

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

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

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

چکیده

پتاسیم و نیتروژن دو عنصر غذایی ضروری هستند که بیشترین نقش را در افزایش کمیت و کیفیت برنج ایفا می‌نمایند. پتاسیم 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 بویراحمد 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 باریوم ۰/۱ مولار، کلرید کلسیم ۰/۱ 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 داشتند. کمترین مقدار همبستگی نیز مربوط به عصاره‌گیر کلرید کلسیم بود. 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- 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 می‌باشد. 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 نگردید، 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 بطور 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 & Soleymaani, 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 > تبدالی > غیرتبدالی > 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 درآید که این امر اهمیت پتاسیم محلول را در تغذیه گیاه

نشان می‌دهد (Hosseinpour *et al.*, 2000). پتاسیم بین‌لایه‌ای کانی‌های میکا، ایلیت و فلدسپات‌ها منبع اصلی آزاد سازی پتاسیم در طول دوره کشت هستند (Mengel, 1980). نقش پتاسیم غیرتبدالی 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 قابل‌استفاده 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 قابل‌استفاده 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 & Kirkby, 2001; Uhlenbecker, 1993). برای تعیین مقدار پتاسیم، عصاره‌گیرهای مختلفی استفاده می‌شود. از آنجایی که ترکیب کانی‌های هر خاک، نوع گیاه و شرایط اقلیمی در میزان پتاسیم قابل‌استفاده گیاه، تأثیرگذار می‌باشند، لذا 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 دو معیار توجه داشت: ۱- عصاره‌گیر باید عنصر قابل‌استفاده گیاه را عصاره‌گیری کند و ۲- روش عصاره‌گیری باید سریع، تکرارپذیر 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. تاکنون عصاره‌گیرهای مختلفی جهت بررسی سرعت و روند رها سازی

در سیستم‌های کشاورزی فشرده تبدیل به خاک‌های با کمبود 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 تأمین 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 - ۰ 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 جوانه‌زنی 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

پتاسیم از خاک‌ها، اجزای خاک و کانی‌های رسی توسط محققان مختلف مورد استفاده قرار گرفته است (Mengel & Uhlenbecker, 1993). از میان این عصاره‌گیرها می‌توان به اسیدهای معدنی، اسیدهای آلی، رزین تبادل کاتیونی، جریان الکتروسیته، تترافنیل بران سدیم و نمک‌های معدنی اشاره نمود (Dhillon & Dhillon, 1990; 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، تبدالی و بخشی از شکل غیرتبدالی 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 غیرتبدالی 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 هوادیدگی و آبشویی یا استخراج پتاسیم

در عصاره ۱:۵، ماده آلی به روش اصلاح شده والکلی-بلک (Richards & Bates, 1989) و گچ به روش استون (Richards, 1954) تعیین گردیدند. 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 داده‌ها استفاده شد. عصاره‌گیرهای مورد استفاده برای استخراج پتاسیم از خاک و مشخصات روش‌های مورد استفاده در جدول ۱ ارائه شده است.

طوقه بریده و با آب مقطر شسته شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سلسیوس آون خشک شدند. نمونه‌های گیاهی آسیاب شده و میزان پتاسیم آنها به کمک اسیدکلریک ۱ نرمال عصاره‌گیری شد و غلظت پتاسیم نمونه‌ها به وسیله‌ی روش شعله‌سنجی اندازه‌گیری شد (Rowell, 1999). خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌ها از جمله: بافت به روش هیدرومتر (Bouyoucos, 1962)، آهک به روش تیتیر با اسید (Rowell, 1999)، اسیدیته و قابلیت هدایت الکتریکی

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

Table 1- Specification Extractant used, the ratio and the time of equilibrium

مرجع Reference	زمان به تعادل رسیدن Equilibration time	نسبت خاک به عصاره‌گیر Soil-solution ratio	غلظت Concentration. (M)	عصاره‌گیر 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

¹بی‌کربنات آمونیوم یک مولار و DTPA ۰/۰۰۰۵ مولار؛ ²استات سدیم ۰/۷۳ مولار و اسید استیک ۰/۰۲ مولار.

¹ Bicarbonate ammonium 1M and DTPA 0.0005M; ² NaOAc 0.73M and Acetic acid 0.02M.

نتایج و بحث

۳۲ درصد) و اغلب در کلاس‌های بافتی رس‌سیلتی و لوم‌رسی قرار دارند. مقدار کربنات کلسیم معادل در دامنه‌ی 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 می‌باشد. کانی‌های موجود در خاک‌های مورد مطالعه بر اساس مطالعات قبلی اولیایی (Owliaie, 2005) به ترتیب فراوانی نسبی شامل کلریت، اسمکتیت، ایلیت، پالیگورسکیت، کوارتز و کائولینیت می‌باشند. بیشترین میزان ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک‌های ۱۵ و ۴۰ بوده است که دارای مقادیر بالاتری از رس بوده، ضمن آنکه رس غالب این خاک‌ها اسمکتیت بوده

جدول ۲ مشخصات عمومی خاک‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد. خاک‌ها مربوط به سه راسته انتی سول، آلفی سول و ایندسپتی سول بودند. خاک‌های مورد مطالعه از مواد مادری آهکی که اکثراً آبرفتی هستند نشأت گرفته‌اند. در بعضی مناطق نیز به دلیل وجود سازندهای گچی، مواد مادری دارای مقادیری گچ می‌باشند (نمونه‌های ۲۸ و ۲۹). ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۳ آورده شده است. بافت خاک‌ها عموماً متوسط تا سنگین (مقدار رس در دامنه‌ی ۱۲/۶ تا ۴۲/۶ و با میانگین

برای گیاهان، تشکیل کلات عناصر غذایی که سبب می‌شود بسیاری از عناصر معدنی از حالت غیر قابل دسترس برای گیاهان، به فرم قابل دسترس تبدیل شوند (Ebrahimi *et al.*, 2005).

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 است (جدول ۲). حدود تغییرات کربن آلی ۰/۳۹-۲/۹۶ درصد است، اثر شیمیایی و تغذیه‌ای ماده آلی شامل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، مخزن عناصر غذایی

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 Calciustepts	673	3353820	493396	Emamzade	28
Gypsic Calciustepts	746	3363762	470634	Abkal	29
Typic Haploxerepts	2055	3366691	573821	Tangesorkh	32
Typic Haploxeralfs	2302	3389878	576607	Soorgah	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 عصاره‌گیری شده توسط استات آمونیوم را می‌توان به مشابه بودن بار، اندازه و انرژی هیدراتاسیون یون آمونیوم با یون پتاسیم نسبت داد، لذا در فرآیندهای 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 بطور 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 کانی‌ها جذب شده را 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 بختیاری، 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 بوده است (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. چنین ارتباطی در مورد 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 وجود دارد. بطور 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 گسترش ریشه، نقش ریزموجودات، حجم محلول خاک جذب شده، میزان تهویه خاک و مکانیسم جذب عنصر (فعال یا غیرفعال) بستگی دارد (Ehlken & 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 مؤثر 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 بطور 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_4OAc	H_2SO_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)

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 غیرتبادلی 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 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 نمودند که همبستگی عصاره‌گیرهای اسیدسولفوریک، استات منیزیم، استات آمونیوم و مورگان با عملکرد دانه برنج قوی‌تر از سایر روش‌های عصاره‌گیری می‌باشد. این همبستگی برای

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 جازسون (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 گزارش 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 تبدالی و بخشی از پتاسیم غیرتبدالی هستند می‌توانند بعنوان 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 بوده است (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 می‌گردد. این موضوع احتمالاً یکی از دلایل همبستگی ضعیف بین پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیم و پتاسیم 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 ۰/۲۵ 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) r ، اسید کلریدریک و AB-DTPA (۰/۸۲) r و اسید کلریدریک و کلرید کلسیم (۰/۸۱) r به عنوان عصاره‌گیرهای نسبتاً ضعیف و همچنین عصاره‌گیرهای استات آمونیم و استات سدیم (۰/۸۷) r و استات آمونیم و کلرید باریم (۰/۷۴) r 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) r . 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 *.

نتیجه‌گیری کلی

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 آزادسازی پتاسیم بستگی دارد. توصیه نویسندگان 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 بویراحمد 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، می‌توان استات سدیم را به عنوان عصاره‌گیر مطلوب‌تر معرفی نمود. همچنین بیشترین میزان پتاسیم عصاره‌گیری شده

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 tetra phenyl 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 Publication, Iran, 21p. (In Persian).
- Ehlken 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. In: Westerman, R.L. (Ed.). Soil Testing and Plant Analysis. 3rd edition. *Soil Science Society America and American Society of Agronomy*, Madison, WI. pp. 181-227.
- 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)
- 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. In: A. L. page (Ed.), Methods of Soil Analysis-Part 2, Agron. Monogr. 9, *American Society of Agronomy*, Madison, WI, pp. 225-246.
- Lancaster J.D. 1990. 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.
- 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.

- 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, 235p. (In Persian)
- 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.
- Rowell D.L. 1999. 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, 88p. (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 that 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