

مقایسه چند عصاره‌گیر برای استخراج پتاسیم قابل جذب برنج در برخی از خاک‌های استان کهگیلویه و بویر احمد

فاطمه بارونی^۱، حمیدرضا اولیایی*^۲، ابراهیم ادهمی^۳ و مهدی نجفی قیری^۴

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۱۵)

چکیده

پتاسیم و نیتروژن دو عنصر غذایی بوده که بیشترین نقش را در افزایش کمی و کیفی برنج ایفا می‌نماید. این عنصر نیز همانند نیتروژن به مقدار زیادی، توسط گیاه برنج جذب می‌شود. ارزیابی وضعیت عناصر غذایی در خاک از نقطه نظر تغذیه‌ای، زیست‌محیطی و اقتصادی حائز اهمیت است. این تحقیق با هدف مقایسه ۱۱ عصاره‌گیر مختلف به منظور تعیین عصاره‌گیرهای مناسب جهت برآورد پتاسیم قابل جذب برنج در ۱۱ نمونه خاک انتخابی (از مجموع ۴۰ خاک) استان کهگیلویه و بویر احمد انجام شد. بذره‌های برنج در سه تکرار در گلدان‌های یک و نیم کیلوگرمی به مدت ۱۰ هفته کشت و سپس برداشت شدند. میزان پتاسیم گیاه برنج به کمک اسیدکلریک ۱ نرمال عصاره‌گیری شد. پتاسیم قابل جذب خاک به وسیله عصاره‌گیرهای استات آمونیوم ۱ مولار، کلرید سدیم ۱ و ۲ مولار، اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار، کلرید باریم ۰/۱ مولار، کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، مورگان-ولف، AB-DTPA، استات سدیم ۱ نرمال، استات منیزیم ۱ مولار و اسیدکلریدریک ۲ مولار اندازه‌گیری شد. بررسی نتایج ضرایب همبستگی عصاره‌گیرهای مختلف با میزان جذب پتاسیم توسط اندام هوایی گیاه برنج حاکی از آن بود که بیشترین همبستگی با جذب گیاهی مربوط به عصاره‌گیر استات سدیم و استات آمونیوم بوده (I به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۷۳) و پس از آن‌ها عصاره‌گیرهای مورگان و سدیم کلرید ۲ مولار قرار دارند. کمترین مقدار همبستگی مربوط به عصاره‌گیر کلرید کلسیم بوده است. بنابراین عصاره‌گیرهای استات سدیم و استات آمونیوم به ترتیب با توجه به سادگی و اقتصادی بودن، سرعت عصاره‌گیری و بالا بودن ضریب همبستگی با جذب توسط برنج جهت تعیین پتاسیم قابل دسترس در خاک‌های مورد نظر توصیه می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: برنج، خاک، پتاسیم قابل استفاده، عصاره‌گیر

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشگاه یاسوج

۲ و ۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج (مکاتبه کننده)

۴- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب

* پست الکترونیک: owliaie@yu.ac.ir

مقدمه

برنج از مهم‌ترین غلات و اقلام غذایی جهان است. نیمی از جمعیت جهان، به برنج به عنوان یک غذای اصلی وابسته هستند. برنج ماده غذایی بسیار مهمی در امنیت غذایی ایران و جهان است، به طوری که سهم آن در تأمین کالری روزانه مردم جهان بیشتر از ۲۰ درصد است. افزایش تولید برنج در سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ باعث استفاده بیشتر از کودهای نیتروژنی شد، اما در مقابل افزایش متناظر استفاده از کودهای پتاسیمی مشاهده نشد، در نتیجه این افزایش در تولید برنج باعث ایجاد توازنی منفی در مقدار پتاسیم در خاک‌ها شده است (Dobermann *et al.*, 1998). منشأ اصلی پتاسیم در خاک‌ها، هوادیدگی کانی‌های حاوی پتاسیم می‌باشد. این نوع پتاسیم معمولاً به عنوان ذخیره پتاسیم خاک محسوب می‌شود. کانی‌های پتاسیم‌دار خاک به طوری عمده شامل میکا و فلدسپارها می‌باشند (Malakouti & Homae, 2005).

میزان متوسط پتاسیم در خاک‌های مختلف حدود ۱٪ است که تقریباً ۶ برابر متوسط میزان ازت و ۱۴ برابر میزان فسفر است (Sparks, 2000). نقش این عنصر در برنج شامل افزایش سطح برگ، افزایش میزان کلروفیل، تأخیر در ریزش برگ‌ها، افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی بویژه سرما، افزایش مقاومت گیاه در برابر بیماری‌ها از جمله آکاگاره، افزایش استحکام ساقه و کاهش ورس می‌باشد (Amiri & Soleymani, 2006). در مناطق خشک و نیمه خشک (شرایط کشور ما) خاک‌ها غنی از پتاسیم هستند؛ ولی در اثر کشت و برداشت محصول در طول سالیان متمادی، پتاسیم خاک رو به تخلیه رفته و در بیشتر مناطق کشور کود پتاسیمی مورد نیاز است (Malakouti & Homae, 2005).

چهار شکل مختلف پتاسیم به ترتیب میزان آنها در خاک به صورت محلول > تبدلی > غیرتبدلی > ساختمانی می‌باشند (Sparks, 2000). اهمیت نسبی هر یک از این چهار شکل به ترکیب کانی‌های حاوی پتاسیم خاک بستگی دارد. پتاسیم در خاک به هر شکلی که باشد برای این که بتواند مورد استفاده گیاه قرار گیرد باید به شکل محلول در آید که اهمیت پتاسیم محلول را در تغذیه گیاه می‌رساند (Hosseinpour *et al.*, 2000). پتاسیم بین لایه‌های کانی‌های

میکا، ایلیت و فلدسپات‌ها منبع اصلی آزادسازی پتاسیم در طول دوره کشت هستند (Mengel, 1980). نقش پتاسیم غیرتبدلی خاک در تأمین پتاسیم مورد نیاز گیاه به عوامل مختلفی مانند نوع، میزان پتاسیم در کانی و فراوانی کانی‌های پتاسیم‌دار و اندازه ذرات آنها، مقدار پتاسیم قابل استفاده خاک، غلظت پتاسیم در آب آبیاری، میزان پتاسیم آزاد شده از بقایای گیاهی، ماده آلی و غیره بستگی دارد (Jalali, 2005). با تعیین میزان پتاسیم قابل استفاده گیاه در خاک، به راحتی می‌توان درباره وضعیت پتاسیم خاک، مصرف یا عدم مصرف کود در مزارع نتیجه‌گیری نمود (Barrow & Shaw, 1992). در خاک‌های تحت کشت، علاوه بر مقدار و نوع کانی رسی، میزان نیاز گیاه و جذب پتاسیم از محلول خاک نیز بر آزادسازی پتاسیم تأثیر دارد (Steffens & Sparks, 1997). بسیاری از زمین‌های قابل کشت در دنیا که شامل ۷۵ درصد شالیزارهای کشور چین و ۷۰ درصد زمین‌های زیر کشت گندم در استرالیا می‌شود، دارای محدودیت پتاسیم قابل استفاده هستند (Mengel & Uhlenbecker, 1993; Mengel & Kirkby, 2001). برای تعیین پتاسیم، عصاره‌گیرهای مختلفی استفاده می‌شود. از آنجایی که ترکیب کانی‌های هر خاک، نوع گیاه و شرایط اقلیمی در میزان پتاسیم قابل استفاده گیاه، تأثیرگذار می‌باشند، به همین علت بررسی و تعیین عصاره‌گیر مناسب در هر منطقه و با توجه به نوع گیاه لازم به نظر می‌رسد (Haby *et al.*, 1990). باید توجه داشت هدف اولیه هر عصاره‌گیر شیمیایی، ارزیابی مقدار قابل استفاده یک عنصر برای گیاه است (Carey & Metherell, 2003). به طور کلی جهت معرفی عصاره‌گیر در خاک باید به دو معیار توجه داشت: ۱- عصاره‌گیر باید عنصر قابل استفاده گیاه را عصاره‌گیری کند و ۲- روش عصاره‌گیری باید سریع، تکرار پذیر و اقتصادی باشد (Corey & Brown, 1987).

کانی‌های رسی دارای موقعیت‌های مختلفی برای نگهداری پتاسیم می‌باشند و شامل سطح، لبه‌ها و لایه‌های داخلی هستند که رها سازی پتاسیم از هر کدام از این موقعیت‌ها با توجه به نوع عصاره‌گیر متفاوت می‌باشد. تا کنون عصاره‌گیرهای مختلفی جهت بررسی سرعت و روند رها سازی پتاسیم از خاک‌ها، اجزای خاک و کانی‌های رسی توسط

کمبرود پتاسیم شوند (Tributh *et al.*, 1987). دلیل اینکه یک عصاره‌گیر در یک خاک موفق و در خاک دیگر ناموفق می‌باشد، احتمالاً نقش متفاوت شکل‌های پتاسیم خاک (با توجه به نوع و مقدار کانی‌های موجود در خاک) در تامین نیازهای گیاهی می‌باشد (Sharifi & Kalbasi, 2001).

استان کهگیلویه و بویراحمد دارای بالاترین منابع آب جاری در کشور پس از استان‌های شمالی است. بخش‌های گرمسیری و نیمه گرمسیری آن از دیرباز تحت کشت برنج قرار گرفته‌اند. توصیه کودی برای این گیاه بر اساس روش عصاره‌گیری با استات آمونیم استوار است. با توجه به تنوع اقلیمی و خاکی در این استان و عدم انجام پژوهشی پیرامون مقایسه عصاره‌گیرهای مختلف جهت عصاره‌گیری پتاسیم قابل استفاده برنج در این منطقه، این تحقیق با هدف تعیین عصاره‌گیر مناسب در گیاه برنج، برای تعیین پتاسیم قابل استفاده در خاک‌های این استان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

بر اساس مطالعات قبلی خاک‌شناسی صورت گرفته در استان کهگیلویه و بویراحمد، ۴۰ نمونه خاک انتخاب و از عمق ۳۰ سانتی‌متری آنها نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از خشک شدن، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. بر اساس آزمایش‌های اولیه فیزیکو شیمیایی و میزان پتاسیم تبادل‌پذیر اندازه‌گیری شده با روش استات آمونیم، ۱۱ نمونه خاک که دارای تنوع بیشتری از نظر این ویژگی‌ها بودند، جهت کشت برنج و استخراج پتاسیم توسط عصاره‌گیرهای مختلف انتخاب شدند. میزان یک و نیم کیلوگرم از هر نمونه خاک را در ۳ تکرار در گلدان‌های پلاستیکی بدون زهکشی ریخته شد. خاک‌ها توسط آب مقطر به مدت ۳ روز اشباع و سپس ۵-۶ دانه بذر برنج که قبلاً ضدعفونی شده و در مرحله جوانه زنی بودند، در عمق ۳-۲ سانتی‌متری خاک گلدان قرار داده شدند و به مدت ۱۰ هفته گلدان‌ها به وسیله آب مقطر آبیاری و در حالت اشباع (ارتفاع آب ۵-۲ سانتی‌متری روی سطح خاک) و کنترل دمای مناسب (۲۰ تا ۲۴ درجه سانتیگراد) نگهداری شدند. مقدار مورد نیاز کود اوره و سوپر فسفات به گلدان‌ها اضافه شد. پس از ۱۰ هفته، بوته‌ها از ۱ سانتی‌متری بالای طوقه بریده و با آب مقطر شسته شد و به مدت ۴۸ ساعت در

محققان مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Mengel & Uhlbencker, 1993). از میان این عصاره‌گیرها می‌توان به اسیدهای معدنی، اسیدهای آلی، رزین تبادل کاتیونی، جریان الکتروسیته، تترا فنیل بران سدیم و نمک‌های معدنی اشاره نمود (Dhillon, Lopez-Pinerio & Garcia Navarro, 1997; Jalali, 2005). نتایج تحقیقات در نقاط مختلف دنیا برای تعیین عصاره‌گیر مناسب برای پتاسیم بسیار متفاوت بوده است و همچنین طی تحقیقات متعددی اعلام شده است که تعیین برترین عصاره‌گیر پتاسیم در خاک‌های ایران محدود می‌باشد (Amiri *et al.*, 1996; Kavooosi & Kalbasi, 1998; Sharifi & Kalbasi, 2001; Jalali, 2001). روش استات آمونیم ۱ مولار خنثی نسبت به همه روش‌ها متداول‌تر می‌باشد. در این روش مجموع پتاسیم محلول، تبادل و بخشی از غیر تبادل‌پذیر استخراج می‌شود که رابطه خوبی بین جذب توسط این مقدار پتاسیم و جذب توسط گیاه توسط برخی از محققین بدست آمده است (Kumari & Aiver, 1993). پژوهشگران مختلف بسته به محل تحقیق، عصاره‌گیرهای مختلفی را برای استخراج پتاسیم قابل استفاده گیاه پیشنهاد کرده‌اند. در آزمایش‌هایی که در تایوان انجام شد، روش‌های مهلیج و استات آمونیم خنثی برای بعضی از خاک‌های شالیزاری همبستگی خوبی نشان داد، در فیلیپین، پتاسیم غیرتبادل‌پذیر شاخص بهتری برای توصیه کودی در این شالیزارها بوده است (Chen *et al.*, 1987).

تامهن (Tamhane, 1992)، اسید استیک، استات سدیم، استات آمونیم را برای تعیین پتاسیم قابل جذب برای برنج در آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای استفاده کرد و مشاهده نمود که پتاسیم عصاره‌گیری شده با این روش‌ها و پاسخ گیاه برنج از همبستگی خوبی برخوردار نیست. در آزمایش دیگری در هندوستان با ۱۱ عصاره‌گیر در برنج، استات آمونیم بالاترین همبستگی را با عملکرد نسبی نشان داد (Nath & Purkaystha, 1988). اگرچه خاک‌های آهکی دارای کانی‌های غنی از پتاسیم هستند که قادرند مقادیر قابل توجهی پتاسیم برای گیاه مهیا کنند، این خاک‌ها می‌توانند در نتیجه افزایش هوازدگی و آبشویی یا استخراج پتاسیم در سیستم‌های کشاورزی فشرده تبدیل به خاک‌های با

والکلی-بلیک (Richards & Bates, 1989) و گچ به روش استون (Richards, 1954) تعیین گردید. این آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و به صورت فاکتوریل در ۳ تکرار انجام و از نرم افزار SAS به منظور تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. عصاره گیرهای مورد استفاده برای استخراج پتاسیم از خاک و مشخصات روش های مورد استفاده در جدول (۱) می باشند.

دمای ۶۵ درجه سیلسیوس آون خشک شدند. نمونه های گیاهی آسیاب شده و میزان پتاسیم آنها به روش (Rowell, 1999) به کمک اسیدکلریک ۱ نرمال عصاره گیری شد و غلظت پتاسیم نمونه ها به وسیله ی روش شعله سنجی اندازه گیری شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک ها از جمله: بافت به روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962)، آهک به روش تیترا با اسید (Rowell, 1999)، اسیدیت و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۱:۵، ماده آلی به روش اصلاح شده

جدول ۱- مشخصات عصاره گیرهای استفاده شده، نسبت و زمان به تعادل رسیدن

Table1- Specification Extractant used, the ratio and the time of equilibrium

| مرجع Reference | زمان به تعادل رسیدن Equilibration time | نسبت خاک به عصاره گیر Soil-solution ratio | غلظت. Concentration. (M) | عصاره گیر Extractant |
|---------------------------------|---|--|-----------------------------|--------------------------------|
| Knudsen <i>et al.</i> (1982) | 10 min | 1:10 | 1 | NaOAc |
| Mutscher (1995) | 10 min | 1:20 | 1 | MgOAc |
| Liu & bates (1990) | 15 min | 1:10 | 1 | NaCl |
| Lancaster (1990) | 15 min | 1:10 | 2 | HCl |
| Liu & bates (1990) | 15 min | 1:10 | 2 | NaCl |
| Grzebisz & Oertli (1993) | 60 min | 1:10 | 0.01 | CaCl ₂ |
| Jones (1990) | 10 min | 1:10 | - | DTPA ¹ |
| Jones (1990) | 10 min | 1:10 | - | Morgan ² |
| Grzebisz & Oertli (1993) | 30 min | 1:10 | 0.1 | BaCl ₂ |
| Knudsen <i>et al.</i> (1982) | 5 min | 1:10 | 0.025 | H ₂ SO ₄ |
| Knudsen <i>et al.</i> (1982) | 15 min | 1:10 | 1 | NH ₄ OAc |

^۱بی کربنات آمونیوم یک مولار و DTPA ۰/۰۰۰۵ مولار؛ ^۲ استات سدیم ۰/۷۳ مولار و اسید استیک ۰/۰۲ مولار.

^۱ Bicarbonate ammonium 1M and DTPA 0.0005M; ^۲ NaOAc 0.73M and Acetic acid 0.02M.

نتایج و بحث

سنگین (مقدار رس در دامنه ی ۱۲/۶ تا ۴۲/۶ و با میانگین ۳۲ درصد) و اغلب در کلاس های بافتی رس سیلتی و لومرسی قرار دارند. مقدار کربنات کلسیم معادل در دامنه ی ۵/۹ تا ۶۹/۷ درصد با میانگین ۴۱ بوده است. حدود تغییرات pH خاک بین ۷/۳۵-۷/۸۷ و میانگین آن ۷/۶۲ می باشد. کانی های موجود در خاک های مورد مطالعه بر اساس مطالعات قبلی اولیایی (Owliaie, 2005) به ترتیب فراوانی نسبی شامل کلریت، اسمکتیت، ایلیت، پالیکورسکیت، کوارتز و کائولینیت می باشند. بیشترین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی

جدول ۲ مشخصات عمومی خاک های مورد استفاده را نشان می دهد. خاک ها مربوط به سه راسته انتی سول، آلفی سول و ایندسپتی سول بودند. خاک های مورد مطالعه از مواد مادری آهکی که اکثراً آب رفتی هستند نشات گرفته اند. در بعضی مناطق نیز به دلیل وجود سازندهای گچی، مواد مادری دارای مقادیری گچ می باشند (نمونه های ۲۸ و ۲۹). ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. بافت خاک ها عموماً متوسط تا

آلی شامل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، مخزن عناصر غذایی برای گیاهان، تشکیل کلات عناصر غذایی که سبب می‌شود بسیاری از عناصر معدنی از حالت غیر قابل دسترسی برای گیاهان، به فرم قابل دسترسی تبدیل شوند (Ebrahimi *et al.*, 2005).

در خاک‌های ۱۵ و ۴۰ بوده است که دارای مقادیر بالاتری از رس بوده، ضمن آنکه رس غالب این خاک‌ها اسمکتیت بوده است. تنها خاک‌های ۲۸ و ۲۹ دارای مقادیری گچ (۳/۸ و ۶/۹ درصد) با رس غالب پالیگورسکیت بوده که مرتبط با مواد مادری آنها بوده است (جدول ۲). حدود تغییرات کربن آلی ۲/۹۶-۰/۳۹ درصد است، اثر شیمیایی و تغذیه‌ای ماده

جدول ۲- اطلاعات عمومی خاک‌های مورد مطالعه

Table 2- General Information of the studied soils

| رده‌بندی Classification (Taxonomy, 2014) | ارتفاع Elevation (m) | عرض جغرافیایی Latitude (m) | طول جغرافیایی Longitude (m) | سری خاک Soil series | Soil no. |
|--|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|----------|
| Typic Calcixerepts | 1800 | 3398740 | 551226 | Madvan | 1 |
| Typic Xerorthents | 1786 | 3398666 | 550313 | Chardare | 2 |
| Typic Xerorthents | 1762 | 3401557 | 546745 | Kookhdan | 4 |
| Lithic Haplaquents | 1635 | 3406144 | 541144 | Talgah | 5 |
| Typic Xerorthents | 1700 | 3406263 | 540352 | Beshar | 8 |
| Calcic Haploxeralfs | 1821 | 3385293 | 554320 | Sarabtave | 15 |
| Calcic Haploxeralfs | 1815 | 3387913 | 556623 | Servak | 16 |
| Typic Calcicustepts | 673 | 3353820 | 493396 | Emamzade | 28 |
| Gypsic Calcicustepts | 746 | 3363762 | 470634 | Abkal | 29 |
| Typic Haploxerepts | 2055 | 3366691 | 573821 | Tangesorkh | 32 |
| Typic Haploxeralfs | 2302 | 3389878 | 576607 | Soorghah | 40 |

جدول ۳- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه

Table 3- Some physical and chemical properties of the studied soils

| گچ Gypsum | قابلیت هدایت الکتریکی EC | ظرفیت تبادل کاتیونی CEC | کربنات کلسیم معادل CCE | کربن آلی OC | اسیدیته pH | رس clay | سیلت silt | شن sand | Soil no. |
|--------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
| % | dS m ⁻¹ | cm kg ⁻¹ | ----- % ----- | ----- % ----- | ----- % ----- | ----- % ----- | ----- % ----- | ----- % ----- | |
| - | 1.08 | 20.8 | 38.2 | 2.96 | 7.71 | 32.6 | 33.4 | 34.0 | 1 |
| - | 0.84 | 27.3 | 16.6 | 0.98 | 7.8 | 30.6 | 32.0 | 37.4 | 2 |
| - | 1.02 | 28.3 | 33.5 | 2.17 | 7.62 | 28.6 | 30.0 | 41.4 | 4 |
| - | 2.58 | 11.9 | 65.7 | 2.46 | 7.35 | 26.6 | 44.0 | 29.4 | 5 |
| - | 2.07 | 26.3 | 49.8 | 0.59 | 7.46 | 36.6 | 18.0 | 45.4 | 8 |
| - | 1.02 | 46.2 | 45.9 | 1.58 | 7.69 | 42.6 | 27.0 | 30.4 | 15 |
| - | 1.08 | 34.5 | 45.9 | 2.17 | 7.64 | 34.6 | 32.0 | 33.4 | 16 |
| 3.8 | 3.66 | 37.4 | 42.8 | 0.39 | 7.57 | 36.6 | 27.4 | 36.0 | 28 |
| 6.9 | 2.82 | 10.8 | 35.1 | 1.67 | 7.46 | 12.6 | 50.0 | 37.4 | 29 |
| - | 1.14 | 27.3 | 36.6 | 1.08 | 7.63 | 37.2 | 24.0 | 38.8 | 32 |
| - | 0.9 | 43.7 | 6.6 | 1.38 | 7.87 | 36.6 | 36.0 | 27.4 | 40 |
| 0.98 | 1.6 | 29.6 | 41 | 1.5 | 7.62 | 32.6 | 32.4 | 35.0 | Average |

همبستگی بین مقادیر پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرها با غلظت پتاسیم در گیاه

جدول ۴ مقادیر پتاسیم عصاره‌گیری شده از خاک‌ها توسط عصاره‌گیرهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بیشترین میزان پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط استات آمونیوم ۱ نرمال به میزان ۲۴۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سپس استات سدیم ۱ مولار به میزان ۱۹۲/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار آن اسیدکلریدریک ۲ مولار، به میزان ۱۶/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سپس کلرید سدیم ۱ مولار، به میزان ۶۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. میانگین بالای پتاسیم عصاره‌گیر شده توسط استات آمونیوم را می‌توان به مشابه بودن بار، اندازه و انرژی هیدراتاسیون یون آمونیوم با یون پتاسیم نسبت داد، لذا در فرایندهای تبدیلی یون آمونیوم به راحتی می‌تواند یون پتاسیم را از مکان‌های تبدیلی خارج کند. حسین پور و زارعیانیا (Hosseinpur & Zarenia, 2012) عصاره‌گیرهای متداول در استخراج پتاسیم را به ۳ دسته، الف) عصاره‌گیرهای اسیدی، شامل عصاره‌گیرهایی که پتاسیم توسط یون هیدروژن جانشین می‌شود از جمله اسیدهای سولفوریک، نیتریک و کلریدریک، ب) عصاره‌گیرهایی که پتاسیم توسط یک یون غیر مشابه از جمله سدیم، کلسیم و باریم جانشین می‌شود از جمله در کلرید باریم، کلرید سدیم، کلرید کلسیم و استات سدیم و ج) عصاره‌گیرهایی که پتاسیم توسط یونی مشابه جانشین شود از جمله استات آمونیوم و AB-DTPA. بر اساس نظر نامبردگان به طور کلی میزان جانشینی پتاسیم در یک خاک مشخص، به میزان زیادی به شعاع یون جانشین شونده، مدت زمان تعادل، غلظت عصاره‌گیر، ظرفیت یون و آنیون همراه بستگی دارد. به عقیده لویز و گارسیا (Lopez & Garcia, 1997) میزان کم پتاسیم استخراج شده توسط کلرید سدیم در خاک‌های مطالعه شده در جنوب اسپانیا توسط وی به این دلیل است که سدیم تنها می‌تواند پتاسیمی که در سطح خارجی کانی‌های جذب شده خارج کند و به علت شعاع هیدراته بالا قادر به خارج کردن پتاسیم موجود در مناطق لبه‌ای نمی‌باشد. اثر آنیون همراه نیز از مواردی است که نیاز به مطالعه بیشتر دارد از جمله اینکه چرا میزان استخراج پتاسیم توسط استات سدیم و کلرید سدیم تفاوت زیادی دارند. حسین پور و متقیان

(Hosseinpur & Motaghian, 2013) در مقایسه ۱۱ عصاره-گیر جهت استخراج پتاسیم در برخی خاک‌های استان چهارمحال، بیشترین مقادیر پتاسیم استخراج شده را به ترتیب توسط اسید نیتریک، کلرید باریم، استات آمونیوم، کلرید سدیم، نترات منیزیم، AB-DTPA، کلرید کلسیم و مهلیج ۱ گزارش نمودند.

در بین عصاره‌گیرها، بیشترین همبستگی پتاسیم استخراج شده از خاک با جذب گیاهی به ترتیب مربوط به عصاره‌گیر استات سدیم ۱ مولار و استات آمونیوم ۱ نرمال بوده (ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۷۳) و پس از آن مورگان و کلرید سدیم ۲ مولار می‌باشد. عصاره‌گیرهای استات منیزیم ۱ مولار و کلرید سدیم ۱ مولار تقریباً در یک دامنه می‌باشند (جدول ۴). کمترین مقدار r مربوط به عصاره‌گیر کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، اسید کلریدریک ۲ مولار و AB-DTPA بوده‌است (ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۳۶، ۰/۴۰ و ۰/۴۳). پایین بودن ضریب همبستگی برای این عصاره‌گیرها نشان‌دهنده عدم همخوانی آن بخش از پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط این ترکیبات در پیش‌بینی جذب پتاسیم توسط گیاه برنج می‌باشد. میزان بالای پتاسیم استخراج شده توسط یک عصاره‌گیر لزوماً به معنای داشتن همبستگی خوب با جذب گیاهی نیست. در این مطالعه نیز استات آمونیوم میزان پتاسیم استخراج بیشتری از پتاسیم نسبت به استات سدیم داشته است (۲۴۸/۶ در برابر ۱۹۲/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) اما همبستگی استات سدیم با پتاسیم جذب شده توسط گیاه برنج بالاتر بوده است. به چنین ارتباطی برای عصاره‌گیرهای کلرید باریم (پتاسیم استخراجی و همبستگی به ترتیب ۱۸۳ و ۰/۵۳) و کلرید سدیم (پتاسیم استخراجی و همبستگی به ترتیب ۸۸/۶ و ۰/۶۱) نیز اشاره نمود. به طور کلی میزان جذب یک عنصر توسط ریشه گیاه به عواملی چون غلظت آن عنصر در محلول خاک و کانی‌های خاک، نسبت میزان عناصر و برهمکنش آنها برای جذب و انتقال در گیاه، pH، عمق و گستردگی ریشه، نقش ریزموجودات، حجم محلول خاک جذب شده، میزان تهویه خاک و مکانیسم جذب عنصر (فعال یا غیرفعال) بستگی دارد (Ehlik & Kirchner, 2002).

محلول خاک و ایجاد رسوب و کاهش غلظت پتاسیم در محلول خاک به افزایش شیب غلظت و آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی کمک می‌نماید. البته مقایسه دو عصاره‌گیر باید در نظر گرفتن غلظت موثر کاتیون جانشین شونده، نسبت خاک به عصاره‌گیر و زمان به تعادل رسیدن باشد (جدول ۴).

در عصاره‌گیرهایی مانند استات سدیم و کلرید سدیم که دارای کاتیون مشترک می‌باشند، آنیون همراه در آزادسازی پتاسیم و به طور کلی شیمی محلول خاک دارای اهمیت می‌باشد. از جمله رقابت بین آنیون‌های استات و کلر در واکنش با پتاسیم آزاد شده و سایر کاتیون‌های موجود در

جدول ۴- مقدار پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مورد مطالعه در خاک‌های کشت شده (mg kg^{-1}) و مقدار پتاسیم جذب شده در برنج (%)
Table 4- K values extracted by the extractants in cultivated soils (mg kg^{-1}) and the amount of K uptake in rice (%)

| Rice K (%) | NH ₄ OAc | H ₂ SO ₄ | BaCl ₂ | Morgan | AB-DTPA | CaCl ₂ | NaCl (2M) | HCl | NaCl (1M) | MgOAc | NaOAc | Extractant |
|------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|--------|---------|-------------------|-----------|------|-----------|-------|-------|------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | Soil no. |
| 1.81 | 198.9 | 59.2 | 161.7 | 102 | 78.7 | 97.1 | 79.6 | 8.8 | 62.4 | 83.5 | 180.2 | 1 |
| 3.61 | 298.7 | 92.3 | 195.2 | 148.6 | 93.7 | 135.5 | 101.1 | 20.2 | 64.1 | 130.6 | 235.6 | 2 |
| 2.35 | 205.3 | 52.3 | 169.2 | 105.3 | 56.9 | 98.9 | 68.5 | 8.4 | 59 | 64 | 174.8 | 4 |
| 2.10 | 248.4 | 71.7 | 169.2 | 127.4 | 83.6 | 136.2 | 76.4 | 19.2 | 76.4 | 95.5 | 152.9 | 5 |
| 2.93 | 244.9 | 100.3 | 240.7 | 125.6 | 85.5 | 149.4 | 124.6 | 22.9 | 78.7 | 86.4 | 193.9 | 8 |
| 2.45 | 265.3 | 366.3 | 192.5 | 136.1 | 81.7 | 92.3 | 82.7 | 9.5 | 62.4 | 92.4 | 191.1 | 15 |
| 3.13 | 334.5 | 79.6 | 197.9 | 120.5 | 63.7 | 131.9 | 85.9 | 11.8 | 60.7 | 86.4 | 199.5 | 16 |
| 3.09 | 234.9 | 76.4 | 158 | 161.5 | 144.2 | 179.8 | 90 | 38 | 84.5 | 81.4 | 219.7 | 28 |
| 2.17 | 241.6 | 91 | 129 | 123.9 | 69 | 152.8 | 76.4 | 19.7 | 40.3 | 74.9 | 180.2 | 29 |
| 2.26 | 224.8 | 74.8 | 182 | 115.3 | 79.9 | 116.5 | 89.1 | 12.8 | 52.4 | 83.5 | 191.1 | 32 |
| 2.93 | 265.3 | 74.8 | 226 | 136.1 | 74.4 | 92.3 | 100.3 | 10.5 | 100.3 | 104.9 | 199.5 | 40 |
| 2.62 | 248.6 | 77.2 | 183.8 | 127.5 | 76.5 | 125.7 | 88.6 | 16.5 | 62.4 | 89.4 | 192.6 | Average |
| | 0.73 | 0.54 | 0.53 | 0.69 | 0.43 | 0.36 | 0.61 | 0.40 | 0.58 | 0.59 | 0.85 | Correlation with plant K (r) |

برای عصاره‌گیرهای قوی مانند سدیم تترافنیل بران و اسید نیتریک جو شان که بخشی از پتاسیم غیرتبادلی را به همراه پتاسیم محلول و تبادلی نیز استخراج می‌کنند، بسیار ضعیف است که بیانگر ناکارآمد بودن میزان پتاسیم غیر تبادلی خاک در پیش‌بینی پتاسیم گیاه و عملکرد برنج می‌باشد.

کاووسی و کلباسی (Kavoosi & Kalbasi, 1998)، در مطالعه خود در گیاه برنج در استان گیلان اظهار داشتند که همبستگی استات منیزیم با روش‌هایی که پتاسیم به سهولت قابل استفاده (روش مهلیج ۱ و آب) و یا بخشی از پتاسیم غیرتبادلی (اسیدنیتریک جوشان، سدیم تترافنیل بران سدیم و اسیدکلریدریک) را استخراج می‌کنند، بسیار ضعیف‌تر از روش‌هایی است که عمدتاً پتاسیم تبادلی را خارج می‌کنند، اما همبستگی روش‌هایی که پتاسیم تبادلی را استخراج می‌کنند با روش استات منیزیم یکسان نیست. روش‌هایی مثل استات آمونیوم و مهلیج ۳، که در آن‌ها غلظت آمونیوم زیاد است، نسبت به روش‌هایی که فاقد آمونیوم یا دارای

کاووسی و کلباسی (Kavoosi & Kalbasi, 1998) بالاترین همبستگی را بین غلظت پتاسیم در گیاه برنج را به ترتیب با عصاره‌گیرهای استات منیزیم، اسید سولفوریک، مورگان و کلرید کلسیم در خاک‌های استان گیلان گزارش نمودند. در آزمایشی که در آسام هندوستان با استفاده از ۱۱ عصاره‌گیر انجام گرفت، پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم بیشترین همبستگی را با عملکرد نسبی برنج نشان داد. پتاسیم عصاره‌گیری شده با کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار، استات آمونیوم یک مولار خنثی، کلرید کلسیم ۰/۰۲۵ مولار و اسیدکلریدریک ۰/۵ نرمال با عملکرد دانه، وزن خشک گیاه و پتاسیم جذب شده توسط برنج همبستگی معنی‌داری داشت (Nath & Purkaystha, 1988). شریفی و کلباسی (Sharifi & Kalbasi, 2001)، در مطالعات خود در گیاه برنج بیان می‌کنند که همبستگی عصاره‌گیرهای اسیدسولفوریک، استات منیزیم، استات آمونیوم و مورگان با عملکرد دانه برنج قوی‌تر از سایر روش‌های عصاره‌گیری می‌باشد. این همبستگی

نزدیک‌تری داشته و در یک گروه قرار می‌گیرند بالاتر می‌باشند.

گزرزبیز و ارتلی (Grzebisz & Oertli, 1993) در پژوهشی نشان دادند که همبستگی زیادی در دامنه ۰/۸ تا ۰/۹۸ بین عصاره‌گیرهای استات آمونیم، AB-DTPA، EDTA، مهلیخ ۳، کلرید کلسیم و مورگان-ولف وجود داشته، و تنها ضرایب همبستگی این عصاره‌گیرها با اسید نیتریک مولار جوشان کم بوده است. هانلون و جانسون (Hanlon & Johnson, 1984) همچنین گزارش نمودند که عصاره‌گیرهای مهلیخ ۳، AB-DTPA و استات آمونیم دارای همبستگی قوی (۰/۸ تا ۰/۹۹) با یکدیگر هستند. ریچاردز و بیتز (Richards & Bates, 1988) رابطه خوبی بین پتاسیم استخراجی به وسیله کلرید سدیم دو مولار و استات آمونیم مولار (۰/۷۵) گزارش نمودند. بیگل و اوراوک (Beegle & Oravec, 1990) نیز همبستگی بالایی (۰/۹۶) بین استات آمونیم مولار خنثی و مهلیخ ۳ اشاره کرده‌اند.

شکری واحد و همکاران (Shokri Vahed *et al.*, 1997) در مطالعه آزمایشگاهی و صحرایی عصاره‌گیرهای برنج در استان گیلان بیان نمودند که عصاره‌گیرهایی مانند کلرید کلسیم، آب و اسید کلریدریک که به طور عمده با پتاسیم محلول در ارتباط می‌باشند، نمی‌توانند رابطه قابل قبولی با عملکرد نسبی و میزان جذب پتاسیم توسط گیاه برقرار سازند. در مقابل عصاره‌گیرهایی چون استات آمونیم، مهلیخ ۳ و تگزاس که قادر به اندازه‌گیری پتاسیم تبدلی و بخشی از پتاسیم غیرتبدلی هستند می‌توانند عصاره‌گیر مناسبی در پیش‌بینی عملکرد و جذب پتاسیم توسط گیاه برنج معرفی شوند. رس غالب در خاک‌های مورد مطالعه به ترتیب شامل کلریت، اسمکتیت و ایلیت بوده‌است (Owliaie, 2005). در خاک‌هایی که مقادیر زیادی کانی‌های میکایی وجود دارد، به علت وجود مکان‌های اختصاصی جذب پتاسیم، مقدار زیادی از پتاسیم با انرژی بالا در این مواضع نگهداری می‌شود و هنگام عصاره‌گیری با استات آمونیم، بخشی از آن استخراج می‌شود. این موضوع احتمالاً یکی از دلایل همبستگی ضعیف بین پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیم و پاسخ گیاه به کود پتاسیم در خاکهای غنی از میکا است (Simard & Zizka, 1994).

غلظت کمی از آمونیم هستند، همبستگی کمتری با روش استات منیزیم دارند. در پژوهشی که به منظور مقایسه عصاره‌گیرهای پتاسیم در گیاه گندم توسط صادقی (Sadeghi, 2014) در ۱۳ نمونه از خاک‌های استان کهگیلویه و بویراحمد انجام گرفت، عصاره‌گیرهای استات آمونیم، استات سدیم و اسید سولفوریک ۰/۰۲۵ مولار بیشترین و عصاره‌گیرهای AB-DTPA و اسید کلریدریک ۲ مولار، کمترین همبستگی را با جذب گیاهی نشان دادند.

البته نتایج ضرائب همبستگی عصاره‌گیرهای مختلف با هم به تنهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی جهت پیش‌بینی و یا انتخاب یک عصاره‌گیر باشد و فقط می‌تواند به عنوان معیاری که ارتباط روش‌ها را با هم در قابلیت عصاره‌گیری پتاسیم بیان می‌دارد مطرح شود. ژی (Xie, 1989) عامل مهم در تعیین یک عصاره‌گیر برای استخراج مورد نظر را ارتباط و همبستگی آن روش با برخی از فاکتورهای گیاهی از جمله عملکرد و جذب عنصر مورد نظر در بافت گیاهی عنوان نمود. بر اساس مقادیر پتاسیم استخراجی از خاک به وسیله عصاره‌گیرها، می‌توان عصاره‌گیرهای مورد استفاده در این تحقیق را به دو دسته تقسیم کرد: اول عصاره‌گیرهای نسبتاً ضعیف شامل اسید کلریدریک، کلرید سدیم ۱ و ۲ مولار، AB-DTPA، اسید سولفوریک و استات منیزیم و دوم عصاره‌گیرهای نسبتاً قوی شامل استات آمونیم، استات سدیم، کلرید باریم، مورگان و کلرید کلسیم. جدول ۵ همبستگی پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرهای مختلف را نشان می‌دهد. بر این اساس در این پژوهش بالاترین ضریب همبستگی بین عصاره‌گیرهای کلرید سدیم ۱ و ۲ مولار (۰/۸۹) است، اسید کلریدریک و AB-DTPA (۰/۸۲) و اسید کلریدریک و کلرید کلسیم (۰/۸۱) به عنوان عصاره‌گیرهای نسبتاً ضعیف و همچنین عصاره‌گیرهای استات آمونیم و استات سدیم (۰/۸۷) و استات آمونیم و کلرید باریم (۰/۷۴) به عنوان عصاره‌گیرهای نسبتاً قوی مشاهده شدند. در مقابل همبستگی پایین‌تری بین عصاره‌گیرهایی از دو گروه مشاهده شد، مثلاً استات آمونیم با AB-DTPA و یا کلرید باریم با AB-DTPA (۰/۰۴). شریفی و کلباسی (Sharifi & Kalbasi, 2001) معتقدند که به طور معمول همبستگی میان عصاره‌گیرهایی که میزان آزادسازی

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین مقادیر پتاسیم استخراج شده توسط عصاره‌گیرها

Table 5- Correlation coefficient between the values of K extracted by the extractants

| H ₂ SO ₄ | BaCl ₂ | Morgan | AB-DTPA | CaCl ₂ | NaCl (2M) | HCl | NaCl (1M) | Mg Acetate | Na Acetate | Extractant |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| | | | | | | | | | 0.39 ^{ns} | Mg Acetate |
| | | | | | | | | 0.53* | 0.29 ^{ns} | NaCl (1M) |
| | | | | | | | 0.66** | 0.43* | 0.21 ^{ns} | HCl |
| | | | | | | 0.25 ^{ns} | 0.89** | 0.44* | 0.31 ^{ns} | NaCl (2M) |
| | | | | | 0.13 ^{ns} | 0.81** | 0.42 ^{ns} | 0.55* | 0.56* | CaCl ₂ |
| | | | | 0.47* | 0.58* | 0.82* | 0.55* | 0.48* | 0.34 ^{ns} | DTPA |
| | | | 0.37 ^{ns} | 0.71** | 0.44* | 0.47* | 0.29 ^{ns} | 0.42 ^{ns} | 0.72** | Morgan |
| | | 0.44* | 0.04 ^{ns} | 0.64** | 0.36 ^{ns} | 0.10 ^{ns} | 0.33 ^{ns} | 0.36 ^{ns} | 0.65** | BaCl ₂ |
| | 0.30 ^{ns} | 0.26 ^{ns} | 0.63** | 0.35 ^{ns} | 0.68** | 0.36 ^{ns} | 0.51* | 0.75** | 0.42* | H ₂ SO ₄ |
| 0.26 ^{ns} | 0.74** | 0.65** | 0.04 ^{ns} | 0.39 ^{ns} | 0.31 ^{ns} | 0.29 ^{ns} | 0.36 ^{ns} | 0.44* | 0.87** | NH ₄ Acetate |

* و ** به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار می‌باشند.

.Show significant difference 1% and 5%, respectively. ns show non-significant ** and *

نتیجه گیری کلی

شده توسط استات آمونیوم ۱ نرمال به میزان ۲۴۸/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم و سپس استات سدیم ۱ مولار به میزان ۱۹۲/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که همبستگی میان عصاره‌گیرها بیشتر به قدرت آنها در آزاد سازی پتاسیم بستگی دارد. توصیه نویسنده‌گان به منظور معرفی عصاره‌گیر مناسب، تکرار این آزمون در خاک‌های مشابه و به ویژه انجام آن در شرایط مزرعه‌ای و برداشت نمونه گیاهی در پایان دوره رشد و از بخش‌های مختلف گیاه برنج می‌باشد.

با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده مناسب‌ترین عصاره‌گیر جهت استخراج پتاسیم از خاک‌های استان کهگیلویه و بویر احمد استات سدیم و استات آمونیوم با ضرایب همبستگی ۰/۸۵ و ۰/۷۳ با جذب گیاهی می‌باشند. با توجه به تشابه روش استخراج توسط این دو عصاره‌گیر، عامل هزینه اهمیت می‌یابد که با توجه به قیمت بسیار کمتر استات سدیم آنرا به عنوان عصاره‌گیر مطلوب‌تر می‌توان معرفی نمود. همچنین بیشترین میزان پتاسیم عصاره‌گیری

References

- Amiri M., Doroudi S., and Fallah V.M. 1996. Potassium Quantity-Intensity of some soils of Khorasan. *Technical and Research Bulletin of Water and Soil Institute*, 9: 74-89 (In Persian).
- Amiri B., and Soleymaani A. 2006. Fundamental of rice cultivation. Arvij Press. 303 p (In Persian).
- Barrow N.J., and Shaw T.C. 1992. The slow reactions between soil and anions: II. Effect of time and temperature on the decrease in phosphate concentration in the soil solution. *Soil Science*, 119: 167-177.
- Beegle D.B., and Oravec T.C. 1990. Comparison of field calibrations for Mehlich 3 P and K with Bray-Kurtz P1 and ammonium acetate K for corn. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 21: 1025- 1036.
- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- Carey P.L., and Metherell A.K. 2003. Rates of release of nonexchangeable potassium in New Zealand and soils measured by a modified sodium tetraphenyl boron method. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 46: 185-197.
- Chen S., Low P.F., and Roth C.B. 1987. Relation between potassium fixation and oxidation state of octahedral iron. *Soil Science Society American Journal*, 51: 82-86.
- Corey R.B., and Brown J.R. 1987. Soil testing procedures, sampling, correlation, calibration, and interpretation. Soil Science Society America, Madison, WI, pp: 15-22.

- Dhillon S.K., and Dhillon K.S. 1990. Kinetics of release of non-exchangeable potassium by cation-saturated resins from Red (Alfisols), Black (Vertisols) and Alluvial (Inceptisols) soils of India. *Geoderma*, 47: 283-300.
- Dobermann A., Cassman K.G., Mamari C.P., and Sheehy J.E. 1998. Management of phosphorus, potassium, and sulfur in intensive, irrigated lowland rice. *Field Crops Research*, 56: 113-118.
- Ebrahimi S., Bahrami H.A., and Malakouti M.J. 2005. The role of organic matters on the improvement of soil C/N ratio. Technical Bulletin No. 448. Sana Pub. Iran, 21p (In Persian).
- Ehlfen S., and Kirchner G. 2002. Environmental processes affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review. *Journal of Environmental Radioactivity*, 58: 97-112.
- Grzebisz W., and Oertli J.J. 1993. Evaluation of universal extractants for determining plant available potassium in intensively cultivated soils. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 24(11-12): 1295-1308.
- Haby V.A., Russelle M.P., and Skogley E.O. 1990. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. pp. 181-227. In: Westerman, R.L. (Ed.). *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd edition. ASA-SSSA, Madison, WI. *Indian Soil Science*, 43: 351- 356.
- Hanlon E.A., and Johnson G.V. 1984. Bray/Kurtz, Mehlich 3, AB/DTPA and ammonium acetate extraction of P, K, and Mg in four Oklahoma soils. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 15(3):277-294.
- Hosseinpour A.R., and Motaghian H.R. 2013. Application of kinetic models in describing soil potassium release characteristics and their correlations with potassium extracted by chemical methods. *Pedosphere*, 23(4): 482-492.
- Hosseinpour A., and Zarenia M. 2012. Evaluating chemical extractants to estimate available potassium for pinto beans (*Phaseolus vulgaris*) in some calcareous soils. *Plant and Soil Environment*, 58: 42-48.
- Hosseinpour A., Kalbasi M., and Khademi H. 2000. Kinetics of nonexchangeable K release in soil and soil components of Gilan province. *Iranian Journal of Soil and Water Sciences*, 14: 99-113. (In Persian)
- Jalali M. 2005. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1903-1917.
- Jalali M. 2001. Potassium Quantity-Intensity of some soils of Hamadan. Proceeding of 7th Soil Congress of Iran, 26-29 Aug., Shahrekord University. (In Persian)
- Jones J.B. 1990. Universal soil extractants: their composition and use. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 21: 1091-1101.
- Kavoosi M., and Kalbasi M. 1998. Comparison of soil potassium extracting methods to determine suitable extractants for Sepidrood rice variety in some Guilan rice paddy fields. *Journal of Water and Soil Science*, 3 (4):57-70. (In Persian)
- Kavoosi M., and Malakouti M.J. 2006. Determination of potassium critical level with ammonium acetate extractant in Guilan rice fields. *Journal Water and Soil Science*, 10 (3):113-123.
- Kumari P.P., and Aiver R.S. 1993. Soil test and crop response studies for potassium in laterite/red loam soils of Kerala. *Journal of Potassium Research*, 9: 62-65.
- Knudsen D., Peterson G.A., and Pratt P.E. 1982. Lithium, sodium and potassium. pp. 225-246. In: A. L. page (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part 2, Agron. Monogr. 9, American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Lancaster J.D. 1980. Mississippi soil test methods and interpretation. Mississippi Agric. Exp. Stn. Mimeo.
- Liu L., and Bates T.E. 1990 Evaluation of soil extractants for prediction of plant available potassium in Ontario soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 70: 607-615.
- Lopez-Pinerio A., and Garcia Navarro A. 1997. Potassium release kinetics and availability in unfertilized Vertisols of southwestern Spain. *Soil Science*, 162(12):912-918.
- Malakouti M.J., and Homae M. 2005. Soil fertility of arid and semi-arid regions "Difficulties and Solutions". 2nd ed., Tarbiat Modares University Press, Tehran, Iran. 508p. (In Persian)
- Mengel K., and Kirkby E.A. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Netherlands

- Mengel K., and Uhlenbecker K. 1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by rye grass. *Soil Science Society American Journal*, 57: 761-766.
- Mengel K. 1980. Effect of potassium on the assimilate conduction to storage tissue. *Ber Deutsch Bot Gesellsch*, 93:353-62.
- Mutscher H. 1995. Measurement and Assessment of Soil Potassium. IPI Research Topics 4. International Potash Institute, Basel, Switzerland.
- Nath A.K., and Purkaystha S. 1988. A study on soil test and crop response in respect of potassium in acid alluvial soils of Assam. *Journal of Indian Society Soil Science*, 36(1): 120-124.
- Owliaie H.R. 2005. Clay mineralogy, micromorphology and genesis of the soils of Kohgilouye Province, Southwestern Iran. Ph.D. dissertation. Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University. 235 p.
- Richards L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. U. S. Salinity Laboratory Staff. USDA. Hand book No. 60. Washington, D C, USA. 160 p.
- Richards J.E., and Bates T.E. 1988. Studies on the potassium-supplying capacities of southern Ontario soils. II. Nitric acid extraction of nonexchangeable K and its availability to crops. *Canadian Journal of Soil Science*, 68: 199- 208.
- Richards J.E. and Bates T.E. 1989. Studies on the potassium supplying capacities of southern Ontario soils. III. Measurement of available K. *Canadian Journal of Soil Science*, 69:597-610.
- Römheld V., and Kirkby E.A. 2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant and Soil*, 335:155-80.
- Rowell D.L. 1994. Methods and Applications. Longman Group, Harlow. Soil Science, 345p.
- Sadeghi Sh. 2014. Evaluation of potassium status and some available potassium extractants for wheat in selected soils of Kohgilouye Province. M.Sc. thesis, Soil Science Dept. Yasouj University, 88 p. (In Persian)
- Sharifi M., and Kalbasi M. 2001. Selection of suitable extractant to extract available potassium for corn in soils of central region of Isfahan province. *Science and Technology Agriculture and Natural Resource*, 5(1): 77-91. (In Persian)
- Shokri Vahed H., Kavousi M., and Mojalali H. 1997. Laboratory and field evaluation of different extractants to determine available potassium for lowland rice. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 38(2): 191-202. (In Persian)
- Simard R.R., and Zizka J. 1994. Evaluating plant available potassium with strontium chloride. *Communication of Soil Science and Plant Analysis*, 25: 1779-1789
- Sparks D.L. 2000. Bioavailability of soil potassium. In: Sumner, M.E. (Ed.), Handbook of Soil Science, CRC Press. Boca Raton, FL.
- Steffens D., and Sparks D.L. 1997. Kinetics of nonexchangeable ammonium release from soils. *Soil Science Society American Journal*, 61: 455-462.
- Tamhane R.V., and Subbiah B.C. 1992. Correlation of soil tests with pot and field trials in the evaluation of soil fertility. *Soil Science and Plant Nutrition*, 8(3): 5-14.
- Tributh H., Boguslawski E.V., Liers A.V., Steffens D., and Mengel K. 1987. Effect of potassium removal by crops on transformation of illite clay minerals. *Soil Science*, 143: 404-409.
- Xie J.C. 1989. A study on soil testing and fertilization recommendations for rice crop. In: soils and their management. A Sino-European perspective. pp: 233-249.

Comparison of some extractants for extracting available potassium for rice in some soils of Kohgiluyeh province

Fatemeh Barooni¹, Hamidreza Owliaie^{2*}, Ebrahim Adhami³, Mehdi Najafi Ghiri⁴

(Received: April 2016 Accepted: December 2016)

Abstract

Potassium and nitrogen are two major nutrients, have important role in increasing rice quantity and quality. Potassium like nitrogen is taken up in large amount by rice. Evaluation of nutrient status in soil is important from nutritional, environmental and economic aspects. This study was conducted in order to evaluate 11 different chemical extractants for determining suitable extractants for estimation of available potassium of rice in 11 selected soils of Kohgiluyeh Province. Rice seeds were cultivated in 1.5 kg pots in three replications and harvested after 10 weeks. Plant potassium was extracted with 1N HCl. Soil available potassium was extracted using 1M NH₄OAC, 1 and 2M sodium chloride, 0.025 M sulfuric acid, 0.1M barium chloride, 0.01M calcium chloride, Morgan-Wolf, AB-DTPA, 1N NaOAC, 1M magnesium acetate and 2M Hydrochloric acid. The amount of K extracted by 1N NaOAC and 1N NH₄OAC, was significantly ($r=0.85^{**}$ and 0.73^{**} , respectively) correlated with K concentration, followed by Morgan and 2N NaCl. The lowest correlation is belonged to 1N HCl. Therefore, due to the simplicity and economy, the rate of extraction and the high correlation, extractants of 1N NaOAC and 1N NH₄OAC are recommended as suitable extractants for determining the available K uptake by rice in the soil studied.

Key words: Available potassium, Extractant, Soil, Rice

1-MSc. Graduate of Soil Science, Yasouj University

2 & 3-Associate Professor of Soil Science, Yasouj University

4- Associate Professor of Soil Science, College of agriculture and Natural resource, Darab, Shiraz University

*Corresponding Author Email: owliaie@yu.ac.ir