

## انتخاب عصاره گیر مناسب برای استخراج پتاسیم قابل جذب ذرت در خاک‌های منطقه مرکزی استان اصفهان

مهدی شریفی و محمود کلباسی<sup>۱</sup>

### چکیده

پتاسیم در گیاه نه تنها از نظر مقدار، بلکه از نظر نقش فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نیز یکی از مهم‌ترین کاتیون‌ها محسوب می‌شود. به منظور بررسی وضعیت پتاسیم و ارزیابی عصاره‌گیرهای رایج برای استخراج پتاسیم قابل استفاده ذرت در خاک‌های منطقه مرکزی استان اصفهان، ۲۶ سری خاک مهم زراعی منطقه انتخاب و بر اساس بافت و پتاسیم استخراجی با استات آمونیوم، ۱۶ سری خاک برای مطالعات بعدی انتخاب شد. پتاسیم قابل عصاره‌گیری این خاک‌ها با استفاده از عصاره‌گیرهای استات آمونیوم (چهار روش)، کلرید کلسیم (دو روش)، کلرید سدیم (دو روش)، استات سدیم، بی‌کربنات آمونیوم - DTPA، مهلیخ ۱، مهلیخ ۳، مورگان - ولف و اسید نیتریک استخراج شد. در مطالعات گلخانه‌ای از ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴ به عنوان گیاه محک، و دو تیمار صفر و ۱۵۰ میلی‌گرم پتاسیم در کیلوگرم، در قالب یک آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی و سه تکرار استفاده شد.

بر اساس مطالعات شناسایی کانی‌ها، ایلیت به عنوان کانی رسی غالب در خاک‌های منطقه شناسایی شد. مقدار پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای کلرید سدیم ۲ مولار، استات سدیم مولار و خنثی، استات آمونیوم مولار و خنثی و بی‌کربنات آمونیوم - DTPA، رابطه‌ای معنی‌دار (در سطح یک درصد) با جذب و غلظت پتاسیم در گیاه نشان داد. عصاره‌گیرهای کلرید سدیم ۲ مولار و استات سدیم مولار و خنثی، بر اساس بالا بودن ضرایب هم‌بستگی با جذب (۲ به ترتیب  $0.79^{**}$  و  $0.72^{**}$ ) و غلظت پتاسیم در گیاه (۲ به ترتیب  $0.86^{**}$  و  $0.85^{**}$ )، و نیز سادگی و اقتصادی بودن، به عنوان مناسب‌ترین عصاره‌گیرها در بین عصاره‌گیرهای مورد استفاده تشخیص داده شدند. عصاره‌گیرهای استات آمونیوم (روش ۱) و بی‌کربنات آمونیوم - DTPA، به علت ضرایب هم‌بستگی کمتر، قیمت زیاد و کم‌یابی مواد مورد نیاز، در اولویت نمی‌باشند. عملکرد، عملکرد نسبی، افزایش عملکرد و جذب اضافی، با پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرها رابطه معنی‌داری نشان ندادند. مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک‌های مورد مطالعه عامل محدود کننده‌ای برای رشد ذرت نبود. بنابراین، تعیین حدود بحرانی پتاسیم برای عصاره‌گیرهای پیشنهادی با استفاده از عملکرد یا عملکرد نسبی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم قابل استفاده، عصاره‌گیرهای پتاسیم، ذرت

### مقدمه

یک عنصر غذایی برای گیاه است (۵). اصولاً در ارائه محلول

هدف اولیه هر عصاره‌گیر شیمیایی ارزیابی مقدار قابل استفاده عصاره‌گیر برای خاک باید به دو معیار توجه داشت: اولاً

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

این عصاره گیر و جذب پتاسیم به وسیله ذرت، این عصاره گیر را بر استات آمونیوم ترجیح داده‌اند.

گزرزیز و ارتسلی (۸) عصاره گیرهای کلریدکلسیم، بی‌کربنات آمونیوم-DTPA، مهلیخ ۳ و ۲، مورگان-ولف و استات آمونیوم-EDTA را برای استخراج پتاسیم قابل استفاده چاودار در خاک‌های غرب سوئیس بررسی نموده و عصاره گیرهای عمومی بی‌کربنات آمونیوم، مهلیخ ۳ و استات آمونیوم-EDTA را به عنوان عصاره گیرهای مناسب معرفی کردند. هانلون و جانسون (۱۰) عصاره گیرهای عمومی مهلیخ ۳ و بی‌کربنات آمونیوم-DTPA را با عصاره گیر استات آمونیوم، برای تعیین پتاسیم قابل استفاده گندم در خاک‌های اوکلاهما مقایسه نمودند. در این تحقیق پتاسیم استخراجی به وسیله این سه عصاره گیر هم‌بستگی بسیار خوبی با هم نشان داده، و با در نظر گرفتن سرعت عصاره گیری، عصاره گیرهای مهلیخ ۳ و استات آمونیوم بر روش بی‌کربنات آمونیوم-DTPA ترجیح داده شدند.

ونتورت و رسی (۲۷) پتاسیم عصاره گیری شده با روش تترافنیل بران سدیم (یک ساعت انکوباسیون) را تخمین خوبی از پتاسیم قابل جذب گیاه در کانی‌های سیلیکاتی لایه‌ای دانسته‌اند.

به طور کلی، دلیل این که یک عصاره گیر در یک خاک موفق و در خاک دیگر ممکن است ناموفق باشد، احتمالاً نقش متفاوت شکل‌های پتاسیم خاک (با توجه به نوع و مقدار کانی‌های موجود در خاک) در تأمین نیازهای گیاهی می‌باشد.

نظر به این که اخیراً سؤالات زیادی در مورد مقدار پتاسیم قابل استفاده و مصرف کودهای پتاسه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران مطرح شده و توصیه‌هایی نیز ارائه گردیده است، تحقیق حاضر با هدف بررسی وضعیت پتاسیم در خاک‌های منطقه مرکزی استان اصفهان، و ارزیابی عصاره گیرهای رایج برای استخراج پتاسیم قابل استفاده ذرت از این خاک‌ها انجام گرفت.

عصاره گیری باید از منابع لیبایل<sup>۱</sup> عنصر غذایی باشد، ثانیاً روش عصاره گیری باید سریع، تکرار پذیر و اقتصادی باشد (۵ و ۳).

طیف وسیعی از عصاره گیرها برای تعیین پتاسیم قابل استفاده خاک‌های مختلف به کار گرفته شده است، که رایج‌ترین آنها محلول استات آمونیوم مولار و خنثی می‌باشد (۹، ۱۳ و ۱۵). این عصاره گیر در ایران نیز (بدون این که تحقیقات جامعی روی آن انجام شده باشد) به عنوان تنها عصاره گیر برای استخراج پتاسیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. سایر عصاره گیرهای متداول پتاسیم در دنیا عبارتند از: مهلیخ ۱، ۲ و ۳، بی‌کربنات آمونیوم-DTPA، کلریدکلسیم ۰/۰۱ مولار، کلریدسدیم، مورگان-ولف، تترافنیل بران سدیم و اسیدنیتریک مولار جوشان.

پژوهشگران مختلف بسته به محل تحقیق، عصاره گیرهای متفاوتی را برای استخراج پتاسیم قابل استفاده گیاه پیشنهاد کرده‌اند. ساتو (۶) دو عصاره گیر استات آمونیوم و لاکتات آمونیوم را برای ارزیابی پتاسیم قابل استفاده خاک‌های مجارستان مورد مقایسه قرار داد، و هر دو عصاره گیر را برای تعیین پتاسیم قابل استفاده خاک‌های مربوطه مناسب تشخیص داد.

سالومون (۲۳) روش کلریدکلسیم ۰/۰۱ مولار را با روش لاکتات آمونیوم-اسید استیک (روش متداول در سوئد) برای استخراج پتاسیم قابل جذب گیاه ذرت مورد مقایسه قرار داده و بیان می‌کند که گرچه کلریدکلسیم ۰/۰۱ مولار پتاسیم کمتری از خاک استخراج می‌کند، ولی می‌تواند جای‌گزین خوبی برای روش متداول باشد. وندبست و هوراکووا (۲۶) نیز این عصاره گیر را به عنوان عصاره گیر مناسب برای تخمین پتاسیم قابل استفاده ذرت معرفی کرده‌اند.

بیگل و اوراوک (۲) در بررسی عصاره گیر مهلیخ ۳ در خاک‌های پنسیلوانیا، به هم‌بستگی قوی این عصاره گیر و استات آمونیوم اشاره کرده و به دلیل استخراج هم‌زمان چند عنصر، و وجود رابطه خوب بین پتاسیم استخراجی به وسیله

## مواد و روش‌ها

تحقیق انجام شده شامل مراحل نمونه برداری، مطالعات آزمایشگاهی و مطالعات گلخانه‌ای بود. نمونه برداری طی دو مرحله انجام شد. در مرحله اول، ۲۶ سری خاک مهم زراعی منطقه مرکزی استان اصفهان، از افق سطحی (صفر تا ۳۰ سانتی متر) به صورت مرکب نمونه برداری گردید. سپس برای هر سری خاک، پتاسیم قابل عصاره گیری با روش استات آمونیوم - ۲ (۱۵)، و بافت خاک با روش پی پت تعیین شد. سری‌های خاک بر اساس مقدار پتاسیم قابل عصاره گیری، در مقادیر کم (۵۰-۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم)، متوسط (۱۵۰-۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم)، زیاد (۲۵۰-۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) و خیلی زیاد (بیش از ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم) گروه بندی گردید. از هر گروه، با توجه به حداکثر اختلاف در بافت (با تأکید بر مقادیر پتاسیم قابل استخراج کم و بافت‌های سبک تر) چند سری خاک انتخاب شد. با توجه به موارد فوق، ۱۶ سری خاک برای انجام مطالعات بعدی در نظر گرفته شد.

در مرحله دوم نمونه برداری، از این ۱۶ سری به مقدار مورد نیاز، برای مطالعات گلخانه‌ای نمونه برداری مجدد صورت گرفت. مقادیر کمی از نمونه‌های آماده شده برای انجام تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. بقیه از الک شش میلی متری عبور داده شد، و برای انجام کشت در گلخانه آماده گردید.

در نمونه‌های خاک، بافت خاک (روش پی پت)، پ-هاش گل اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، پتاسیم محلول، درصد مواد آلی به روش بی کرمان پتاسیم (۱۹) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش چاپمن (۴) تعیین گردید. عصاره گیرهای مورد استفاده برای استخراج پتاسیم، و مشخصات هر کدام در جدول ۱ ارائه شده است.

بر اساس مناطق پراکنش خاک‌ها و احتمال اختلاف در نوع کانی‌ها با توجه به مطالعات قبلی، سه سری خاک شامل:

آشچرد (از منطقه فریدن)، زاینده رود و اصفهان (از منطقه برآن) برای مطالعه شناسایی کانی‌های رسی انتخاب شد. به طور کلی مطالعات شناسایی کانی‌های خاک در چهار مرحله صورت گرفت که عبارت بود از: الف) تیمار نمونه‌های خاک قبل از تفکیک اجزا (شامل حذف کریبات‌ها و نمک‌های محلول، اکسید کردن مواد آلی و حذف پوشش‌های آهن)، ب) تفکیک اجزای خاک با استفاده از الک و سانتریفوژ، ج) تیمار اجزای تفکیک شده، و د) شناسایی کانی‌ها با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس<sup>۱</sup> (۷).

مطالعات گلخانه‌ای در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۲×۱۶ با طرح کاملاً تصادفی و سه تکرار انجام شد. در این آزمایش تعداد خاک‌ها ۱۶، و تیمارهای پتاسیم شامل دو مقدار صفر و ۱۵۰ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم بود. گیاه مورد استفاده، ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴ بوده و از سطوحی پلاستیکی با گنجایش چهار کیلوگرم به عنوان گلدان استفاده گردید. پتاسیم به صورت پودر سولفات پتاسیم با خاک هر گلدان مخلوط شد. فسفر و روی به صورت کودهای سوپر فسفات تربیل و سولفات روی به ترتیب به مقادیر ۱۰۰ و ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک گلدان‌ها مخلوط گردید. ازت به صورت اوره، به مقدار ۱۵۰ میلی گرم در کیلوگرم، و در سه مرحله (زمان کاشت، سه و پنج هفته پس از کاشت) به صورت سرک به همه گلدان‌ها اضافه شد. آهن به صورت سکستین ۱۳۸، به مقدار پنج میلی گرم در کیلوگرم، ۱۲ روز پس از کاشت، به صورت محلول به خاک اضافه گردید.

در هر گلدان سه عدد بذر در عمق دو سانتی متری خاک کاشته شد، که پس از یک هفته، به یک گیاه در هر گلدان کاهش یافت. در مجموع ۹۶ گلدان مورد استفاده قرار گرفت. آبیاری با آب مقطر صورت گرفت و سعی شد تا رطوبت خاک‌ها در حدود ظرفیت مزرعه نگهداری شود. هشت هفته پس از کاشت، گیاهان از یک سانتی متری بالای سطح خاک قطع و با آب مقطر شسته شدند. سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون تهویه دار با دمای ۶۵

جدول ۱. مشخصات روش‌های عصاره‌گیری مورد استفاده

| شماره | نام عصاره گیر                       | غلظت       | پ - هاش | نسبت خاک/آب | مدت زمان تکان دادن <sup>۱</sup> | منبع مورد استفاده |
|-------|-------------------------------------|------------|---------|-------------|---------------------------------|-------------------|
| ۱     | استات آمونیوم - ۱                   | ۱ مولار    | ۷       | ۱۰/۱        | ۳۰ دقیقه                        | ۲۵ و ۱۵،۱         |
| ۲     | استات آمونیوم - ۲                   | ۱ مولار    | ۷       | ۲۰/۱        | ۱۰ دقیقه                        | " " "             |
| ۳     | استات آمونیوم - ۳                   | ۱ مولار    | ۷       | ۱۰/۱        | ۵ دقیقه                         | " " "             |
| ۴     | استات آمونیوم - ۴                   | ۱ مولار    | ۷       | ۲۰/۱        | ۲۴ ساعت                         | " " "             |
| ۵     | کلرید کلسیم - ۱                     | ۰/۰۱ مولار | -       | ۱۰/۱        | ۱ ساعت                          | ۲۴ و ۱۲،۱۱،۸      |
| ۶     | کلرید کلسیم - ۲                     | ۰/۰۱ مولار | -       | ۲۰/۱        | ۲ ساعت                          | " " " "           |
| ۷     | کلرید سدیم - ۱                      | ۱ مولار    | ۷       | ۱۰/۱        | ۱۵ دقیقه                        | ۱۸ و ۱۶           |
| ۸     | کلرید سدیم - ۲                      | ۲ مولار    | ۷       | ۲۰/۱        | ۱ ساعت                          | " "               |
| ۹     | استات سدیم                          | ۱ مولار    | ۷       | ۲۰/۱        | ۱۰ دقیقه                        | ۶، ۱۵             |
| ۱۰    | مهلخ ۲۱                             | -          | -       | ۴/۱         | ۵ دقیقه                         | ۱۴                |
| ۱۱    | مهلخ ۳۳                             | -          | ۲       | ۲۵/۳        | ۵ دقیقه                         | ۱۷ و ۱۴           |
| ۱۲    | بی‌کربنات آمونیوم-DTPA <sup>۴</sup> | -          | ۷/۶     | ۲/۱         | ۱۵ دقیقه                        | ۱۴                |
| ۱۳    | مورگان - ولف <sup>۵</sup>           | -          | ۴/۸     | ۴۰/۲۵       | ۵ دقیقه                         | ۱۴                |
| ۱۴    | اسید نیتریک                         | ۱ مولار    | -       | ۱۰/۱        | -                               | ۱۵                |

۱. عمل تکان دادن با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه انجام شد. در عصاره‌گیر ۱ عمل تکان دادن دو بار و هر بار با ۲۵ میلی لیتر عصاره‌گیر، و در عصاره‌گیرهای ۲ و ۹ عمل تکان دادن سه بار و هر بار با ۲۵ میلی لیتر عصاره‌گیر صورت گرفت. عصاره‌گیر ۴ مدت ۲۴ ساعت باقی ماند.

۲. شامل اسید کلریدریک ۰/۰۰۵ مولار و اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار

۳. شامل اسید استیک ۰/۲ مولار، نترات آمونیوم ۰/۲۵ مولار، فلورید آمونیوم ۰/۰۱۵ مولار، اسید نیتریک ۰/۰۱۳ مولار و EDTA ۰/۰۰۱ مولار

۴. شامل بی‌کربنات آمونیوم یک مولار و DTPA ۰/۰۰۵ مولار

۵. شامل استات سدیم ۰/۷۳ مولار، اسید استیک ۰/۵۲ مولار و DTPA ۰/۰۰۰۱ مولار

۶. مطابق روش استات آمونیوم-۲ است، و پ-هاش آن به وسیله اسیداستیک برابر ۷ تنظیم شد.

غلظت پتاسیم در گیاه × عملکرد گیاه = جذب پتاسیم

= جذب اضافی

جذب پتاسیم به وسیله گیاه شاهد - جذب پتاسیم به وسیله گیاه تیمار شده

عملکرد گیاه شاهد - عملکرد گیاه تیمار شده = پاسخ گیاه

$$\text{عملکرد نسبی} = \frac{\text{عملکرد گیاه شاهد}}{\text{عملکرد گیاه تیمار}} \times ۱۰۰$$

= افزایش غلظت

غلظت پتاسیم در گیاه شاهد - غلظت پتاسیم در گیاه تیمار شده

درجه سانتی‌گراد خشک، و عملکرد اندام هوایی گیاهان تعیین

گردید. مواد گیاهی خشک با آسیاب برقی به مدت دو دقیقه

آسیاب و از مش ۲۰ عبور داده شد. مقدار یک گرم از نمونه

گیاهی پودر شده به مدت دو ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتی

گراد در کوره الکتریکی سوزانده، و به وسیله ۱۰ میلی لیتر اسید

کلریدریک دو مولار عصاره‌گیری گردید. غلظت پتاسیم در

عصاره گیاه به وسیله دستگاه اسپکترومتری نشر اتمی

اندازه‌گیری شد. سپس شاخص‌های گیاهی جذب پتاسیم، جذب

اضافی، پاسخ گیاه، عملکرد نسبی و افزایش غلظت، مطابق

فرمول‌های ذیل محاسبه گردید:

هم‌بستگی بین مقادیر پتاسیم استخراجی به وسیله عصاره گیرها

ارتباط پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره گیرهای مختلف، با استفاده از هم‌بستگی ساده مورد مطالعه قرار گرفت. مقدار پتاسیم استخراجی به وسیله عصاره گیرها در جدول ۵ و ضریب‌های هم‌بستگی آنها در جدول ۶ ارائه شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، پتاسیم استخراجی به وسیله اسید نیتریک مولار جوشان هم‌بستگی معنی داری با پتاسیم عصاره گیری شده به وسیله کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، کلرید سدیم مولار، استات سدیم مولار، مهلیخ ۱ و مورگان-ولف نشان نمی‌دهد. غلظت زیاد یون هیدروژن در این عصاره گیر، باعث استخراج پتاسیم غیر تبادلی، احتمالاً تخریب ساختمان کانی‌های ورمی‌کولیت و ایلیت، و آزاد شدن پتاسیم ساختاری می‌شود. پتاسیم استخراجی به وسیله این عصاره گیر هم‌بستگی خوبی با پتاسیم عصاره گیری شده به وسیله روش‌های استات آمونیوم ( $r=0/8$ ) و بی‌کربنات آمونیوم-DTPA ( $r=0/79$ ) نشان داده است. بنابراین، این دو عصاره گیر نیز به احتمال زیاد قادرند بخشی از پتاسیم سخت قابل تبادل را استخراج کنند.

بر اساس مقادیر پتاسیم استخراجی از خاک به وسیله عصاره گیرها، می‌توان عصاره گیرهای مورد استفاده در این تحقیق را به سه گروه کلی تقسیم کرد. اول) عصاره گیرهای نسبتاً ضعیف شامل: کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، مهلیخ ۱ و مورگان-ولف. دوم) عصاره گیرهای نسبتاً قوی، شامل: استات آمونیوم مولار و خنثی، کلرید سدیم دو مولار، مهلیخ ۳، بی‌کربنات آمونیوم-DTPA، استات سدیم مولار و خنثی و کلرید سدیم مولار. قوی‌ترین و ضعیف‌ترین آنها در این گروه به ترتیب استات آمونیوم و کلرید سدیم مولار می‌باشد. سوم) عصاره گیرهای بسیار قوی که تنها شامل اسید نیتریک مولار جوشان است. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، عصاره گیرهای هر گروه هم‌بستگی بسیار خوبی با یکدیگر نشان می‌دهند.

در بخش محاسبات آماری، به منظور بررسی ارتباط عصاره گیرهای پتاسیم با یکدیگر و شناسایی عصاره گیرهای مشابه، ضرایب هم‌بستگی بین مقادیر پتاسیم استخراجی به وسیله روش‌های مختلف عصاره گیری بررسی و معنی دار بودن آنها تعیین شد. تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل انجام و معنی دار بودن اختلاف بین تیمارها از نظر عملکرد، جذب پتاسیم و غلظت پتاسیم، با استفاده از آزمون دانکن مشخص گردید. هم‌چنین، برای انتخاب عصاره گیر مناسب، رابطه بین شاخص‌های گیاهی و پتاسیم استخراجی به وسیله عصاره گیرها، با استفاده از هم‌بستگی ساده معین گردید.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود خاک‌ها عموماً دارای پ-هاش بین ۷ تا ۸، مواد آلی بین ۰/۷ تا ۲/۳ درصد، CEC متوسط و بافت متوسط تا سنگین هستند.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل (جدول ۳)، بین خاک‌ها اختلاف عملکرد معنی دار در سطح ۱٪ وجود دارد، و اثر متقابل خاک و پتاسیم در سطح ۵٪ معنی دار نشده است. به منظور تعیین معنی داری تأثیر مصرف پتاسیم بر عملکرد، جذب پتاسیم و غلظت پتاسیم، از آزمون دانکن استفاده شد، که نتایج آن همراه با نتایج شاخص‌های گیاهی تعیین شده، در جدول ۴ مشاهده می‌شود. تیمار پتاسیم باعث افزایش معنی دار عملکرد (در سطح ۱٪) تنها در دو سری خاک لنجان و فریدن شده، ولی جذب و غلظت پتاسیم را در تعدادی از خاک‌ها به طور معنی داری افزایش داده است. دلیل پایین بودن نسبی عملکرد گیاهان، احتمالاً محدودیت‌های موجود در کشت گلخانه‌ای (مانند عمق خاک، نور خورشید و...) می‌باشد. عدم افزایش عملکرد گیاهان در اثر تیمار پتاسیم در اکثر خاک‌ها، خود بیانگر محدود کننده نبودن پتاسیم برای رشد گیاه، و یا وجود عواملی محدود کننده‌تر از غلظت پتاسیم در خاک برای رشد گیاه می‌باشد.

جدول ۲. بعضی خصوصیات فیزیکی-شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

| شماره خاک | نام سری       | pH کل اشباع | EC (ds/m) | مواد آلی (درصد) | پتاسیم محلول <sup>۱</sup> (mg/L) | CEC (cmol(+/kg) | توزیع اندازه ذرات (درصد) |           |          | یافت <sup>۲</sup> |
|-----------|---------------|-------------|-----------|-----------------|----------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------|----------|-------------------|
|           |               |             |           |                 |                                  |                 | شن                       | سیلت      | رس       |                   |
| ۱         | مدیسه         | ۷/۳         | ۳/۹       | ۲/۳             | ۰/۱۵                             | ۱۷/۷            | ۲۶/۴                     | ۴۶/۳      | ۲۶/۴     | ۱                 |
| ۲         | لیجان         | ۷/۵         | ۲/۱       | ۲/۳             | ۰/۲۱                             | ۱۴/۷            | ۲۴/۶                     | ۳۴/۶      | ۴۰/۸     | ۱                 |
| ۳         | تالجرد        | ۷/۸         | ۳/۲       | ۱/۴             | ۰/۳                              | ۱۳/۴            | ۱۷/۵                     | ۷۰/۴      | ۱۲/۱     | sil               |
| ۴         | منوچهرآباد    | ۷/۶         | ۸/۸       | ۱/۵             | ۰/۴۷                             | ۱۳/۵            | ۲۸/۲                     | ۴۶/۹      | ۲۴/۹     | cl                |
| ۵         | خیمینی شهر    | ۷/۷         | ۱/۷       | ۰/۷             | ۰/۱۱                             | ۱۷/۷            | ۴۰/۴                     | ۴۳/۳      | ۱۶/۳     | sic               |
| ۶         | رنگیده        | ۷/۸         | ۲/۷       | ۱/۳             | ۰/۲۹                             | ۱۲/۱            | ۲۸/۰                     | ۳۹/۷      | ۳۲/۲     | cl                |
| ۷         | خاتون آباد    | ۷/۸         | ۲/۴       | ۲/۳             | ۰/۳                              | ۱۲/۳            | ۲۱/۳                     | ۴۵/۳      | ۲۳/۳     | ۱                 |
| ۸         | طالخرنجه      | ۷/۶         | ۳/۶       | ۰/۷             | ۰/۲۶                             | ۱۱/۹            | ۲۴/۴                     | ۴۹/۷      | ۲۵/۹     | ۱                 |
| ۹         | اصفهان        | ۷/۸         | ۱/۱       | ۲/۱             | ۰/۲۷                             | ۱۸/۰            | ۳۹/۶                     | ۳۵/۷      | ۲۴/۷     | cl                |
| ۱۰        | زاینده رود    | ۷/۶         | ۷/۱       | ۱/۰             | ۱/۴۹                             | ۹/۳             | ۱۳/۷                     | ۳۰/۱      | ۵۶/۷     | sl                |
| ۱۱        | مهباز         | ۷/۴         | ۷/۱       | ۰/۸             | ۰/۳۴                             | ۱۷/۷            | ۵۰/۸                     | ۴۲/۹      | ۶/۳      | sic               |
| ۱۲        | نکورآباد      | ۷/۸         | ۲/۹       | ۲/۲             | ۰/۴۳                             | ۱۷/۶            | ۳۹/۴                     | ۵۱/۴      | ۹/۳      | sicl              |
| ۱۳        | قمشه          | ۷/۶         | ۴/۷       | ۱/۵             | ۱/۱۲                             | ۱۱/۸            | ۲۶/۶                     | ۴۲/۷      | ۳۰/۷     | ۱                 |
| ۱۴        | آشجرد         | ۷/۸         | ۰/۹۱      | ۱/۷             | ۰/۰۹                             | ۲۳/۸            | ۳۹/۷                     | ۴۷/۹      | ۲۱/۱     | cl                |
| ۱۵        | دارگان        | ۷/۶         | ۳/۱۷      | ۱/۶             | ۰/۲۸                             | ۱۵/۸            | ۳۹/۴                     | ۴۷/۹      | ۱۲/۷     | sicl              |
| ۱۶        | فردین         | ۷/۹         | ۰/۶۲      | ۰/۹             | ۰/۰۸                             | ۲۲/۵            | ۴۲/۸                     | ۴۴/۲      | ۱۳/۰     | sic               |
| -         | دامنه تغییرات | ۷/۳-۷/۹     | ۰/۶۲-۸/۸  | ۰/۷-۲/۳         | ۰/۰۸-۱/۴۹                        | ۹/۳-۲۳/۸        | ۱۳/۷-۵۰/۸                | ۳۰/۱-۷۰/۴ | ۶/۳-۵۶/۷ | -                 |

۱. اندازه‌گیری شده در عصاره اشباع

۲. l=Loam or Loamy , s=Sandy , si=Silt or Silty , c= Clay

جدول ۳. تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل (صفت مورد مطالعه عملکرد گیاه)

| منابع تغییرات           | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | نسبت F             |
|-------------------------|------------|--------------|----------------|--------------------|
| فاکتور الف (خاک)        | ۱۵         | ۹۸۲/۶۶       | ۶۵/۵۱          | ۴۵/۲۴**            |
| فاکتور ب (تیمار پتاسیم) | ۱          | ۱۴/۲۶        | ۱۴/۲۶          | ۹/۸۵**             |
| اثر متقابل              | ۱۵         | ۳۷/۹۱        | ۲/۵۳           | ۱/۷۴ <sup>NS</sup> |
| خطا                     | ۶۴         | ۹۲/۶۷        | ۱/۴۵           |                    |
| کل                      | ۹۶         | ۱۱۲۷/۴۹      |                | CV= %۸/۳۴          |

<sup>NS</sup>: در سطح پنج درصد معنی دار نیست.

<sup>\*\*</sup>: در سطح یک درصد معنی دار است.

گیاه، عملکرد، عملکرد نسبی، پاسخ گیاه و جذب اضافی<sup>۱</sup> نیز بعضاً با مقدار عنصر موجود در عصاره خاک ارتباط داشته و ضرایب هم‌بستگی آنها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در این تحقیق نیز ارتباط پتاسیم استخراجی به وسیله عصاره گیرهای مختلف و شاخص‌های گیاهی ذکر شده، بررسی گردید. نتایج در جدول ۷ ارائه شده است. هم چنین، از آن جاکه نوع رس موجود در خاک تأثیر زیادی در ارزیابی وضعیت پتاسیم خاک‌ها دارد، مطالعات شناسایی کانی‌های سه سری خاک آشچرد، اصفهان و زاینده رود، که بر اساس موقعیت جغرافیایی و احتمال اختلاف در نوع کانی‌ها (با توجه به نظر متخصصان) انتخاب شده بودند، با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس انجام شد. کانی‌های شناسایی شده در بخش رس ریز و درشت خاک‌های مذکور در جدول ۸ ارائه شده است.

در دیفرکتوگرام‌های به دست آمده، پیک‌های ۷/۲ و ۱۰ آنگستروم در بخش رس ریز مشاهده می‌شود، و سطح زیر پیک ۱۰ آنگستروم بیشتر از سایر پیک‌ها است، که نشان‌دهنده غالب بودن کانی ایلیت است. مطالعات متعدد کانی‌شناسی در منطقه نیز صحت این امر را تأیید می‌کند. کانی‌های دیگری، از جمله کلریت، اسمکتیت، کائولینیت، کوارتز و پالی گورسکایت نیز در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. خاک‌های غنی از کانی ایلیت معمولاً غنی از پتاسیم غیر تبادلی هستند. قابلیت جذب این پتاسیم برای گیاه بستگی به سینتیک آزاد شدن پتاسیم از آن دارد.

گربیز و ارتلی (۸) در تحقیق خود نشان دادند که هم‌بستگی زیادی (۰/۸ تا ۰/۹۸) بین عصاره گیرهای استات آمونیوم EDTA، AB - DTPA، مهلیخ ۳، کلرید کلسیم و مورگان-ولف وجود داشته، و تنها ضرایب هم‌بستگی این عصاره گیرها با اسید نیتریک مولار جوشان (۰/۶ تا ۰/۸) نسبتاً کم بوده است. هم چنین، هانلون و جانسون (۱۰) گزارش دادند که عصاره گیرهای مهلیخ ۳، بی‌کربنات آمونیوم-DTPA و استات آمونیوم دارای هم‌بستگی قوی (۲ بین ۰/۸۰ تا ۰/۹۹) با یکدیگر هستند. ریچاردز و بتز (۲۲) رابطه خوبی بین پتاسیم استخراجی به وسیله کلرید سدیم دو مولار و استات آمونیوم مولار (۲=۰/۷۵) گزارش نمودند. بیگل و اوراوک (۲) نیز به هم‌بستگی زیادی (۲=۰/۹۶) بین استات آمونیوم مولار و خنثی و مهلیخ ۳ اشاره کرده‌اند.

هم‌بستگی پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره گیرها با شاخص‌های گیاهی و انتخاب عصاره گیر مناسب

ایجاد ارتباط یک عنصر غذایی که به وسیله یک محلول عصاره گیر از خاک استخراج می‌شود، با مقدار جذب آن عنصر به وسیله گیاه، یکی از مراحل اصلی آزمون خاک بوده و هم‌بستگی نامیده می‌شود. مربوط کردن غلظت عنصر غذایی اندازه‌گیری شده در عصاره خاک با مقدار جذب آن عنصر، از اهمیت زیادی برخوردار است. شاخص‌های دیگری مانند غلظت عنصر در

| جدول ۴. شاخص های گیاهی مورد استفاده |                     |         |                                  |                                    |         |                                |                    |                     |                      |            |
|-------------------------------------|---------------------|---------|----------------------------------|------------------------------------|---------|--------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|------------|
| شماره<br>خاک                        | جذب پتاسیم (mg/pot) |         | جذب پتاسیم در اندام هوایی (درصد) | غلظت پتاسیم در اندام هوایی (g/pot) |         | عملکرد خشک اندام هوایی (g/pot) | عملکرد نسبی (درصد) | افزایش<br>غلظت      | پاسخ گیاه<br>(g/pot) | شاخص       |
|                                     | تیمار               | شاخص    |                                  | تیمار                              | شاخص    |                                |                    |                     |                      |            |
| ۱                                   | ۱۸۹/۵۵              | ۳۳۷/۸۶  | ۱۴۳/۳۱ <sup>#</sup>              | ۱/۴۲                               | ۲/۴۹    | ۱۳/۳۶                          | ۱۳/۳۷              | ۰/۰۱ <sup>DS</sup>  | ۳/۰۴ <sup>##</sup>   | ۹۹/۹۰      |
| ۲                                   | ۳۰۳/۱۴              | ۵۸۵/۱۳  | ۲۸۲/۸۹ <sup>##</sup>             | ۱/۶۴                               | ۲/۷۳    | ۱۸/۴۳                          | ۲/۴۷               | ۳/۰۴ <sup>##</sup>  | ۳/۰۴ <sup>##</sup>   | ۸۵/۸۵      |
| ۳                                   | ۲۸۸/۶۴              | ۴۷۵/۶۹  | ۱۸۷/۵۰ <sup>#</sup>              | ۱/۸۷                               | ۲/۸۹    | ۱۵/۴                           | ۱۶/۴۶              | ۱/۰۵ <sup>DS</sup>  | ۱/۰۵ <sup>DS</sup>   | ۹۳/۶۰      |
| ۴                                   | ۲۹۸/۲۰              | ۲۶۰/۵۵  | ۱۲/۳۰ <sup>DS</sup>              | ۲/۴۶                               | ۲/۸۶    | ۱۰/۰۸                          | ۹/۱۱               | -۰/۹۶ <sup>DS</sup> | -۰/۹۶ <sup>DS</sup>  | ۱۱۰/۵۷     |
| ۵                                   | ۲۲۵/۳۰              | ۳۱۴/۶۸  | ۸۹/۲۳ <sup>DS</sup>              | ۱/۸۹                               | ۲/۴۷    | ۱۱/۹۱                          | ۱۲/۷۴              | ۰/۸۳ <sup>DS</sup>  | ۰/۸۳ <sup>DS</sup>   | ۹۳/۵۰      |
| ۶                                   | ۳۳۴/۰۲              | ۴۶۶/۵۲  | ۱۳۱/۹ <sup>#</sup>               | ۲/۳۳                               | ۲/۱۵    | ۱۴/۳۵                          | ۱۴/۸۱              | ۰/۴۶ <sup>DS</sup>  | ۰/۴۶ <sup>DS</sup>   | ۹۶/۹       |
| ۷                                   | ۳۶۵/۹۱              | ۴۹۲/۰۱  | ۱۲۱/۷۶ <sup>##</sup>             | ۲/۴۴                               | ۲/۴۶    | ۱۵/۱۹                          | ۱۴/۲۲              | -۰/۹۷ <sup>DS</sup> | -۰/۹۷ <sup>DS</sup>  | ۱۰۶/۸۱     |
| ۸                                   | ۴۱۷/۴۲              | ۴۶۲/۳۸  | ۴۵/۳۶ <sup>DS</sup>              | ۳/۱۹                               | ۳/۴۲    | ۱۳/۰۷                          | ۱۳/۵۲              | ۰/۴۴ <sup>DS</sup>  | ۰/۴۴ <sup>DS</sup>   | ۹۶/۷۳      |
| ۹                                   | ۳۶۵/۰۵              | ۴۶۲/۴۰  | ۹۴/۱ <sup>DS</sup>               | ۲/۴۸                               | ۲/۹۲    | ۱۴/۹۱                          | ۱۵/۸۷              | ۰/۹۶ <sup>DS</sup>  | ۰/۹۶ <sup>DS</sup>   | ۹۳/۹۶      |
| ۱۰                                  | ۳۳۹/۵۲              | ۳۴۹/۲۷  | ۹/۷۵ <sup>DS</sup>               | ۳/۲                                | ۳/۲۴    | ۱۰/۶۱                          | ۱۰/۷۸              | ۰/۱۷ <sup>DS</sup>  | ۰/۱۷ <sup>DS</sup>   | ۹۸/۴۲      |
| ۱۱                                  | ۲۷۴/۷۱              | ۲۶۳/۲۳  | ۸۶/۰۵ <sup>DS</sup>              | ۳/۱۱                               | ۳/۸۶    | ۸/۹                            | ۹/۴۱               | ۰/۵۱ <sup>DS</sup>  | ۰/۵۱ <sup>DS</sup>   | ۹۴/۶۰      |
| ۱۲                                  | ۳۸۳/۲۸              | ۵۶۳/۳۳  | ۱۷۹/۱۵ <sup>#</sup>              | ۲/۵۴                               | ۳/۴۱    | ۱۵/۰۸                          | ۱۶/۵۲              | ۱/۴۳ <sup>DS</sup>  | ۱/۴۳ <sup>DS</sup>   | ۹۱/۳۴      |
| ۱۳                                  | ۴۰۷/۰۲              | ۴۸۱/۲۷  | ۷۴/۰۷ <sup>DS</sup>              | ۳/۲۱                               | ۳/۴۹    | ۱۲/۶۷                          | ۱۳/۷۹              | ۱/۱۳ <sup>DS</sup>  | ۱/۱۳ <sup>DS</sup>   | ۹۱/۸۱      |
| ۱۴                                  | ۴۶۵/۷۸              | ۶۰۱/۸۲  | ۱۳۶/۷ <sup>#</sup>               | ۲/۴۱                               | ۲/۹۳    | ۱۹/۳۳                          | ۲۰/۵۴              | ۱/۲۱ <sup>DS</sup>  | ۱/۲۱ <sup>DS</sup>   | ۹۴/۱۳      |
| ۱۵                                  | ۳۴۰/۷۶              | ۳۵۵/۲۸  | ۱۴/۰۶ <sup>DS</sup>              | ۲/۶۱                               | ۲/۸۴    | ۱۳/۰۵                          | ۱۲/۵۱              | ۰/۵۴ <sup>DS</sup>  | ۰/۵۴ <sup>DS</sup>   | ۱۰۴/۰      |
| ۱۶                                  | ۵۰۵/۷۲              | ۶۶۴/۰۴  | ۱۵۸/۹۷ <sup>#</sup>              | ۲/۷۷                               | ۳/۰۷    | ۱۸/۲۷                          | ۲۱/۶۳              | ۳/۲۶ <sup>##</sup>  | ۳/۲۶ <sup>##</sup>   | ۸۴/۴۶      |
| دامنه                               | ۱۸۹-۵۰۵             | ۲۶۰-۶۶۴ | ۹/۸-۲۸۲/۹                        | ۱/۴-۳/۲                            | ۲/۵-۳/۹ | ۸/۹-۱۹/۳۳                      | ۹/۱-۲۱/۶           | -۰/۹۷-۳/۴           | -۰/۹۷-۳/۴            | ۸۴/۵-۱۱۰/۶ |
| میانگین                             | ۳۳۱/۵               | ۴۵۲/۰   | ۱۱۰/۴۲                           | ۲/۴۷                               | ۳/۰۸    | ۱۴/۸۰                          | ۱۴/۸۰              | ۰/۸۳                | ۰/۸۳                 | ۹۶/۰۴      |

DS: در سطح پیچ در صد معنی دار نیست. \* و ##: به ترتیب در سطح پیچ و یک درصد معنی دار است.



| جدول ۵. میانگین پتانسیم استخراج شده از خاک با روش های مختلف مصارف گیری (mg/kg) |         |         |         |         |        |        |         |        |        |        |        |        |        |          |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| شماره مصارف گیری                                                               | ۱       | ۲       | ۳       | ۴       | ۵      | ۶      | ۷       | ۸      | ۹      | ۱۰     | ۱۱     | ۱۲     | ۱۳     | ۱۴       |
| ۱                                                                              | ۱۱۱/۱   | ۱۰۰/۶   | ۱۵۶/۰   | ۱۱۴/۲   | ۳۹/۲   | ۲۷/۲   | ۹۹/۶    | ۸۲/۱   | ۵۶/۱   | ۲۶/۸   | ۹۷/۴   | ۷۵/۴   | ۲۲/۹   | ۶۳۶/۰    |
| ۲                                                                              | ۱۲۷/۱   | ۱۳۷/۸   | ۱۶۲/۶   | ۱۵۷     | ۵۷/۲   | ۳۹/۱   | ۱۱۶/۲   | ۱۲۳/۰  | ۸۶/۹   | ۴۱/۳   | ۱۲۴/۴  | ۱۰۹/۲  | ۶۵/۶   | ۱۱۵۰/۳   |
| ۳                                                                              | ۱۶۱/۰   | ۱۸۲/۹   | ۲۵۲/۴   | ۱۹۱/۵   | ۷۱/۶   | ۵۲/۳   | ۱۳۱/۷   | ۱۵۵/۰  | ۱۲۹/۵  | ۴۶/۴   | ۱۵۴/۳  | ۱۳۵/۸  | ۸۲/۷   | ۱۰۰/۴    |
| ۴                                                                              | ۱۸۷/۵   | ۲۱۷/۱   | ۲۴۵/۱   | ۳۸۰/۱   | ۷۰/۸   | ۵۰/۳   | ۱۳۰/۸   | ۱۵۴/۳  | ۱۱۵/۸  | ۴۲/۰   | ۱۷۶/۹  | ۱۵۹/۱  | ۶۵/۹   | ۱۰۸۷/۳   |
| ۵                                                                              | ۱۹۱/۰   | ۲۱۸/۰   | ۲۵۷/۴   | ۲۲۹/۱   | ۵۰/۰   | ۴۱/۵   | ۱۳۶/۱   | ۱۳۶/۳  | ۱۱۰/۹  | ۲۸/۳   | ۱۹۳/۱  | ۱۵۰/۶  | ۶۷/۲   | ۶۳۴/۸    |
| ۶                                                                              | ۱۹۷/۲   | ۲۱۲/۵   | ۲۸۹/۹   | ۲۲۹/۴   | ۸۶/۳   | ۶۳/۵   | ۱۴۹/۳   | ۱۸۳/۷  | ۱۷۴/۵  | ۵۹/۵   | ۱۸۶/۵  | ۱۶۵/۵  | ۹۸/۰   | ۱۴۸۷/۳   |
| ۷                                                                              | ۱۸۸/۵   | ۲۳۳/۱   | ۲۸۱/۷   | ۲۶۳/۲   | ۷۹/۸   | ۷۰/۸   | ۱۵۴/۸   | ۲۱۱/۸  | ۲۰۱/۰  | ۶۲/۴   | ۲۰۳/۴  | ۱۶۹/۸  | ۱۱۵/۸  | ۱۲۱۶/۳   |
| ۸                                                                              | ۲۶۶/۶   | ۲۳۸/۱   | ۲۸۶/۷   | ۲۶۶/۷   | ۹۴/۶   | ۶۹/۹   | ۱۶۳/۵   | ۲۱۸/۳  | ۲۰۰/۰  | ۵۱/۴   | ۲۱۲/۹  | ۱۷۰/۰  | ۱۱۶/۶  | ۱۱۴۴/۲   |
| ۹                                                                              | ۲۵۵/۸   | ۲۷۷/۱   | ۳۰۴/۴   | ۳۰۰/۲   | ۱۰۹/۳  | ۷۳/۱   | ۱۶۰/۲   | ۲۲۸/۷  | ۲۰۴/۲  | ۷۰/۲   | ۲۶۶/۴  | ۱۹۹/۲  | ۱۳۳/۳  | ۱۸۲۷/۲   |
| ۱۰                                                                             | ۲۵۳/۴   | ۳۱۱/۵   | ۳۵۴/۳   | ۳۱۲/۵   | ۱۸۴/۰  | ۱۴۲/۱  | ۲۸۰/۱   | ۲۷۷/۲  | ۲۵۵/۹  | ۱۲۳/۳  | ۱۹۴/۵  | ۲۳۱/۶  | ۲۴۶/۶  | ۲۱۶۶/۹   |
| ۱۱                                                                             | ۲۷۸/۱   | ۳۳۰/۸   | ۳۶۰/۰   | ۳۲۱/۵   | ۸۱/۸   | ۵۳/۰   | ۱۵۱/۲   | ۲۱۸/۸  | ۱۶۹/۶  | ۴۹/۴   | ۱۸۹/۰۵ | ۲۲۲/۱  | ۶۶/۸   | ۲۲۳۳/۵   |
| ۱۲                                                                             | ۲۶۷/۱   | ۳۱۲/۲   | ۳۵۱/۴   | ۳۳۷/۸   | ۱۲۹/۰  | ۸۶/۰   | ۲۴۴/۰   | ۲۷۳/۶  | ۲۱۶/۵  | ۷۸/۰   | ۲۶۸/۰۴ | ۲۲۴/۸  | ۱۳۲/۴  | ۱۵۶۸/۹   |
| ۱۳                                                                             | ۳۴۶/۴   | ۳۷۱/۴   | ۴۰۴/۱   | ۳۵۴/۰   | ۱۸۰/۸  | ۷۳/۵   | ۱۳۹/۲   | ۳۲۷/۲  | ۲۷۰/۱  | ۱۲۶/۷  | ۲۲۷/۳  | ۲۷۱/۸  | ۱۹۶/۴  | ۱۶۳۹/۹   |
| ۱۴                                                                             | ۳۰۳/۷   | ۳۴۹/۸   | ۳۸۰/۴   | ۳۷۶/۳   | ۷۳/۵   | ۴۵/۹   | ۱۵۷/۸   | ۲۲۹/۷  | ۲۲۹/۳  | ۴۱/۹   | ۲۲۴    | ۲۳۷/۸  | ۸۵/۹   | ۲۹۹۳/۸   |
| ۱۵                                                                             | ۲۷۷/۴   | ۳۱۳/۷   | ۳۵۰/۳   | ۳۴۲/۷   | ۱۰۲/۷  | ۷۱/۱   | ۱۵۸/۹   | ۲۴۱/۶  | ۹۲/۹   | ۶۵/۶   | ۱۹۳/۰۶ | ۲۳۳/۵  | ۱۰۱/۱  | ۱۹۰۵/۰   |
| ۱۶                                                                             | ۳۹۳/۶   | ۴۰۹/۱   | ۴۴۵/۷   | ۴۳۷/۲   | ۸۹/۱   | ۶۰/۴   | ۱۷۰/۱   | ۲۸۶/۶  | ۹۶/۴   | ۵۵/۱   | ۲۴۷/۹  | ۲۸۱/۱  | ۱۱۹/۴  | ۲۶۳۲/۱   |
| طیف                                                                            | ۱۱۱-۳۹۴ | ۱۰۱-۴۰۹ | ۱۵۶-۴۴۶ | ۱۱۴-۴۳۷ | ۳۹-۱۸۴ | ۲۷-۱۴۲ | ۱۰۰-۲۹۰ | ۸۲-۳۲۷ | ۵۶-۲۷۰ | ۳۷-۱۲۷ | ۹۷-۲۶۸ | ۷۵-۲۸۱ | ۲۳-۲۴۷ | ۶۳۴-۲۹۹۴ |
| میانگین                                                                        | ۳۳۶/۶   | ۲۶۴/۲   | ۳۰۵/۱   | ۲۷۹/۴   | ۹۳/۷   | ۶۷/۸   | ۱۶۸/۳   | ۲۰۷/۰  | ۱۷۳/۰  | ۶۱/۲   | ۱۹۷/۵  | ۱۸۹/۸  | ۱۰۷/۹  | ۱۶۶۴/۰   |

۱. نام و مشخصات مصارفه ها در جدول ۱ ذکر شده است.

جدول ۶. همبستگی پاتسم استخراج شده به وسیله همواره گیرها

| نام همواره گیر   | استات ۲            | استات ۳            | استات ۴            | کلرید کلسیم ۱      | کلرید کلسیم ۲      | کلرید سدیم ۱       | کلرید سدیم ۲       | استات سدیم         | مهلخ ۱             | مهلخ ۳             | مورگان - اسیدنیتریک |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| استات آمونیم - ۱ | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۵۷ <sup>##</sup> | ۰/۴۹ <sup>##</sup> | ۰/۶۰ <sup>##</sup> | ۰/۷۴ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۴۷ <sup>NS</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup>  |
| استات آمونیم - ۲ | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۱ <sup>##</sup> | ۰/۵۳ <sup>##</sup> | ۰/۶۴ <sup>##</sup> | ۰/۹۱ <sup>##</sup> | ۰/۹۹ <sup>##</sup> | ۰/۵۱ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۶ <sup>##</sup>  |
| استات آمونیم - ۳ | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۲ <sup>##</sup> | ۰/۵۵ <sup>##</sup> | ۰/۶۵ <sup>##</sup> | ۰/۹۲ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup>  |
| استات آمونیم - ۴ | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۵۴ <sup>##</sup> | ۰/۴۷ <sup>NS</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup> | ۰/۸۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۴۳ <sup>NS</sup> | ۰/۸۲ <sup>##</sup> | ۰/۸۳ <sup>##</sup>  |
| کلرید کلسیم - ۱  | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۱ <sup>##</sup> | ۰/۵۳ <sup>##</sup> | ۰/۶۴ <sup>##</sup> | ۰/۹۱ <sup>##</sup> | ۰/۹۹ <sup>##</sup> | ۰/۵۱ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۶ <sup>##</sup>  |
| کلرید کلسیم - ۲  | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۲ <sup>##</sup> | ۰/۵۵ <sup>##</sup> | ۰/۶۵ <sup>##</sup> | ۰/۹۲ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup>  |
| کلرید سدیم - ۱   | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۱ <sup>##</sup> | ۰/۵۳ <sup>##</sup> | ۰/۶۴ <sup>##</sup> | ۰/۹۱ <sup>##</sup> | ۰/۹۹ <sup>##</sup> | ۰/۵۱ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۶ <sup>##</sup>  |
| کلرید سدیم - ۲   | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۲ <sup>##</sup> | ۰/۵۵ <sup>##</sup> | ۰/۶۵ <sup>##</sup> | ۰/۹۲ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup>  |
| کلرید سدیم - ۳   | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۲ <sup>##</sup> | ۰/۵۵ <sup>##</sup> | ۰/۶۵ <sup>##</sup> | ۰/۹۲ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup>  |
| کلرید سدیم - ۴   | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۲ <sup>##</sup> | ۰/۵۵ <sup>##</sup> | ۰/۶۵ <sup>##</sup> | ۰/۹۲ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup>  |
| استات سدیم       | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۱ <sup>##</sup> | ۰/۵۳ <sup>##</sup> | ۰/۶۴ <sup>##</sup> | ۰/۹۱ <sup>##</sup> | ۰/۹۹ <sup>##</sup> | ۰/۵۱ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۶ <sup>##</sup>  |
| مهلخ ۱           | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۱ <sup>##</sup> | ۰/۵۳ <sup>##</sup> | ۰/۶۴ <sup>##</sup> | ۰/۹۱ <sup>##</sup> | ۰/۹۹ <sup>##</sup> | ۰/۵۱ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۶ <sup>##</sup>  |
| مهلخ ۳           | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۲ <sup>##</sup> | ۰/۵۵ <sup>##</sup> | ۰/۶۵ <sup>##</sup> | ۰/۹۲ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup>  |
| مورگان - ولف     | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۹۷ <sup>##</sup> | ۰/۶۲ <sup>##</sup> | ۰/۵۵ <sup>##</sup> | ۰/۶۵ <sup>##</sup> | ۰/۹۲ <sup>##</sup> | ۰/۹۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۲ <sup>##</sup> | ۰/۷۸ <sup>##</sup> | ۰/۵۸ <sup>##</sup>  |

#: معنی دار در سطح پنج درصد  
##: معنی دار در سطح یک درصد  
NS: غیر معنی دار

جدول ۷. همبستگی پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره گیرها و شاخص های گیاهی

| شاخص های گیاهی     | عصاره گیرها | مملکت خشک | مملکت رطوبتی | پاسخ گیاه | جذب پتاسیم | جذب اضافی | غلظت پتاسیم |
|--------------------|-------------|-----------|--------------|-----------|------------|-----------|-------------|
|                    |             |           |              |           |            |           |             |
| ۱ - استات آمونیم   | ۰/۱۰ NS     | ۰/۳۳ NS   | ۰/۲۹ NS      | ۰/۷۹**    | ۰/۲۸ NS    | ۰/۷۵**    | غلظت پتاسیم |
| ۲ - استات آمونیم   | ۰/۰۵ NS     | ۰/۲۷ NS   | ۰/۲۱ NS      | ۰/۷۵**    | ۰/۳۰ NS    | ۰/۷۶**    |             |
| ۳ - استات آمونیم   | ۰/۰۵ NS     | ۰/۲۴ NS   | ۰/۱۶ NS      | ۰/۷۶**    | ۰/۳۲ NS    | ۰/۷۷**    |             |
| ۴ - استات آمونیم   | ۰/۱۳ NS     | ۰/۲۳ NS   | ۰/۲۰ NS      | ۰/۸۰**    | ۰/۳۰ NS    | ۰/۷۳**    |             |
| کلرید کلسیم        | ۰/۲۱ NS     | ۰/۰۸ NS   | ۰/۱۰ NS      | ۰/۲۷ NS   | ۰/۴۲ NS    | ۰/۷۳**    |             |
| کلرید کلسیم        | ۰/۲۴ NS     | ۰/۰۱ NS   | ۰/۱۸ NS      | ۰/۴۳ NS   | ۰/۴۷ NS    | ۰/۷۳**    |             |
| کلرید سدیم مولار   | ۰/۱۶ NS     | ۰/۱۶ NS   | ۰/۰۳ NS      | ۰/۴۹*     | ۰/۳۵ NS    | ۰/۷۰**    |             |
| کلرید سدیم ۲ مولار | ۰/۰۳ NS     | ۰/۰۹ NS   | ۰/۰۶ NS      | ۰/۷۲**    | ۰/۳۸ NS    | ۰/۸۲**    |             |
| استات سدیم مولار   | ۰/۰۴ NS     | ۰/۰۷ NS   | ۰/۰۸ NS      | ۰/۷۲**    | ۰/۴۲ NS    | ۰/۸۵**    |             |
| AB - DTPA          | ۰/۰۴ NS     | ۰/۲۳ NS   | ۰/۱۷ NS      | ۰/۷۵**    | ۰/۳۵ NS    | ۰/۷۸**    |             |
| مهلخ ۱             | ۰/۱۹ NS     | ۰/۰۴ NS   | ۰/۱۴ NS      | ۰/۳۹ NS   | ۰/۳۸ NS    | ۰/۶۴**    |             |
| مهلخ ۳             | ۰/۱۳ NS     | ۰/۲۳ NS   | ۰/۱۷ NS      | ۰/۷۲**    | ۰/۲۲ NS    | ۰/۶۲**    |             |
| مورگان - ولف       | ۰/۰۹ NS     | ۰/۰۱ NS   | ۰/۰۹ NS      | ۰/۵۳*     | ۰/۴۲ NS    | ۰/۶۹**    |             |
| اسید نیتریک        | ۰/۲۰ NS     | ۰/۳۴ NS   | ۰/۲۸ NS      | ۰/۶۰**    | ۰/۱۶ NS    | ۰/۴۹*     |             |

NS: غیر معنی دار در سطح پنج درصد

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح پنج و یک درصد

جدول ۸. کانی‌های شناسایی شده در بخش رس ریز و رس درشت

| شماره | نام        | کانی‌های شناسایی شده <sup>۱</sup> |
|-------|------------|-----------------------------------|
| خاک   | سری        | رس درشت                           |
| ۱۵    | آشچرد      | I, Ch, Q, K                       |
| ۱۰    | اصفهان     | Q, K, I, Ch                       |
| ۱۱    | زاینده رود | I, Ch, Q, K                       |
|       |            | رس ریز                            |
|       |            | I, Sm, Vm, Ch, Q, K               |
|       |            | I, Pa, Ch, Sm, Vm, Q, K           |
|       |            | I, Pa, Ch, Sm, Q, K               |

۱. I = ایلیت، Ch = کلریت، Sm = اسمکتیت، Vm = ورمی کلریت، K = کائولینیت، Q = کوآرتز، Pa = پالی گورسکایت

عصاره‌گیرهای کلرید سدیم دو مولار و استات سدیم مولار و خنثی، بر اساس زیاد بودن ضرایب هم‌بستگی با دو شاخص گیاهی جذب پتاسیم (I به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۷۲) و غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه (I به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۸۵)، و هم‌چنین سادگی و اقتصادی بودن، در بین عصاره‌گیرهای مورد استفاده به عنوان مناسب‌ترین عصاره‌گیرها تشخیص داده شدند. عصاره‌گیرهای استات آمونیوم-۱ و بی‌کربنات آمونیوم-DTPA نیز عصاره‌گیرهای مناسبی برای ارزیابی پتاسیم قابل استفاده گیاه بودند، ولی به دلیل هم‌بستگی ضعیف‌تر، گرانی و کمیابی مواد، در اولویت نمی‌باشند. در بین چهار روش استات آمونیوم، روش استات آمونیوم-۱ با در نظر گرفتن سه عامل سرعت، اقتصادی بودن و بالا بودن ضرایب هم‌بستگی، مناسب‌ترین روش است. چون دوره رشد گیاه در این پژوهش کوتاه بوده (حدود ۲ ماه)، گیاه ترجیحاً از شکل‌های پتاسیمی که با انرژی کمتری به مکان‌های جذب متصل بوده‌اند، استفاده کرده، و شاید به همین دلیل کلرید سدیم دو مولار و استات سدیم مولار رابطه بهتری با جذب پتاسیم و غلظت پتاسیم در اندام هوایی نشان داده‌اند. از طرف دیگر، احتمال می‌رود که سرعت رهاسازی پتاسیم از کانی ایلیت، که به مقادیر فراوان در این خاک‌ها وجود دارد، زیاد بوده و به مرور زمان پتاسیم تبادلی مصرف شده را جای‌گزین نماید. ریچاردز و بتز (۲۲) در خاک‌های اونتاریوی جنوبی در کانادا (که از نظر کانی‌های رسی موجود در خاک مشابه خاک‌های مورد مطالعه ما بوده است) کلرید سدیم دو مولار را به عنوان عصاره‌گیر

مناسب معرفی کرده‌اند.

بین عملکرد خشک اندام هوایی، عملکرد نسبی، پاسخ گیاه (افزایش عملکرد) و جذب اضافی پتاسیم، با غلظت پتاسیم استخراج شده به وسیله عصاره‌گیرهای مورد مطالعه، رابطه معنی داری مشاهده نشد. چون پتاسیم استخراجی به وسیله عصاره‌گیرها ارتباط معنی داری با عملکرد یا عملکرد نسبی ذرت نشان نداد، و افزایش عملکرد ذرت در اثر کاربرد پتاسیم در ۱۴ سری از ۱۶ سری خاک معنی دار نشد، می‌توان گفت که مقدار پتاسیم قابل استفاده در این خاک‌ها، عامل محدود کننده‌ای برای رشد ذرت نبوده، و تغییرات عملکرد در این خاک‌ها تحت تأثیر دیگر عوامل خاکی یا محیطی بوده است. دلیل اصلی این امر احتمالاً کافی بودن پتاسیم تبادلی و محلول برای رفع نیاز پتاسیمی گیاه در این مدت (دو ماه)، و ظرفیت بافری زیاد پتاسیم، به علت وجود مقادیر فراوان کانی ایلیت در این خاک‌ها، یا تأثیرگذاری سایر عوامل محدودکننده رشد می‌باشد. رهم و همکاران (۲۱) در تحقیق خود علت عدم افزایش عملکرد ذرت در اثر کود پتاسه را منابع پتاسیم خاک زیر سطحی و تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه از طریق پتاسیم رها شده از کانی‌های خاک دانسته‌اند. پارکر و همکاران (۲۰) نیز علت این که محصول ذرت در خاک‌های شنی دشت‌های ساحلی اقیانوس اطلس (با وجود CEC و غلظت پتاسیم تبادلی کم) با کاربرد کود پتاسه افزایش نمی‌یابد را به عواملی همچون برداشت نسبتاً کم پتاسیم از خاک به وسیله ذرت دانه‌ای (غلظت پتاسیم در دانه ذرت کم است)، ظرفیت بافری زیاد پتاسیم به علت وجود فرم‌های تبادلی و

ساختاری پتاسیم در خاک، و مقادیر قابل توجه پتاسیم زیر سطحی، که به نظر می رسد برای گیاه قابل استفاده است، ربط داده اند.

در خاک های مورد مطالعه، تعیین حد بحرانی پتاسیم برای عصاره گیرهای پیشنهادی با استفاده از عملکرد یا عملکرد نسبی گیاه (به دلیل عدم رابطه بین این شاخص ها و پتاسیم عصاره گیری شده) امکان پذیر نشد.

### نتیجه گیری

۱. با توجه به ضرایب هم بستگی بین جذب پتاسیم و غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه با پتاسیم استخراجی به وسیله عصاره گیرها، و نیز در نظر گرفتن عوامل سادگی، سرعت و اقتصادی بودن، دو عصاره گیر کلرید سدیم دو مولار و استات سدیم دو مولار و خنثی به عنوان عصاره گیرهای مناسب برای استخراج پتاسیم قابل استفاده ذرت در خاک های منطقه مرکزی استان اصفهان معرفی می شوند.

۲. به دلیل عدم افزایش عملکرد در اثر تیمار پتاسیم، و عدم رابطه بین پتاسیم عصاره گیری شده و عملکرد یا عملکرد نسبی گیاهان، پتاسیم قابل استفاده در خاک های مورد مطالعه عامل محدود کننده ای برای رشد ذرت نبوده، که ممکن است دلیل آن یکی از موارد ذیل باشد:

الف) مقدار پتاسیم قابل استفاده این خاک ها اعم از محلول، تبادلی و غیر تبادلی در این دوره زمانی، برای رفع نیازهای

### منابع مورد استفاده

۱. علی اخیایی، م. و ع. بهبهانی زاده. ۱۳۷۲. شرح روش های تجزیه شیمیایی خاک. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه شماره ۸۹۳.
2. Beegle, D. B. and T. C. Oravec. 1990. Comparison of filed calibration for Mehlich 3 P and K with Bray-Kurtz P1 and ammonium acetate K for Corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21(13-16): 1025-1036.
3. Brown, J. R., T. E. Bates and M. L. Vitosh. 1987. Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration and Interpretation. SSSA. Special pub. No. 21, Madison, WI.
4. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. PP. 891-901. In: C. A. Black et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Agron. Monogr. 9, ASA. Madison, WI.
5. Corey, R. B. 1987. Soil testing procedures: Correlation. PP. 15-22. In: J. R. Brown et al. (Eds.), Soil

- Testing: Sampling, Correlation, Calibration, and Interpretation. SSSA. Madison, WI.
6. Csatho, P. 1998. Correlations between two soil extractants and corn leaf potassium contents from Hungarian field trials. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29(11-14): 2149-2160.
  7. Culity, B. D. 1978. *Element of X-Ray Diffraction*. 2nd ed. Addison Wesley Publishing Co. Inc.,
  8. Grzebisz, W. and J. J. Oertli. 1993. Evaluation of universal extractants for determining plant available potassium in intensively cultivated soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24(11-12): 1295-1308.
  9. Haby, V. A., M. P. Russelle and E. O. Skogley. 1990. Testing soil for potassium, calcium and magnesium. PP. 181-227. *In: R. L. Westerman (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed., SSSA, Madison, WI.
  10. Hanlon, E. A. and G. V. Johnson. 1984. Bray/Kurtz, Mehlich III, AB/D ammonium acetate extractions of P, K and Mg in four Oklahoma soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(3): 277-294.
  11. Houba, V. J. G., I. Novozamsky, A. W. M. Huybregts and J. J. Vander Lee. 1986. Comparison of soil extractions by 0.01 M  $\text{CaCl}_2$ , by EUF, and by some conventional extraction procedures. *Plant Soil* 96: 466-437.
  12. Houba, V. J. G., I. Novozamsky, T. M. Lexmond and J. J. Vander Lee. 1990. Applicability of 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21(19-20): 2281-2290.
  13. Johnson, A. E. and K. W. Goudling. 1990. The use of plant and soil analysis to predict the potassium supplying capacity of soil. PP. 153-180. *In: Development of K-Fertilizer Recommendation*. 22nd Colloquium of IPI. IPI.
  14. Jones, J. B. 1990. Universal soil extractants: Their composition and use. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 21(13-16): 1091-1101.
  15. Knudsen, D., G. A. Peterson and P. E. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. PP. 225-246. *In: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2., Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.*
  16. Liu, L. and T. E. Bates. 1990. Evaluation of soil extractants for the prediction of plant available potassium in Ontario soils. *Can. J. Soil Sci.* 70: 607-615.
  17. McKeague, J. 1978. *Manual on Soil Sampling and Methods of Analysis*. Can. Soc. Soil Sci. Ottawa, Ont.
  18. Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 15(12): 1409-1416.
  19. Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. PP. 574-577. *In: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2., Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.*
  20. Parker, D. R., G. J. Hendricks and D. L. Sparks. 1989. Potassium in Atlantic coastal plain soils. II. Crop response and changes in soil potassium under intensive management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 397-401.
  21. Rehm, G. W., R. C. Sorensen and R. A. Wiese. 1984. Soil test values for phosphorus, potassium, and zinc as affected by rate applied to corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 814-818.
  22. Richards, J. E. and T. E. Bates. 1989. Studies on the potassium-supplying capacities of southern Ontario soils. III. Measurement of available K. *Can. J. Soil Sci.* 69: 597-610.
  23. Salomon, E. 1998. Extraction of soil potassium with 0.01 M calcium chloride compared to official Swedish methods. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29(19-20): 2841-2854.
  24. Simonis, A. D. and H. B. Setatou. 1996. Assessment of available phosphorus and potassium in soils by the calcium chloride extractions method. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27(3-4): 685-694

25. Thomas, G. W. 1982. Exchangeable cations. PP. 159-165. *In*: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2., Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
26. Van Diest, A., H. Horakova and V. J. G. Houba. 1993. Towards unity and clarity in European soil testing. Potash Rev. Subj. 4. No. 1.
27. Wentworth, S. A. and N. Rossi. 1972. Release of potassium from layer silicates by plant growth and by NaTpB extraction. Soil Sci. 113: 410-416.