



## بررسی شاخص هیسترسیس فسفر در خاک برخی از باغات انگور شهرستان ملایر، استان همدان

فاطمه بگوندا<sup>۱</sup>، محبوبه ضرابی<sup>۲</sup>، زهرا کلاه چی<sup>۲</sup>، شهریار مهدوی<sup>۳</sup>  
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه ملایر، ۲- استادیار دانشگاه ملایر، ۳- استادیار دانشگاه بوعلی سینا همدان

### چکیده

بررسی وضعیت فسفر در خاک‌های آهکی تحت کشت انگور جهت مدیریت بهتر مصرف کودهای فسفاته و تولید محصول با کیفیت مطلوب از اهمیت بالایی برخوردار است. جهت بدست آوردن شاخص هیسترسیس فسفر در خاک باغات انگور شهرستان ملایر مطالعات جذب و واجذب فسفر انجام شد. سری‌های غلظت فسفر از صفر تا ۲۰۰ میلی گرم در لیتر از نمک  $KH_2PO_4$ ، در حضور ۱۰ میلی مول کلرید کلسیم تهیه شد. جهت اندازه گیری فسفر واجذب شده از عصاره گیر کلسیم کلرید ۰/۱۰ مولار استفاده شد. معادلات فروندلیچ و خطی جهت توصیف جذب سطحی و واجذبی فسفر استفاده شدند.  $K_f$  در واجذب بزرگتر از جذب بود. دامنه شاخص هیسترسیس محاسبه شده از نسبت توان ( $n$ ) معادله فروندلیچ ایزوترم جذب به واجذب از ۳/۱ تا ۴/۲ با میانگین ۷/۱ بود.

واژه های کلیدی: انگور، همدمای جذب سطحی و واجذب فسفر، شاخص هیسترسیس

### مقدمه

انگور یکی از محصولات مهم باغی در ایران است. بر اساس آمار FAO در سال ۲۰۱۱ کشور ایران با تولید حدود سه میلیون تن یازدهمین تولید کننده انگور دنیا می باشد. شهرستان ملایر در استان همدان دومین شهر تولید کننده انگور پس از استان فارس در کشور است و جایگاه ویژه ای در تولید انگور و کشمش ایران دارد. فسفر یکی از عناصر غذایی مورد نیاز انگور می باشد. مطالعه جذب و واجذب فسفر در غلظت‌های مختلف خاک جهت تعیین تحرک و زیست فراهمی این عنصر در محیط زیست اهمیت زیادی دارد. همدمای جذب مقدار جذب ماده جذب شونده روی سطح یک جاذب را به عنوان تابعی از غلظت تعادلی ماده جذب شونده در دمای ثابت نشان می دهد و با استفاده از آن‌ها قدرت تثبیت فسفر در خاک‌ها را می توان تخمین زد (Malakuti and Homaei, ۱۹۹۴).

جذب سطحی منعکس کننده اثر بر همکنش فاز جامد و مایع خاک بوده و در نتیجه تثبیت یا آزاد سازی عنصرهای غذایی اضافه شده به خاک و بازیابی این عناصر را برآورد می نماید. ویژگی‌های خاک شامل پ هاش، مقدار اکسیدهای آهن و آلومینیوم، کربنات کلسیم، مواد آلی، رس و کاتیون‌های موجود در لایه دوگانه از طریق تاثیر بر فرایندهای جذب و واجذب در خاک بر قابلیت جذب فسفر تاثیر دارند. جذب و واجذب فسفر از فرایندهای مهمی است که غلظت فسفر در خاک را کنترل می کند (Dhillon, et al., ۲۰۰۴). فسفر در خاک واکنش‌های گوناگونی مانند جذب سطحی، رسوب، تثبیت، و رهاسازی دارد. واجذب فسفر جذب شده از فاز جامد در واقع قابلیت آبشویی و فراهمی فسفر را در خاک کنترل می کند (Moradi, et al., ۲۰۰۵). یک توضیح احتمالی برای واجذب آهسته فسفر پیوند قوی فسفر با سطح جاذب می باشد که برای شکستن پیوندهای قوی فسفر با سطح جاذب احتیاج به انرژی فعال سازی بیشتری است (Mehran, et al., ۲۰۰۶).

### اهداف این پژوهش عبارتند از:

الف) مطالعه همدمای جذب و واجذب فسفر در برخی از خاک‌های آهکی باغات انگور شهرستان ملایر (جنوب استان همدان)، و بررسی تاثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها بر واجذب فسفر  
ب) تعیین شاخص هیسترسیس فسفر

### مواد و روش‌ها

#### ویژگی‌های خاک‌های مورد بررسی

۱۰ نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری باغات انگور شهرستان ملایر جمع آوری شد، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک توسط روش‌های معمول آزمایشگاهی تعیین شدند (Rowell, ۱۹۹۴).

#### همدماهای جذب سطحی و واجذب فسفر

جهت بررسی همدماهای جذب فسفر، سری غلظت فسفر از صفر تا ۲۰۰ میلی گرم در لیتر از نمک  $KH_2PO_4$ ، در حضور ۱۰ میلی مول کلرید کلسیم تهیه شد. سپس محلول‌ها به خاک در دو تکرار با نسبت ۱:۱۰ افزوده شد، و سوسپانسیون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد شیک شدند پس از رسیدن به زمان تعادل، غلظت فسفر در محلول زلال روئی به روش آسکوربیک اسید



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

مورفی و رایلی اندازه گیری شد (Murphy and Railey, ۱۹۶۲). مقدار فسفر جذب شده در نمونه‌ها از طریق اختلاف بین غلظت فسفر اضافه شده در محلول اولیه و فسفر باقی مانده در محلول تعادلی محاسبه شد. جهت مطالعه واجذب فسفر، به نمونه‌های همدمای جذب که کاملاً محلول روئی تخلیه شد، با آب مقطر فسفر محلول خاک شستشو داده شد. ۲۰ میلی لیتر محلول کلسیم کلرید ۰/۱۰ مولار اضافه گردید و نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت شیک و پس از ۲۲ ساعت سکون در دمای ۲۵-۲۴ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت دیگر بهم زده شد. لوله‌ها پس از پایان مدت تماس به مدت ۵ دقیقه با ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و سپس از کاغذ صافی واتمن عبور داده شد و سپس غلظت فسفر به روش مورفی و ریلی (۱۹۶۲) تعیین گردید. و مقدار فسفر اندازه گیری شده به عنوان مقدار فسفر آزاد شده از خاک در نظر گرفته شد. ارتباط مقدار فسفر آزاد شده با مقدار فسفر جذب سطحی شده و بعضی از ویژگی‌های خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. و داده‌های حاصل به معادلات فروندلیچ (۱)، خطی (۲)، برازش داده شد.

$$q = kc^{1/n} \quad (1)$$

$$q = a + bc \quad (2)$$

در تمامی معادلات C غلظت تعادلی جذب شونده ( $mg L^{-1}$ ) و q وزن جذب شونده در واحد وزن جذب کننده ( $mg kg^{-1}$ )، می‌باشد.  $k_f$  و n ضرایب معادله فروندلیچ که به ترتیب نماینگر ظرفیت ( $l kg^{-1}$ ) و شدت جذب می‌باشند، b و a ضرایب معادله خطی که به ترتیب شیب ( $mg L^{-1}$ ) و عرض از مبدا ( $mg kg^{-1}$ )، معادله می‌باشند. جهت بررسی شاخص هیسترسیس از رابطه مقابل استفاده شد: (Turin and Bowman, ۱۹۹۷)  $HI = N_{desorb} / N_{sorb}$  که در این معادله  $N_{sorb}$  ضریب n در معادله فروندلیچ برازش داده شده به داده‌های همدمای جذب و  $N_{desorb}$  ضریب n در معادله فروندلیچ برازش داده شده به داده‌های همدمای واجذب می‌باشد.

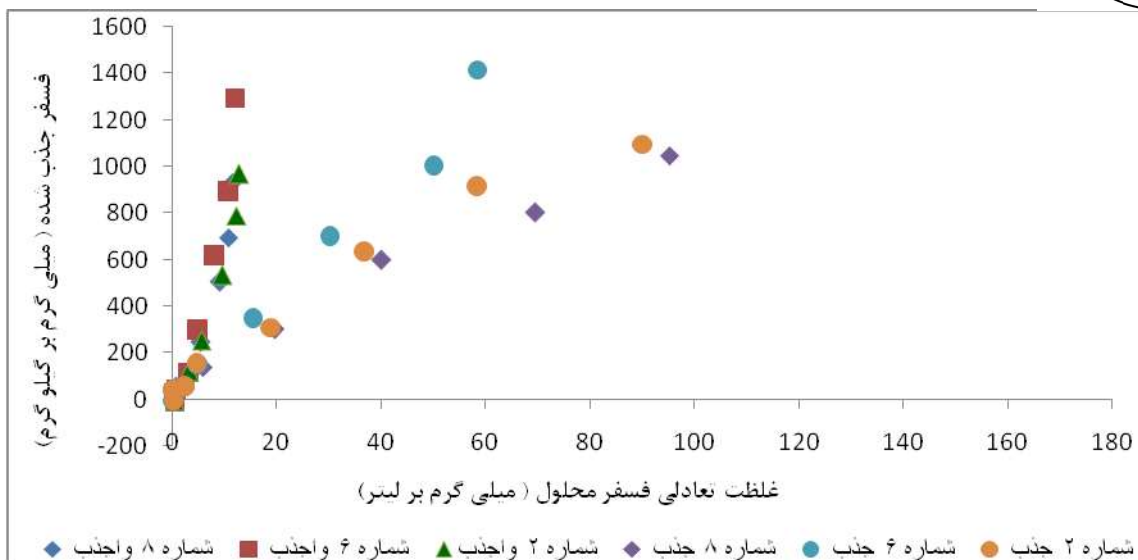
### بحث و نتیجه گیری

نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. فسفر قابل جذب اولسن در این خاک‌ها در دامنه ۴/۱۳ تا ۳۶ با میانگین ۳/۲۴ میلی گرم بر کیلو گرم، درصد رس در دامنه ۵/۴۳-۵/۲۱ با میانگین ۷/۲۹ و درصد کربنات کلسیم معادل در دامنه ۸-۲/۳۶ با میانگین ۳/۱۷ می‌باشد. ایزوترم‌های جذب و واجذب فسفر خاک‌های شماره ۲، ۶ و ۸ در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که در شکل مشخص است، خاک‌های شماره ۲، ۶ و ۸ دارای بیشترین جذب و واجذب فسفر می‌باشند، داده‌های واجذب فسفر به خوبی توسط معادلات جذب فروندلیچ و خطی قابل توصیف بودند. (به ترتیب  $q = ۹۴/۰R^2$  و  $q = ۹۵/۰R^2$ )، که به ترتیب زیر معادلات دارای بهترین برازش می‌باشند: خطی < فروندلیچ.

جدول ۱- دامنه تغییرات برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	pH	EC	OM	رس	شن	سیلت	کربنات کلسیم معادل	CaCl <sub>2</sub> -P	Olsen-P	CEC
	(dS m <sup>-1</sup> )			%			(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )
دامنه	۴۱/۷-۹۸/۷	۱۲/۰-۲۴/۰	۱/۱-۱/۳	۵/۴۳-۵/۲۱	۲۴-۵۴	۱۸-۵/۴۴	۸-۲/۳۶	۸/۵-۲/۲	۴/۱۳-۳۶	۸/۱۲-۵/۲۴

چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه



شکل ۱ - نمودار همدمای جذب سطحی و واجذبی فسفر در ۳ خاک از خاک‌های مورد مطالعه

سولیس و تورنت (۱۹۸۹) با بررسی جذب فسفر در خاک‌های آهکی اسپانیا گزارش نمودند که معادله فروندلیچ، به دلیل داشتن ضرایب تبیین بالا تر نسبت به معادله لنگ‌مویر جذب را بهتر توصیف می‌نماید.

جدول ۲- پارامترهای معادلات جذب و واجذب در خاک‌های مورد مطالعه

شماره خاک	واجذب					جذب				
	n	معادله فروندلیچ		معادله خطی		n	معادله فروندلیچ		معادله خطی	
		$k_f$	$R^2$	$k_f$	$R^2$		$k_f$	$R^2$	$k_f$	$R^2$
۱	۱/۱	۰/۴۶	۹۱/۰	۴/۴۱	۹۵/۰	۵/۱	۷/۵۳	۹۸/۰	۵/۱۳	۹۶/۰
۲	۵/۱	۷/۶۰	۹۵/۰	۳/۶۹	۹۶/۰	۵/۱	۴/۵۰	۹۵/۰	۷/۱۲	۹۷/۰
۳	۴/۲	۱/۲	۹۷/۰	۷/۵	۹۸/۰	۹/۱	۶/۳۴	۹۸/۰	۰/۳	۹۱/۰
۴	۳/۱	۴/۱۲	۹۴/۰	۶/۵	۹۳/۰	۸/۱	۴/۲۱	۹۹/۰	۶/۲	۹۸/۰
۵	۴/۱	۶/۳۳	۹۳/۰	۳/۲۵	۹۷/۰	۷/۱	۲/۴۰	۹۷/۰	۳/۶	۹۵/۰
۶	۶/۱	۳/۵۱	۹۶/۰	۳/۹۸	۹۴/۰	۳/۱	۳/۴۷	۹۴/۰	۴/۲۲	۹۸/۰
۷	۷/۱	۹/۱۶	۹۹/۰	۸/۲۸	۹۷/۰	۵/۱	۸/۳۰	۹۵/۰	۶/۶	۹۸/۰
۸	۸/۱	۷/۴۸	۹۵/۰	۲/۷۲	۹۳/۰	۶/۱	۷/۵۳	۹۵/۰	۸/۱۰	۹۸/۰
۹	۳/۱	۳/۳۹	۹۰/۰	۳/۲۹	۹۶/۰	۶/۱	۶/۲۳	۹۸/۰	۹/۳	۹۶/۰



## چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

۴/۲	۸/	۴/۲۰	۹۵/۰	۷/۴۲	۹۴/	۹/	۴/۴۲	۹۷/	۴/۴	۹۷/	۱۰
۷/۱	۰/	۱/۳۳	۹۴/۰	۹/۴۱	۹۵/	۶/	۸/۳۹	۹۷/	۶/۸	۹۶/	میانگین
	۱					۱					ن

### \* شاخص هیسترسیس Hysteresis Index

$k_f$  و  $n_f$  در معادله فروندلیچ ثابت‌های تجربی بوده و مفهوم فیزیکی ندارند، اما وقتی که پارامتر  $c$  برابر با یک شود آنگاه  $k_f$  از نظر عددی مساوی  $q$  می‌باشد. در مواردی که  $n_f$  برابر یک باشد عبارت  $k_f$  بیانگر این است که انرژی جذب روی سطح همگن مستقل از پوشش سطح می‌باشد (Sparks, ۲۰۰۳)، در صورتی که  $n_f$  میزان غیر همگنی مکان‌های جذبی در خاک را نشان می‌دهد (Zhou and Li, ۲۰۰۱). همان‌طور که  $n_f$  به سمت یک میل می‌کند، همگنی سایت‌های سطح افزایش می‌یابد و نشان دهنده این است که توزیع در تنوع سایت‌های جذبی محدود می‌باشد (Sparks, ۲۰۰۳). یکی از معایب معادله فروندلیچ این است که ماکزیمم جذب را پیش‌بینی نمی‌کند (Sparks, ۲۰۰۳).

با توجه به جدول ۲ دامنه مقدار عددی پارامتر  $k_f$  در ایزوترم جذبی از ۴/۲۱ تا ۴۷/۵۳ با میانگین ۸/۳۹ لیتر بر کیلوگرم می‌باشد، که خاک شماره ۴ و ۸ به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار را دارا می‌باشند، و دامنه مقدار عددی پارامتر  $n_f$  از ۱/۹-۳/۱ با میانگین ۶/۱ می‌باشد، که خاک‌های شماره ۳ و ۱۰ بیشترین و خاک شماره ۶ کمترین مقدار انرژی جذب را دارا می‌باشند. مقادیر  $k_f$  و  $n_f$  گزارش شده توسط جلالی (۲۰۰۷) برای خاک‌های مزارع گندم-سیب زمینی-سیر و مراتع به ترتیب از ۶۲/۰ تا ۶۴/۱ لیتر بر کیلوگرم و از ۲ تا ۷۷ لیتر بر کیلوگرم می‌باشند که نسبت به خاک باغات انگور از دامنه وسیع تری برخوردار می‌باشند. ثابت  $k_f$  فروندلیچ برای خاک‌های شماره ۲، ۶ و ۹ برای ایزوترم واجذب ( $k_f$  واجذب) به طور معنی‌داری بیشتر از مقدار بدست آمده از ایزوترم جذب ( $k_f$  جذب) می‌باشد، اما ثابت  $n_f$  ایزوترم جذب بیشتر از مقدار بدست آمده از ایزوترم واجذب می‌باشد.

نسبت ضریب  $n$  معادله فروندلیچ در حالت جذب به واجذب ( $HI = N_{sorb} / N_{desorb}$ ) برای تمامی خاک‌ها در جدول ۴ آورده شده است. که دامنه مقدار عددی این پارامتر از ۳/۱ تا ۲/۴ با میانگین ۷/۱ می‌باشد، بیشترین مقدار مربوط به خاک ۳ و کمترین مقدار برای خاک ۹ بدست آمد، مقادیر  $HI$  بزرگتر از ۱ هیسترسیس را نشان می‌دهد.

ثابت  $k_f$  معادله خطی نشان دهنده نسبت غلظت عنصر جذب شده به غلظت عنصر در محلول در حالت تعادل می‌باشد. و نشان دهنده ظرفیت بافری خاک می‌باشد. برای ۱۰ خاک مقادیر  $k_f$  بدست آمده برای داده‌های واجذب به مقدار بسیار زیادی نسبت به جذب کاهش یافته است. کاهش در مقادیر  $k_f$  معمولاً به مکان‌های اشباع جذب و رفتار غیر خطی جذب نسبت داده شده است. دامنه مقدار عددی این پارامتر برای جذب از ۶/۲ تا ۴/۲۲ با میانگین ۶/۸ و برای واجذب از ۶/۵ تا ۳/۹۸ با میانگین ۹/۴۱ لیتر بر کیلوگرم می‌باشد، که خاک شماره ۶ بیشترین و شماره ۴ دارای کمترین مقدار ظرفیت بافری می‌باشند. شهبازی و داودی (۱۳۹۱) در مطالعه ارزیابی نیاز فسفر گیاه گندم در خاک‌های آهکی ظرفیت بافری را بین ۲۷/۱ تا ۲۸/۴۳ لیتر بر کیلوگرم گزارش نمودند.

### و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک HI جدول ۳- ضریب همبستگی میان

شاخص	pH	EC	OM	رس	شن	سیلت	کربنات کلسیم معادل	CaCl <sub>2</sub> -P	Olsen-P	CEC
HI	۲۱۲/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۰۴۵/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۵۳۴/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۱/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۲۱۷/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۳۶۲/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۳۴۹/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۳۳۸/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۴۷۰/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>	۴۴۷/۰ <sup>n</sup> <sub>s</sub>

و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۰/۵ و ۰/۰۱، ns.

مطالعه ضریب همبستگی پارامترهای معادلات با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول شماره ۳ آورده شده است. همان‌طور که مشخص است، شاخص هیسترسیس با هیچ یک از ویژگی‌های خاک همبستگی معنی‌داری نداشته است.

### منابع

شهبازی، ک و داودی، م. ح. ۱۳۹۱. ارزیابی نیاز فسفر گندم در خاک‌های آهکی با استفاده از همدماهای جذب فسفر. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۶، شماره ۱.

Dhillon N. S., Dhosi T. S., and Brar, B. S. (۲۰۰۴). Phosphate Sorption-desorption Characteristics of some Ustifluents of Punjab. Soil Sci. Soc. India. ۵۲. ۱۷-۲۲.



- Jalali M. ۲۰۰۷. Phosphorus status and sorption characteristics of some calcareous soils of Hamadan, western Iran. *Environ Geol*, ۵۳: ۳۶۵-۳۷۴.
- Malakuti M.J. and Homaei M. ۱۹۹۴. Soil fertility of arid regions soils. Tarbiat Modarres. Pub. Tehran, Iran.
- Murphy J., Riley J.P. ۱۹۶۲. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters, ۲۷:۳۱-۳۶.
- Moradi A., Abbaspour K.c., Afyuni M., ۲۰۰۵. Modelling fieldscale cadmium transport below the root zone of a sewage sludge amended soil in an arid region in central Iran. *J. Contam. Hydrol.* ۷۹. ۱۸۷-۲۰۶.
- Shirvani M., Kalbasi M., Shariatmadari H., Nourbakhsh F and Najafi B. ۲۰۰۶. Sorption-desorption of cadmium in aqueous palygorsite, sepiolite, and calcite suspensions: Isotherm hysteresis, chemosphere ۶۵. ۲۱۷۸-۲۱۸۴.
- Rowell D.L. ۱۹۹۴. Soil science: methods and applications. Longman, London.
- Solis P. and Torrent J. ۱۹۸۹. Phosphate sorption by calcareous Vertisols and Inceptisols of Spain. *Soil Science Society American Journal*, ۵۳: ۴۵۶-۴۵۹.
- Sparks D.L. ۲۰۰۳. Environmental soil chemistry. Academic Press, San Diego.
- Turin H.J., Bowman R.S., ۱۹۹۷. Sorption behavior and competition of bromacil, napropamide, and prometryn. *J. Environ. Qual.* ۲۶. ۱۲۸۲-۱۲۸۷.
- Zhou M., and Y. Li. ۲۰۰۱. Phosphorus-sorption characteristics of calcareous soils and limestone from the southern Everglades and adjacent farmlands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* ۶۵: ۱۴۰۴-۱۴۱۲.

#### Abstract

Study the Phosphorus hysteresis isotherm in Vineyard Soils of Malayer Area, Hamedan province Phosphorus status in calcareous vineyard soil play an important role in maximize grape quality and output. In order to investigate P hysteresis index in the calcareous vineyard soils of Malayer Area, Study Phosphorus sorption and desorption isotherms Performed. concentrations of P prepared from  $KH_2PO_4$  salt ( $0$  to  $200$  mg P  $l^{-1}$ ) in presence of  $0.01$  M  $CaCl_2$  solution. To measure Phosphorus desorped use of  $0.01$  M  $CaCl_2$  solution. Phosphate sorption and desorption curves were well fitted to the Freundlich and linear.  $k_1$  in The desorption was great of sorption. the P hysteresis index (HI), Calculate of ratio Freundlich exponents (n) sorption to desorption isotherm was of  $1.3$  to  $2.4$  with an average of  $1.7$ .