LD. 1999. *Soil Physical Chemistry*. 2<sup>nd</sup>. Ed., CRC Press. Boca Raton, FL.

- 35- Steffens D., and Sparks D.L. 1997. Kinetics of nonexchangeable ammonium release from soils. *Soil Science Society of America Journal* 61(2): 455-462.
- 36- Sposito G., Lund L.J., and Chang A. 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge. I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. *Soil Science Society of America Journal* 46: 260-264.
- 37- Sumner M.E., and Miller W.P. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. *Methods of Soil Analysis part 3—Chemical Methods, (methodsofsoilan3)*, 1201-1229.
- 38- Tahmasebi F., Hossein Pour A. 2007. Kinetics of extractable phosphorus changes in a number of Hamadan soils. *Journal of Sciences and Technology of Agriculture and natural Resources* 11(42): 475-488.
- 39- Thomas G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. *Methods of soil analysis part 3—chemical methods, (methodsofsoilan3)*, 475-490.
- 40- Toranjzar H.M., Jafri H., Azarneyvad M., and Ghanadha R. 2006. Investigation of relationship between soil characteristics and vegetation cover of rangeland and mountains of Qom province. 10(2): 349-360.
- 41- Wang Z., Shan X.Q., and Zhang S. 2002. Comparison between fractionation and bioavailability of trace elements in rhizosphere and bulk soils. *Chemosphere* 46(8): 1163-1171.
- 42- Young S.D., Zhang H., Tye A.M., Maxted A., Thums C., and Thornton I. 2005. Characterizing the availability of metals in contaminated soils. I. The solid phase: sequential extraction and isotopic dilution. *Soil Use and Management*, 21: 450-458.
- 43- Zaid A. (Ed.). 1999. Date palm cultivation. Rome: United Nations FAO Plant Production and Protection Paper.
- 44- Zhu B., and Alva A.K. 1993. The chemical forms of Zn and Cu extractable by Mehlich 1, Mehlich 3, and ammonium bicarbonate-DTPA extractions. *Soil Science* 156(4): 251-258.

## Canopy Influences of Three Palm Cultivars on Release Rates of Native Zinc from Different Depths of a Calcareous Soil

N. Abdar<sup>1</sup> - R. Ghasemi<sup>2\*</sup>

Received: 25-02-2019

Accepted: 02-09-2019

**Introduction:** Zinc (Zn) is an important nutrient element for plants growth, which plays an important role in the metabolism of plant. Zn uptake by plants requires release of Zn adsorbed onto the soil constituents and even Zn containing minerals. The release of Zn from soil surface to the soil solution is an important factor that controls availability of Zn for growing plants. Kinetics of Zn release from soil could indicate ability of soil to Zn supply to plants. The purpose of present study was to investigate the effects of soil depth and canopy of three cultivars of palm including Shahani, Ghasab and Halavani on release kinetics of native Zn by AB-DTPA extractant.

**Materials and Methods:** In order to investigate the effects of depth and vegetation on the pattern of Zn release, 54 soil samples were collected from inside and outside canopy of different palm cultivars (Shahani, Halavani and Ghasab), three depths (0-20, 20-40 and 40-60 cm) with three replications. These samples were collected from village of Simakan, located in the city of Jahrom. Extraction was performed after eight shaking times (5, 15, 30, 60, 120, 240, 480, and 1440 min) with ammonium bicarbonate-diethylene triamine penta acetic acid (AB-DTPA). After each shaking time, samples were immediately centrifuged for 15 min, and then filtered through filter paper. The concentration of Zn in solutions were determined using an atomic absorption spectrophotometer (AA-670G). Seven commonly used kinetics models in nutrient release studies were used to describe Zn release including zero-order, first-order, pseudo-first-order, pseudo-second-order, power function, parabolic diffusion, and simple Elovich. Data analysis and drawing of charts were done by SAS software and Excel program, respectively. Relatively high value of coefficient of determination and low value of standard error of estimate were considered as criteria for the best fit.

**Results and Discussion:** The results of this study showed that the simplified Elovich, parabolic diffusion and power function equations well described the pattern of Zn release from soil as evidenced by higher coefficient of determination and lower values of the standard error of the estimate. The Zn release pattern in all soil samples consisted of a quick stage from the start of the experiment to 240 minutes and a slower stage at subsequent times. The correlation between the coefficients of the kinetic equations of the power function, simplified Elovich and parabolic diffusion showed that there was higher correlations between the coefficients of the equations obtained from the under canopy in comparison with those of out of canopy. Although soil is a major factor influencing vegetation growth and characteristics, plants could, in turn, also affect different soil properties. In addition, the palm root system and the rhizosphere exhibit a complex diversity, which could regulate the plant homeostasis. The interaction of root-microorganism in the rhizosphere can cause many of the physical, chemical and biological properties of the rhizosphere soil that are different from the bulk soil. Important changes in the soil properties of the rhizosphere environment include soil pH, soil oxidation-reduction reactions, soil moisture, and nutrient availability for microorganisms and plant. Root exudates also contribute to enhance of the availability of elements by reducing the pH of the rhizosphere and creating bioavailable Zn complex. Recent studies have shown that root exudates can act as an influential factor in extracting significant values of plant nutrients from calcareous soils. Our results showed that the amount of accumulated Zn released from the under canopy soils was more than the out of canopy soils, and the highest amount of accumulated Zn was released in the soils under canopy of Ghasab cultivar.

**Conclusion:** Results of present study showed that the values of Zn released from the under canopy soils was higher than interspaces soils, and the highest amount of accumulated Zn was released in the soils under canopy of Ghasab cultivar. Such observations clearly indicate that palm trees are able to supply Zn absorption capacity under their own canopy soils. Therefore, it appears that higher rates of Zn release from the under canopy soils in comparison with interspaces could be attributed to higher root exudates which impact soil properties,

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.

(\* - Corresponding Author Email: ghasemif@gmail.com)

microorganism activities and lower pH which, in turn, increase the amounts of metals including of Zn release and bioavailability. Further researches on the effect of palm root system on physical and chemical properties of soil, including organic matter, soil pH, which could cause great impacts on the amount of Zn release are highly recommended.

**Keywords:** Canopy, Kinetic models, Palm, Soil depth, Zn release