مجله علوم كشاورزي ايران
جلد ۳۸، شماره ۲، سال ۱۳۸٦ (۲۰۳-۱۹۱)

ارزيابي آزمايشگاهي و صحرايي عصاره‌گيرهاي مختلف جهت تعيين پتاسيم قابل دسترس گياه برنج

حسن شكري واحد[۱]، مسعود كاوسي[۲] و حسام مجللي[۳]
۱، ۲، عضو هيات علمي و استاديار پژوهش موسسه تحقيقات برنج كشور
۳، استاديار دانشگاه آزاد اسلامي واحد علوم و تحقيقات تهران
(تاريخ دريافت: ۸۳/۸/۱۰ - تاريخ تصويب: ۸۵/۷/۱۹)

چكيده

پتاسيم يكي از عناصرمهم و ضروري از نظر ميزان جذب و فعاليتهاي فيزيولوژيكي و بيوشيميايي درگياه برنج محسوب مي‌گردد. اين تحقيق با هدف بررسي وضعيت پتاسيم و ارزيابي ١٦ عصاره‌گير مختلف به منظور تعيين عصاره‌گير يا عصاره‌گيرهاي مناسب جهت برآورد پتاسيم قابل دسترس خاك وهمچنين تعيين غلظت بحراني پتاسيم براي گياه برنج رقم پرمحصول خزر با استفاده از مناسب‌ترين عصاره‌گير معرفي شده در ۲۱ مزرعه شاليزاري از اراضي استان گيلان به اجراء درآمد. مزارع به گونه‌اي انتخاب شدند كه تا حد امكان درصد رس، ظرفيت تبادل كاتيوني، مواد آلي و پتاسيم قابل استخراج آنها با روش استات آمونيوم مولار با يكديگر متفاوت و دامنه وسيعي داشته باشند. آزمايش در قالب طرح بلوكهاي كامل تصادفي در سه تكرار و شش سطح كودي پتاسيم به ترتيب (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ٤۰۰ و ۵۰۰) كيلوگرم اكسيد پتاسيم در هكتار از منبع كلريدپتاسيم (نصف بصورت پايه و نصف در زمان پنجه‌زني) به اجراء درآمد. نتايج نشان داد كه استفاده ازكودپتاسيم در اكثر خاكها موجب افزايش عملكرد دانه، كاه و كلش و همچنين مقدارجذب پتاسيم در كاه و كلش گرديد. نتايج ميانگين پتاسيم قابل استخراج با عصاره‌گيرهاي مختلف نيز نشان داد كه پتاسيم استخراج شده توسط عصاره‌گير اسيدنيتريك با ۲۳۹ ميلي‌گرم و اسيدكلريدريك ۰/۰۵ مولار ۱:۱ با ۱۱ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك به ترتيب حداكثر وحداقل پتاسيم استخراجي را داشته‌اند. بررسي نتايج ضرايب همبستگي عصاره‌گيرهاي مختلف با عملكرد نسبي دانه، غلظت و جذب پتاسيم توسط كاه و كلش نيز حاكي از آن بود كه روشهاي استات آمونيوم يك مولار، ۰/۵ مولار، ۰/۲۵ مولار و اسيدنيتريك همبستگي قابل قبولي را با عملكرد نسبي به ترتيب (**۰/۸۰، **۰/۷۹، **۰/۸۱ و **۰/۸۷) و مقدار جذب پتاسيم به ترتيب (**۰/۷۳، **۰/۷۳، **۰/۷۵ و **۰/۸۱) داشته است. همچنين ضرايب همبستگي عصاره‌گيرهاي آب، مورگان و كلووانا با مقدار غلظت پتاسيم در كاه و كلش كه قسمت عمده گياه جهت تجمع پتاسيم مي‌باشد به مراتب قوي‌تر از ساير روشها بود (به ترتيب **۰/۷۵، **۰/۷۲ و **۰/۷۱). غلظت بحراني پتاسيم نيز براي عصاره‌گيرهايي كه بالاترين همبستگي را با عملكرد گياه داشتند بررسي شد، مقدار اين غلظت با ۹۰ درصد عملكرد نسبي دانه براي روش استات آمونيوم يك مولار، ۰/۵ مولار و ۰/۲۵ مولار برابر۱۲۰ ميلي‌گرم و با روش اسيدنيتريك۲۱۰ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك بدست آمد.

واژه‌هاي كليدي: استات آمونيوم، پتاسيم، عصاره‌گير، گياه برنج

* نویسنده مسئول: حسن شکری واحد تلفن: ۰۱۳۱-۶۶۹۰۰۵۲ E-mail:shokri_v@yahoo.com

مقدمه

بي‌ترديد نقش پتاسيم در بهبود كمي و كيفي گياهان منجمله برنج قابل‌انكار نيست. پتاسيم نقش عمده‌اي در تنظيم پتانسيل اُسمزي، فعاليت آنزيمها، تنظيم واكنش سلولي، تعادل كاتيونها و آنيونهاي سلول، تنظيم تبخير و تعرق از روزنه‌ها، ساخت ليگنين در بافتهاي اسكلرانشيم و نقل و انتقال توليدات فتوسنتزي و همچنين افزايش مقاومت گياه در برابر آفات و امراض برعهده دارد. اين عنصر برخلاف ازت و فسفر اثر قطعي و مشخصي در پنجه‌زني گياه برنج نداشته ولي موجب افزايش تعداد خوشچه‌ها در هر خوشه شده و درصد دانه‌هاي پر و وزن هزاردانه را بالا مي‌برد (۱۸). گياه برنج قادر به جذب مقدار قابل ملاحظه‌اي پتاسيم مي‌باشد كه اين امر در ارقام اصلاح شده چندين برابر ارقام بومي گزارش شده است (۳۹) كه بيشتر از ۸۰ درصد آن در زمان رسيدگي در كاه و كلش آن تجمع مي‌يابد (۱۸).

بطوركلي قابليت دسترسي پتاسيم و پاسخ گياه در قبال مصرف اين عنصر مي‌تواند تابع عوامل چندي از قبيل ظرفيت تثبيت پتاسيم در خاك، توانايي خاك در حفظ نسبت معيني از فعاليت پتاسيم در محلول خاك، قدرت رهاسازي پتاسيم از منابع غيرتبادلي، ويژگيهاي خاك مانند درصد رس، موادآلي، نوع كانيهاي رس، ظرفيت تبادل كاتيوني و غيره قرار گيرد، لذا آزمون خاكي مي‌تواند معيار سنجش براي پتاسيمي كه در طول فصل زراعي توسط گياه جذب مي‌شود، باشد كه علاوه بر استفاده از عصاره‌گير مناسب جهت استخراج پتاسيم، عوامل مؤثر در قابليت دسترسي پتاسيم براي گياه را نيز مدنظر قرار داده باشد. پتاسيم محلول و تبادلي در مقايسه با شكل‌هاي مينرالي و تثبيت شده با وجود اينكه بخش ناچيزي از پتاسيم خاك را تشكيل مي‌دهند ولي قسمت عمده‌اي از پتاسيم قابل استفاده گياه از اين منابع تامين مي‌گردد. هرخاك با توجه به خصوصيات اوليه‌اش داراي رژيم پتاسيم خاصي مي‌باشد اين حالت، سطوح پايدار فرمهاي مختلف پتاسيم خاك را تعيين مي‌كند و بعد از آنكه عوامل خارجي موجب انحراف مثبت يا منفي از وضعيت پايدار شوند خاك مجدداً به اين حالت باز مي‌گردد، لذا واكنش‌هاي تعادلي بين فرمهاي مختلف پتاسيم وضعيت اين عنصر را در خاك عميقاً تحت تاثير قرار مي‌دهد. باتوجه به نقش عنصر پتاسيم در گياه برنج و شرايط خاص آن در خاك، برآورد دقيق اين عنصر مي‌تواند كمك مؤثري درمديريت مصرف كود وكشت داشته باشد و لذا اولين گام در اين جهت شناسايي عصاره‌گيري مناسب مي‌باشد كه علاوه بر صرفه اقتصادي، بتواند رابطه مناسبي را بين عكس‌العمل گياه و پتاسيم استخراجي در شرايط غرقاب برقرار سازد. بطوركلي هدف اوليه هر عصاره‌گير شيميايي ارزيابي مقدار قابل استفاده يك عنصر غذايي براي گياه است (۱۴). اصولاً در ارائه عصاره‌گير مناسب بايد دو معيار مورد توجه قرار گيرد : مورد اول آنكه عصاره‌گير بايد قادر به استخراج عنصر غذايي از منابع فراهم خاك باشد، مورد دوم آنكه روش عصاره‌گيري بايد سريع، تكرارپذير و اقتصادي باشد (۱۰، ۱۴) طيف وسيعي از عصاره‌گيرها براي تعيين پتاسيم قابل استفاده خاكهاي مختلف بكار گرفته شده است كه رايج‌ترين آنها محلول استات آمونيوم يك مولار خنثي مي‌باشد (۲۱، ۲۷) اين عصاره‌گير در ايران نيز بدون آنكه تحقيقات جامعي روي آن انجام گرفته باشد بعنوان تنها عصاره‌گير براي استخراج پتاسيم درتمامي خاكها ومحصولات مورد استفاده قرار مي‌گيرد.

در مورد خاكهاي زيركشت برنج نيز محققان بسياري در كشورهاي مختلف عصاره‌گيرهاي متفاوتي را براي استخراج پتاسيم قابل استفاده گياه برنج پيشنهاد كرده‌اند و در جمع‌بندي نهايي يك توافق كلي بين پژوهشگران وجود داشته كه هيچيك از روشهاي موجود اندازه‌گيري پتاسيم قابل دسترس گياه براي كليه خاكهاي شاليزاري مناسب نمي‌باشد (۱۶). بررسيهاي انجام شده توسط گاسوامي و بانرجي (۱۹۷۸) در هند نشان داد كه پتاسيم تبادلي استخراج شده توسط استات آمونيوم و مهليخ ۱ و ۳ در خاكهاي لاتوسل با پتاسيم غيرقابل تبادل ناچيز نتايج مثبتي را با عملكرد گياه داشته ولي در خاكهاي آلوويال با پتاسيم غيرتبادلي بالا مفيد بودن اين آزمون با ابهاماتي همراه بوده است، با اين وجود روش استات آمونيوم خنثي بدليل برآورد پتاسيم تبادلي كه مي‌تواند معياري از پتاسيم قابل دسترس باشد بعنوان يك روش روتين آزمايشگاهي آزمون خاك قابل پذيرش مي‌باشد. از طرفي مهتا (۱۹۷۶) پتاسيم تبادلي را به عنوان شاخصي مناسب جهت ارزيابي وضعيت پتاسيم خاكها قابل قبول تشخيص نداده بلكه درجه اشباع پتاسيم از كمپلكس تبادلي را توصيه مي‌كند. نتايج بررسيهاي گلخانه‌اي توسط ونكاتا سوبيها و همكاران(۱۹۷۶)

نشان مي‌دهد كه وقتي درصد اشباع پتاسيم خاك درحدي بين ۰/۹۵ تا ۲/۳۲ (پتاسيم تبادلي ۲۲۹ تا ٤۹۸ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك) بوده هيچ عكس‌العملي توسط برنج نسبت به كاربرد پتاسيم ديده نشد ولي هنگامي كه با ادامه كشت، پتاسيم خاك تخليه و درصد اشباع پتاسيم در حد ۰/۳٤ تا ۰/٥٤ (پتاسيم تبادلي ۱۱۸ تا ۲۷٥، بطور متوسط ۹٦ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك) قرار گرفت واكنش به كود پتاسيمي بطور متوسط ۲۳ درصد بود، در اين بررسي غلظت بحراني براي پتاسيم تبادلي ۱۰۰ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك (۰/۲٦ ميلي‌اكي‌والان در صد گرم خاك) برآورد گرديد. در بررسي كه توسط بنسال (۱۹۸٥) در هندوستان با استفاده از ۲۰ خاك مختلف بصورت گلداني و اعمال تيمارهاي صفر و پنجاه ميلي‌گرم در كيلوگرم كود پتاسيمي در زمينه ميزان همبستگي عملكرد نسبي و جذب پتاسيم با ۱۱ روش عصاره‌گيري انجام گرفت، مشاهده شد كه روش استات آمونيوم در اين رابطه داراي بيشترين همبستگي مي‌باشد. كِن و همكاران (۱۹۸۷) نيز ۱۹ خاك را مورد بررسي قرار دادند و نتايج نشان داد كه همبستگي قابل قبولي بين پتاسيم استخراج شده با روشهاي استات آمونيوم، مورگان و توليد ماده خشك گياه برنج وجود داشته، بطوريكه اين روشها بهتر از روش اسيدكلريدريك، اسيداستيك، كلريدكلسيم، اسيدسيتريك، آب واسيدنيتريك گزارش گرديد.

در مطالعه‌اي كه در رابطه با تعيين غلظت بحراني بصورت گلداني در كشور اندونزي انجام شد غلظت بحراني براي ٥ عصاره‌گير شامل : (اسيد كلريدريك ۰/۰۲٥ نرمال + آمونيوم فلورايد ۰/۰۱٥ مولار) ۱۰۰ ميلي‌گرم در كيلوگرم، (اسيد كلريدريك ۰/۱ نرمال + آمونيوم فلورايد ۰/۰۳ نرمال) ۱۰٦ ميلي‌گرم در كيلوگرم، (بي‌كربنات سديم ۰/٥ مولار) ۱۲۰ ميلي‌گرم در كيلوگرم، (استات آمونيوم نرمال) ۱٥٦ ميلي‌گرم در كيلوگرم و (اسيد كلريدريك ۷/۷ نرمال) ٤۱٥ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك گزارش شد و ضريب همبستگي بين جذب پتاسيم توسط برنج با پتاسيم محلول در اسيد كلريدريك ۷/۷ نرمال ضعيف (r =۰/۳٦) حال آنكه با ساير عصاره‌گيرها بيشتر بوده است (r = ۰/٦۰ -۰/٦٤) (۶). توفيقي (۱۳۷۷) در بررسي پاسخ برنج به كود پتاسيم در خاكهاي شاليزاري شمال ايران در شرايط گلخانه‌اي براي رقم خزر سطح بحراني ۱۳٥ ميلي‌گرم دركيلوگرم خاك را گزارش كرد. دابرمن و فارهاروست (۲۰۰۰) با استفاده از عصاره‌گير استات آمونيوم يك نرمال مقدار پتاسيم در اراضي شاليزاري مناطق پست را بين ۱۹/٦ تا ۷۸۲ ميلي‌گرم در كيلوگرم و غلظت بحراني آن را ۷۸ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك گزارش كردند و يادآور شدند كه وابستگي غلظت بحراني به بافت، مينرالوژي رسها و پتاسيم ورودي از منابع طبيعي مي‌تواند اين غلظت را در مورد استات آمونيوم از ۳۹ تا ۱٥٦ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك تغيير دهد. ون‌يوكسكول (۱۹۷۸) سطح بحراني پتاسيم براي شاليزارهاي آسيا را بين ۱۰۰ تا ۱۲۰ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك برآورد نموده است. با توجه به موارد مذكور و با توجه به تقاضاي روزافزون براي محصول استراتژيك برنج، تحقيقات محدودي در زمينه وضعيت پتاسيم در خاك و انتخاب عصاره‌گير مناسب جهت استخراج آن در اراضي شاليزاري استان گيلان صورت گرفته، لذا تحقيق حاضر با اهداف ذيل به اجرا درآمد :

- استفاده از روشهاي مختلف عصاره‌گيري و مقايسه ضرايب همبستگي آنها با عملكرد نسبي دانه، غلظت و مقدار جذب پتاسيم توسط كاه و كلش برنج و نهايتاً انتخاب بهترين عصاره‌گير مناسب.
- تعيين حد بحراني پتاسيم با روش ترسيمي كيت-نلسون.

مواد و روش‌ها

در اين بررسي ابتدا قبل از شروع فصل زراعي از۳۰ مزرعه شاليزاري در مناطق مختلف استان گيلان از عمق ۳۰-۰ سانتي‌متري خاك با استفاده از اطلاعات موجود در بايگاني آزمايشگاه شيمي خاك موسسه تحقيقات برنج كشور و با درنظر گرفتن توزيع مناسب در سطح استان، نمونه‌برداري مركب از خاك انجام گرفت. نمونه‌هاي خاك پس از هواخشك شدن وكوبيدن، از الك دوميليمتري عبورداده شدند آنگاه برخي از ويژگيهاي فيزيكي وشيميايي‌خاك از جمله واكنش خاك در خمير اشباع خاك (۳۰) درصد كربن آلي با روش والكي‌بلاك (۳۴)، ظرفيت تبادل كاتيوني با روش باور (۱۳)، نيتروژن‌كل به روش كلدال (۹)، فسفربه روش اولسن(۳٥)، پتاسيم قابل استخراج با استات‌آمونيوم مولار خنثي (۳۶)، درصد رس، سيلت و شن به روش هيدرومتري(۱۹) تعيين گرديد. باتوجه به نتايج تجزيه خاك۲۱ مزرعه جهت آزمايش بصورتي انتخاب

شدندكه تاحد امكان ويژگي‌هاي خاك آنها با يكديگرمتفاوت و دامنه بيشتري داشته باشند.

پس از انتخاب مزارع، كرت‌بندي قطعات آزمايش به ابعاد ٥×٤ متر انجام و با اعمال ٦ تيمار كودي از منبع كلريدپتاسيم و استفاده از برنج رقم خزر در ۲۱ مزرعه اقدام به كشت گرديد. آزمايش در قالب طرح بلوكهاي كامل تصادفي در سه تكرار و شش سطح پتاسيم به ترتيب (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ٤٥٠ و٥٠٠) كيلوگرم اكسيدپتاسيم در هكتار از منبع كلريدپتاسيم (نصف بصورت پايه و نصف در زمان حداكثر پنجه‌زني) به اجراء درآمد. كودهاي نيتروژن و فسفردار به ترتيب از اوره و سوپرفسفات تريپل با توجه به نتايج تجزيه خاك اوليه براي هر مزرعه به ميزاني استفاده شدند كه حد كفايت لازم براي آنها رعايت شده باشد و زمان مصرف آنها نيز در ابتداي كشت بود. در پايان فصل زراعي پس از حذف حاشيه كرت‌ها، عملكرد دانه، ميزان جذب و غلظت پتاسيم در كاه و كلش برنج به روش هضم با اسيد سولفوريك در مجاورت اسيدسالسيليك و آب اكسيژنه(۱۵) و سپس تعيين پتاسيم به روش شعله‌سنجي (۴۱) در هر كرت مورد اندازه‌گيري قرار گرفت، سپس در آزمايشگاه با استفاده از ١٦ روش مختلف عصاره‌گيري (جدول۲) ميزان پتاسيم قابل استخراج در نمونه خاكهاي اوليه تعيين گرديد و آنگاه رابطه و همبستگي پتاسيم استخراج شده با روشهاي مختلف عصاره‌گيري با غلظت و مقدار جذب پتاسيم توسط كاه و كلش برنج و عملكرد نسبي دانه و همچنين تاثير پتاسيم بر اين پارامترها با استفاده از نرم‌افزارهاي Irristat و Excel مورد بررسي قرارگرفت و نهايتاً با استفاده از عصاره‌گيرهايي كه بالاترين همبستگي را با عملكردنسبي دانه داشتند حد بحراني پتاسيم نيز براي گياه برنج رقم خزر با روش ترسيمي كيت-نلسون با ۹۰ درصد عملكرد نسبي تعيين گرديد.

نتايج و بحث

خصوصيات كلي خاكهاي مزارع مورد استفاده

در جدول ۱ برخي از خصوصيات خاكهاي مزارع مورد استفاده ارائه گرديده است، دامنه وسيع و انحراف معيار بالا منعكس‌كننده تنوع قابل ملاحظه در خاكهاي مورد بررسي است. حداقل و حداكثر پتاسيم قابل استخراج با استفاده از استات آمونيوم مولار به ترتيب ۸۱ و ۲۷۳ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك بوده كه بيانگر گستردگي و تفاوت خاكها از نظر اين عنصر مي‌باشد.

ويژگي عصاره‌گيرهاي مورد مطالعه

در جدول ۲ ويژگي عصاره‌گيرهاي مورد مطالعه در اين آزمايش و تركيب برخي از آنها، هم‌چنين نسبت خاك به عصاره‌گير آورده شده، در برخي از روش‌ها از جمله اسيدنيتريك و اسيدسولفوريك نياز به تكان دادن نمونه‌ها نبوده و هم‌چنين غلظت برخي از آنها با توجه به تركيب كلي آنها در ذيل جدول ارائه شده است.

پتاسيم استخراج شده توسطروشهاي مختلف عصاره‌گيري

ميانگين پتاسيم استخراج شده با روشهاي مختلف عصاره‌گيري و از طرفي توانايي آنها در استخراج اين عنصر در جدول۳ آورده شده است. در بين روشهاي عصاره‌گيري اسيدنيتريك با ميانگين ۲۳۹ ميلي‌گرم دركيلوگرم بيشترين و اسيدكلريدريك۰/۰۵ مولار (۱:۱) با ميانگين ۱۱ ميلي‌گرم در كيلوگرم كمترين مقدار پتاسيم استخراجي را داشته‌اند. نتايج اين جدول بخوبي بيان مي‌دارد كه عصاره‌گيرهاي قوي نظير اسيدنيتريك و مهليخ ۳ توانايي استخراج بخشي از پتاسيم غيرتبادلي، پتاسيم‌تبادلي ومحلول را دارا بوده و عصاره‌گيرهاي ضعيفي نظير آب و كلريدكلسيم بيشتر با پتاسيم محلول در ارتباط مي‌باشند و ديگر عصاره‌گيرها از اين نظر حالت بينابين داشته و قادر به استخراج هر دو حالت محلول وتبادلي از پتاسيم هستند. همانطور كه مشاهده مي‌شود ميانگين پتاسيم استخراجي با روش استات آمونيوم مولار۱:۲۰ (مورد استفاده در آزمايشگاههاي تجزيه خاك كشور) در اين آزمايش ۱۳۸ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك مي‌باشد. توفيقي (۱۳۷۷) در بررسي پاسخ برنج به پتاسيم در خاكهاي شاليزاري شمال كشور با استفاده از اين روش ميانگين ١٣٣/٤ ميلي‌گرم در كيلوگرم و گلستاني‌فرد (۱۳۷۵) در بررسي تثبيت پتاسيم در خاكهاي اين منطقه با استفاده از ٦٧ نمونه از خاكهاي شاليزاري (٢٤ نمونه از مازندران و ۳۳ نمونه از گيلان) ميانگين پتاسيم قابل استخراج را پس از ۳۰ روز غرقاب نمودن خاك ١٢٦/٧ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك گزارش نمودند. اوستان (۱۳۷۳) نيز در مطالعه تخليه پتاسيم از خاكهاي شاليزاري شمال كشور با استفاده از ۵۲ نمونه خاك ميانگين پتاسيم استخراجي با استات آمونيوم مولار را براي خاكهاي مازندران و گيلان به ترتيب ١٦٢ و ١٢١ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك و همچنين ميانگين پتاسيم استخراج شده با روش

اسیدنیتریك را براي خاکهاي شالیزاري مازندران ۳٤۲/۳ و براي گیلان ۲٦٤/۸ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك گزارش کرد. متفاوت بودن نتایج میانگین پتاسیم قابل استخراج با استفاده از روشهاي یکسان عصاره‌گیري با توجه به شرایط گوناگون خاکهاي مناطق مختلف از نظر مینرالوژیکي و پدوژنیکي دور از انتظار نمي‌باشد.

جدول ۱- برخي از خصوصیات خا ك‌هاي شالیزاري مورد مطالعه

خصوصیات خاك	واحد	دامنه	میانگین	انحراف معیار
واکنش خاك (خمیر اشباع)	-	۵/۹ - ۷/۹	۷	۰/٦
کربن آلي	%	۰/٦۹ - ٦/۹٤	۲/۲۲	۱/۲۹
نیتروژن کل	%	۰/۰۷۲ - ۰/۳۷۵	۰/۲۱۹	۰/۰۷
فسفر قابل دسترس [۱]	$mg\ kg^{-1}$	۲ - ۵٦	۲٤	۱۵/۲٤
پتاسیم قابل دسترس [۲]	$mg\ kg^{-1}$	۸۱ - ۲۷۳	۱٤۳	۵۳/۵
ظرفیت تبادل کاتیوني	$cmol\ kg^{-1}$	۱٦ - ۵۷	۳۰	۱۱
شن	%	۱۰ - ٦۲	۲۷	۱۳/٦
سیلت	%	۲۸ - ٦۲	٤۸	۸/۸
رس	%	۸ - ٤۰	۲٦	۱۱/۳

۱: فسفر عصاره‌گیري شده با بي‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار ۲:پتاسیم عصاره گیري شده با استات آمونیوم مولار

جدول۲- مشخصات روش‌هاي عصاره‌گیري مورد مطالعه

عصاره‌گیرها	غلظت	pH	نسبت عصاره‌گیر : خاك	مدت زمان تکان دادن (دقیقه)	منبع
استات آمونیوم	۱ مولار	۷	۱:۲۰	٦۰	۳۶
استات آمونیوم	۰/۵ مولار	۷	۱:۲۰	٦۰	۳۶
استات آمونیوم	۰/۲۵ مولار	۷	۱:۲۰	٦۰	۳۶
استات آمونیوم	۰/۱ مولار	۷	۱:۲۰	٦۰	۳۶
اسید نیتریك *	۱ مولار	--	۱:۲۵	--	۲۷
اسید سولفوریك *	۰/۱ مولار	--	۱:۱۰	--	۲۷
مهلیخ ۳ [۱]	--	۲	۱:۱۰	۵	۱۱
مهلیخ ۱ [۲]	--	--	۱:۵	۵	۳۱
کلووانا [۳]	--	۳/۲	۱:۱۰	۵	۳۷
مورگان [٤]	--	٤/۸	۱:۵	۳۰	۲۹
استات منیزیم	۱ مولار	--	۱:۲۰	۳۰	۳۳
آب مقطر	--	--	۱:۲۵	٦۰	۳۶
تگزاس [۵]	--	٤/۲	۱:۲۰	٦۰	۲۴
اسید کلریدریك	۰/۰۵ مولار	--	۱:۱۰	۱۰	۲۸
اسید کلریدریك	۰/۰۵ مولار	--	۱:۱	۱۰	۲۸
کلرید کلسیم	۰/۰۱ مولار	--	۱:۱۰	۱۲۰	۲۳

* در روش اسید نیتریک و اسید سولفوریک تکان دادن مورد نیاز نمی‌باشد و ترکیب حاصل پس از ۱۰ دقیقه جوشش در روش اسیدنیتریک و ۳۰ دقیقه توقف در روش اسید سولفوریک صاف می‌شود.

۱: مهلیخ ۳ شامل ۱۱/۸ میلي‌لیتر اسیداستیك ۰/۲ مولار،۲۰ گرم نیتراتآمونیوم ۰/۲۵ مولار، ۰/۵۶ گرم آمونیوم فلوراید ۰۱۵۰مولار،۰/۹میلي‌لیتر اسیدنیتریك

۰/۰۱۳ مولار و ۰/۳۷ گرم EDTA ۰/۰۰۱ مولار در حجم یك لیتر مي‌باشد.

۲: مهلیخ ۱ شامل ۱/٤ میلي‌لیتر اسیدسولفوریك ۰/۰۲۵ مولار و ٤/۱۵ میلي‌لیتر اسیدکلریدریك ۰/۰۵ مولار در حجم یك لیتر مي‌باشد.

۳: کلووانا شامل ۱٤/۷میلي‌لیتر اسیداستیك ۰/۲۵ مولار و ۰/۵٦ گرم آمونیوم فلوراید ۰/۰۱۵ مولار در حجم یك لیتر مي‌باشد.

٤: مورگان شامل ۳۰/٦ میلي‌لیتر اسید استیك ۰/۵۲ مولار و ۹۹/۳٤ گرم استات سدیم ۰/۷۳ مولار در حجم یك لیتر مي‌باشد.

۵: تگزاس شامل ۱۰۷/۹ گرم استاتآمونیوم ۱/٤ مولار ،۸۳ میلي‌لیتر اسیدکلریدریك مولار و ۹/۳۱ گرم EDTA ۰/۰۲۵ مولار در حجم یك لیتر مي‌باشد.

در جدول۳ همچنين ضرايب همبستگي مقادير پتاسيم عصاره‌گيري شده با روشهاي مختلف عصاره‌گيري و برخي شاخص‌هاي گياهي آورده شده است. همانگونه كه مشاهده مي‌شود بالاترين همبستگي را به ترتيب روشهاي اسيدنيتريك، استات آمونيوم ۰/۲۵ مولار، استات آمونيوم يك مولار، استات آمونيوم ۰/۵ مولار، مهليخ ۳ و تگزاس با عملكرد نسبي دانه و جذب پتاسيم توسط كاه و كلش داشته‌اند. ميانگين پتاسيم استخراج شده روشهاي مذكور از ۱۱ تا ۲۳۹ ميلي‌گرم در كيلوگرم متغير مي‌باشد و بيانگر اين امر خواهد بود كه عصاره‌گيرهايي نظير كلريدكلسيم، آب و اسيدكلريدريك كه بطور عمده با پتاسيم محلول در ارتباط باشند نمي‌توانند رابطه قابل قبولي با عملكرد نسبي و ميزان جذب پتاسيم توسط گياه برقرار سازند از طرفي روش استات آمونيوم با غلظت‌ها و نسبت‌هاي مختلف و همچنين اسيدنيتريك، مهليخ ۳ و تگزاس كه قادر به اندازه‌گيري پتاسيم تبادلي و بخشي از پتاسيم غيرتبادلي هستند مي‌توانند شاخص مناسبي در پيش‌بيني عملكرد و جذب پتاسيم توسط گياه برنج معرفي شوند. هابي (۱۹۹۰) روش استات آمونيوم را جهت بررسي پتاسيم جذب شده و همچنين بنسال (۱۹۸۵) استفاده از اسيدنيتريك را در اين رابطه مطرح كرد. زي (۱۹۸۹) استفاده از هر دو روش استات آمونيوم و اسيدنيتريك را جهت مطالعه پتاسيم تبادلي و غيرتبادلي توصيه مي‌كند. چنگ و همكاران (۱۹٦۷) نيز عصاره‌گيرهاي اسيدنيتريك و مهليخ ۳ را به عنوان عصاره‌گيرهاي مناسب معرفي نمودند.

در اين بررسي همبستگي عصاره‌گيرهاي مختلف با غلظت پتاسيم در كاه و كلش كه بخش عمده تجمع پتاسيم مي‌باشد نيز قابل توجه است. اين همبستگي براي روش‌هاي آب مقطر، مورگان، كلووانا، اسيدسولفوريك و كلريدكلسيم ۰/۰۱ مولار به مراتب قوي‌تر از ساير روشها و براي اسيدنيتريك، مهليخ ۳ و ۱، اسيد كلريدريك و تگزاس ضعيف تر از ساير عصاره‌گيرها مي‌باشد. كاوسي (۲۰۰۳) نتايج مشابهي در ارتباط با همبستگي قوي بين روش‌هاي آب مقطر، اسيدسولفوريك، مورگان و كلريد كلسيم ۰/۰۱ مولار با غلظت پتاسيم در كاه و كلش برنج گزارش كرد. با توجه به اين نتيجه اين امر قابل استنباط است كه روشهاي عصاره‌گيري كه ارتباط نزديكتري با پتاسيم به سهولت قابل دسترس دارند در مقايسه با ديگر روشها همبستگي قوي‌تر با غلظت پتاسيم در كاه و كلش گياه برنج خواهند داشت، لذا در اين ارتباط روش عصاره‌گيري با آب كه داراي بالاترين همبستگي با غلظت پتاسيم بوده با توجه به سادگي و سهولت عصاره‌گيري مي‌تواند مورد توجه قرار گيرد.

جدول۳- ميانگين و همبستگي بين پتاسيم استخراج شده بوسيله عصاره‌گيرها و شاخص‌هاي گياهي

عصاره‌گيرها	ميانگين‌پتاسيم‌استخراج‌شده (ميلي‌گرم دركيلوگرم خاك)	عملكردنسبي دانه (درصد)	غلظت‌پتاسيم در كاه و كلش (درصد)	جذب پتاسيم توسط كاه وكلش (درصد)
اسيد نيتريك	۲۳۹	۰/۸۷ **	۰/۵۰ *	۰/۸۱ **
مهليخ ۳	۱٤۸	۰/۷۸ **	۰/۵۲ *	۰/۷۳ **
اسيد سولفوريك	۱٤۱	۰/۷۳ **	۰/٦۵ **	۰/۷۲ **
استات آمونيوم ۰/۲۵ مولار۱:۲۰	۱٤۰	۰/۸۱ **	۰/۵۱ *	۰/۷۵ **
استات آمونيوم ۰/۵ مولار ۱:۲۰	۱۳۹	۰/۷۹ **	۰/۵۱ *	۰/۷۳ **
استات آمونيوم يك مولار ۱:۲۰	۱۳۸	۰/۸۰ **	۰/۵۳ *	۰/۷۳ **
استات آمونيوم ۰/۱ مولار ۱:۲۰	۱۳٦	۰/۷۷ **	۰/۵٤ *	۰/۷۵ **
تگزاس	۱۱۷	۰/۷۷ **	۰/۵٦ *	۰/۷۳ **
كلووانا	۱۰۳	۰/۷۱ **	۰/۷۱ **	۰/٦۲ **
مورگان	۸۸	۰/۷۰ **	۰/۷۲ **	۰/٦۹ **
اسيدكلريدريك۰/۰۵ مولار۱:۱۰	۸۰	۰/۵۹ **	۰/۳۲ ns	۰/۵٦ **
مهليخ ۱	٦۸	۰/٤۷ *	۰/۳۲ ns	۰/٤۹ **
استات منيزيم يك مولار ۱:۲۰	۵۹	۰/۷۳ **	۰/۵۷ *	۰/٦۹ **
كلريدكلسيم ۰/۰۱ مولار ۱:۱۰	٤۰	۰/۵۷ **	۰/٦٤ **	۰/٦۱ **
آب مقطر	۱٦	۰/۵۳ *	۰/۷۵ **	۰/٤۹ **
اسيدكلريدريك ۰/۰۵ مولار۱:۱	۱۱	۰/۵۷ **	۰/۵۷ **	۰/۵٤ **

تعیین حدود بحراني با روشهاي مختلف عصاره‌گیري

سطوح بحراني پتاسیم براي ۹۰ درصد عملکرد نسبي دانه برنج با روش ترسیمي کیت- نلسون و براي عصاره‌گیرهایي که بالاترین همبستگي را با عملکرد نسبي داشته‌اند در اشکال ۱ تا ٤ نشان داده شده‌اند. با توجه به این اشکال مي‌توان نتیجه گرفت غلظت بحراني پتاسیم براي استات آمونیوم یك مولار، استات آمونیوم ۰/۵ مولار، استات آمونیوم ۰/۲۵ مولار و اسیدنیتریك به ترتیب ۱۲۰، ۱۲۰، ۱۲۰ و ۲۱۰ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك بوده است. مقایسه این اعداد نشان مي‌دهد عصاره‌گیري که پتاسیم بیشتري از خاك استخراج نموده (جدول ۳) داراي سطح بحراني بالاتري مي‌باشد، لذا این امر قابل نتیجه‌گیري است که عصاره‌گیرهایي که پتاسیم سهل‌الوصول گیاه را برآورد نموده و میزان پتاسیم استخراجي آنها کم مي‌باشد سطح بحراني پایین‌تري خواهند داشت. توفیقي (۱۳۷۷) حد بحراني پتاسیم، براي ۵۱ نمونه از خاکهاي شالیزاري منطقه شمال با روش استات آمونیوم یك مولار را ۱۳۵ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك گزارش نمود. همچنین در آزمایش دیگري توسط کاوسي (۱۳۷۸) که بصورت گلداني بر روي ۲۳ نمونه خاك شالیزاري صورت گرفت حد بحراني پتاسیم با روش استات آمونیوم یك مولار بدون غرقاب کردن خاك ۱۱۲ و پس از دو هفته غرقاب کردن خاك ۱۰۰ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك عنوان گردید. ددانا (۱۹۸۵) مشاهده کرد که سطح بحراني با استفاده از روش استات آمونیوم یك مولار مي‌تواند از ۵۱ تا ۱٦۰ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك متغیر باشد. همچنین دابرمن (۲۰۰۰) مقدار پتاسیم استخراجي توسط استات آمونیوم مولار در اراضي شالیزاري را بین ۱۹/٦ تا ۷۸۲ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك و حد بحراني آن را ۷۸ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك تعیین کرد. متغیربودن نتایج این گزارشات مبین این موضوع است که حدبحراني مي‌تواند به برخي از ویژگیهاي خاك از جمله بافت خاك، مینرالوژي رسها و همچنین پتاسیم ورودي از طریق آب آبیاري و همینطور نوع ارقام کشت شده وابسته باشد. وي همچنین مطرح کرد درخاکهاي داراي قدرت تثبیت و پتاسیم غیرتبادلي بالا نظیر خاکهاي حاوي رس ورمي‌کولایت، عصاره‌گیر استات آمونیوم براي پتاسیم اغلب نتایج کوچکي را درپي داشته (کمتر از ۷۸ میلي‌گرم درکیلوگرم‌خاك) و لذا در چنین شرایطي این عصاره‌گیر نتوانسته یك آزمون قابل اعتماد براي ارزیابي فراهمي پتاسیم باشد. همانطور که اشاره شد بدلیل تاثیرپذیري سطوح بحراني از برخي ویژگیهاي خاکي و محیطي منطقي بنظر مي‌رسد که این شاخص براي ارقام مشخص برنج در شالیزارهایي که داراي خاکهایي با ویژگیهاي متفاوت هستند بطور جداگانه مطالعه شود. در این آزمایش از بین عصاره‌گیرهایي که بالاترین همبستگي را با عملکرد نسبي دانه و میزان جذب پتاسیم توسط کاه و کلش داشته‌اند حد بحراني با روش استات آمونیوم در تمامي غلظت‌ها در حدود ۱۲۰ میلي‌گرم در کیلوگرم خاك بوده است و اگر از بین این غلظت‌ها استات آمونیوم ۰/۵ مولار و ۰/۲۵ مولار به عنوان با صرفه‌ترین و مناسب‌ترین عصاره‌گیر معرفي شوند مقدار پتاسیم قابل استخراج با این روشها با توجه به حد بحراني ۱۲۰ در ۳۸ درصد خاکهاي مورد بررسي زیر سطح بحراني و در ٦۲ درصد بقیه بالاي سطح بحراني قرار دارد که احتمال مي‌رود پاسخ به کود پتاسیمي در ۳۸ درصد خاکها زیاد باشد.

اثرپتاسیم برعملکرد دانه، کاه،کلش و میزان جذب پتاسیم

جدول ٤ نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، کاه و کلش و هم‌چنین میزان جذب پتاسیم را نشان مي‌دهد. همانطور که مشاهده مي‌شود تاثیر خاکهاي مناطق مختلف بر عملکرد دانه، کاه و کلش و میزان جذب پتاسیم در سطح ۱% معني‌دار مي‌باشد و همچنین اثرات تیمارهاي کودي نیز بر عملکرد دانه، کاه و کلش در سطح ۵% و بر مقدار جذب پتاسیم در سطح ۱% تاثیرگذار بوده‌اند. مقایسه میانگین این پارامترها (جدول ۵) نیز براساس آزمون چنددامنه‌اي دانکن بیان مي‌داردکه تیمار ٤۰۰ کیلوگرم اکسیدپتاسیم در هکتار موجب افزایش عملکرد دانه، کاه و کلش و میزان جذب پتاسیم به ترتیب به میزان ٦/۲، ۲۵/۷ و ۵۵ درصد نسبت به شاهد شده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس عملکرد دانه، کاه و کلش و میزان جذب پتاسیم

منبع تغییرات	درجه آزادي	میانگین مربعات		
		عملکرد دانه	عملکرد کاه و کلش	جذب پتاسیم درکاه و کلش
خاك	۲۰	۳۷۵٦۳۸۸/۰٤ **	۱۷۱٦۸۰۷٤٦٦ **	۱۰۵۸۲/۱۲۱۷ **
پتاسیم	۵	۱۰٤۳٤٦۹/۹۸ *	۷۱۸٤۵۸٦۱۱ *	٦٦۱۱/۱٦۳۲ **
خطا	۱۰۰	٤۲۱٦۳۰/۲	۲۳۰۰٤۸۹٦۰	۹۰۹/٦۱۸۵

* و ** به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار است

ملكوتي و همكاران (۱۳۸۰) در مطالعه تعيين حد بحراني پتاسيم براي برنج و بررسي پاسخ آن به كلرورپتاسيم در ۲۲ منطقه از اراضي شاليزاري مازندران بيان كردند كه ۶۳ درصد از مناطق مورد مطالعه نسبت به كاربرد كود پتاسيمي پاسخ مثبت دادند و دامنه افزايش محصول دانه نسبت به تيمار شاهد از ۷ تا ۴۴ درصد متغير بود. توفيقي (۱۳۷۷) در بررسي پاسخ برنج به كود پتاسيم در خاك‌هاي شاليزاري شمال ايران، ميزان افزايش ميانگين عملكرد ماده خشك اندام هوايي و عملكرد شلتوك را در رقم آمل ۳ به ترتيب ۲۲ و ۲۲/۷ درصد گزارش نمود و هم‌چنين در رقم خزر افزايش ميانگين عملكرد ماده‌خشك اندام هوايي وشلتوك را در اثر مصرف كود پتاسيمي به ترتيب۱۶/۲ و ۱۷/۷ درصد بيان كرد.

جدول۵- مقايسه‌ميانگين عملكرد دانه، كاه وكلش ومیزان جذب‌پتاسيم براساس‌آزمون چند دامنه‌اي‌دانكن

تيمار كودي kg ha^{-1}	ميانگين عملكرد دانه kg ha^{-1}	ميانگين عملكرد كاه و كلش kg ha^{-1}	ميانگين جذب پتاسيم در كاه وكلش kg ha^{-1}
۰	٤٨٠٠/٧ ab *	٥٧٥٧٠ a *	٩٨/١٤ a *
١٠٠	٤٩٦٩/٣ ab	٥٧٩٩٧ a	١٢٦/١٢ b
٢٠٠	٥٠٨٥/٤ b	٦٠٦٩٦ a	١٣٠/٧١ b
٣٠٠	٤٨٥٧/٥ ab	٦١١٤١ a	١٢٩/٠٥ b
٤٠٠	٥١٦١/٣ b	٧٢٣٨٢ b	١٥٢/٣٣ c
٥٠٠	٤٥٤٠/٤ a	٥٦٤٥٧ a	١٣٧/١٤ bc
ميانگين	٤٩٠٢/٤	٦١٠٤١	١٢٨/٩٢

*: حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معني‌دار بين تيمارهاي آزمايش مي‌باشد.

نتايج همبستگي بين مقادير پتاسيم استخراجي به وسيله عصاره‌گيرها

جدول ٦ بيانگر ضرايب همبستگي خطي پتاسيم استخراج شده به وسيله عصاره‌گيرهاي مختلف مي‌باشد. با توجه به نتايج بدست آمده همبستگي غلظت‌هاي مختلف استات آمونيوم با يكديگر و هم‌چنين با مهليخ ۳ و تگزاس بسيار معني‌دار مي‌باشد (**۰/۹۲ تا **۰/۹۹) از طرفي همبستگي اين روشها با مهليخ ۱ و خصوصاً آب (روشهايي كه پتاسيم سهل‌الوصول را عصاره‌گيري مي‌كنند) ضعيف است (**۰/٦۰ تا **۰/۷۷). همبستگي بالاي روش‌هاي استات آمونيوم، مهليخ ۳ و تگزاس را مي‌توان ناشي از حضور يون آمونيوم در تركيب اين عصاره‌گيرها دانست. جدول ۳ نشان مي‌دهد روش‌هايي كه در تركيب خود داراي آمونيوم مي‌باشند همبستگي كمتري را با غلظت پتاسيم در گياه نشان مي‌دهند در حالي كه عصاره‌گيرهاي ضعيفي نظير آب ارتباط قابل قبولي را با غلظت پتاسيم در گياه بيان مي‌دارد، لذا مي‌توان نتيجه گرفت كه يون آمونيوم قادر به استخراج بخشي از پتاسيم غيرتبادلي خاك نيز باشد. بيگل و اوراوك (۱۹۹۰) در تحقيق خود نشان دادند كه همبستگي زيادي (r =۰/۹٦) بين استات آمونيوم مولار خنثي و مهليخ ۳ وجود داشته هم‌چنين هانلون و جانسون (۱۹۸٤) از همبستگي قوي بين عصاره‌گيرهاي مهليخ ۳، بي‌كربنات آمونيوم-DTPA و استات آمونيوم (۰/۸۰ تا ۰/۹۹) با يكديگر گزارش دادند. البته نتايج ضرايب همبستگي عصاره‌گيرهاي مختلف با هم به تنهايي نمي‌تواند شاخص مناسبي جهت پيش‌بيني و يا انتخاب يك عصاره‌گير باشد و فقط مي‌تواند به عنوان معياري كه ارتباط روشها را با هم در قابليت عصاره‌گيري پتاسيم بيان مي‌دارد مطرح شود. زي (۱۹۸۹) عامل مهم در تعيين يك عصاره‌گير براي استخراج عنصر موردنظر را ارتباط و همبستگي آن روش با برخي از فاكتورهاي گياهي از جمله عملكرد و جذب عنصر موردنظر در بافت‌هاي گياهي عنوان نمود.

از نكات قابل توجه در اين نتايج همبستگي قوي و معني‌داري است كه بين غلظت‌هاي مختلف استات آمونيوم با هم و همچنين استات آمونيوم با عملكرد نسبي دانه و ميزان جذب پتاسيم توسط كاه و كلش برنج وجود دارد (جدول۳) لذا با توجه به اين نتايج اين امر قابل توجيه است كه بتوان به جهت صرفه‌جويي مواد شيميايي در آزمايشگاههاي تجزيه خاك از استات آمونيوم با غلظت كمتر براي عصاره‌گيري استفاده نمود. لازم به ذكر است كه هم‌اكنون تقريباً در همه آزمايشگاههاي تجزيه خاك كشور از استات آمونيوم يك مولار با نسبت ۱:۲۰ جهت استخراج پتاسيم براي همه خاكها و محصولات استفاده مي‌شود كه با توجه به نتايج بدست آمده در اين بررسي، استات آمونيوم ۰/۵ مولار و يا حتي ۰/۲۵ مولار با نسبت ۱:۲۰ مي‌تواند جايگزين استات آمونيوم يك مولار گردد، البته بايد به اين نكته مهم توجه داشت كه اين جايگزيني تنها براي گياه

برنج و برخي خاکهاي استان گيلان که مي‌توانند وضعيت تقريباً يکساني داشته باشند قابل توصيه بوده و براي ساير نقاط و محصولات ديگر چنين انتخابي نياز به آزمايش و بررسي بيشتر خواهد داشت.

نتيجه‌گيري

در مطالعه ارتباط عصاره‌گيرهاي مختلف با عملکرد نسبي، جذب و غلظت پتاسيم در گياه و انتخاب بهترين عصاره‌گير نتايج نشان داد که روش استات آمونيوم که قادر به استخراج پتاسيم تبادلي و همچنين روش اسيدنيتريک که علاوه بر پتاسيم تبادلي مي‌تواند بخش قابل توجهي از پتاسيم غيرتبادلي را آزاد نمايد بالاترين همبستگي را با عملکرد نسبي و ميزان جذب پتاسيم داشته‌اند و لذا در مطالعه اين فاکتورها بعنوان بهترين عصاره‌گير معرفي مي‌شوند در اين ارتباط قابل ذکر است که پتاسيم تبادلي مي‌تواند بعنوان شاخصي از پتانسيل تامين فوري پتاسيم براي گياه برنج، همانند ساير محصولات عمل نمايد و پتاسيم غيرقابل تبادل استخراج شده با اسيدهاي قوي نيز مي‌تواند شاخص مفيدي از پتانسيل تامين درازمدت پتاسيم براي برنج در خاکهايي که منشاء پدوژنيکي متفاوتي دارند، باشد. در زمينه غلظت پتاسيم در گياه نيز نتايج نشان داد که عصاره‌گيرهاي ضعيف ارتباط قابل قبولي با اين فاکتور دارند و لذا روش عصاره‌گيري با آب که داراي بالاترين همبستگي با غلظت پتاسيم در گياه بوده با توجه به سادگي روش عصاره‌گيري پيشنهاد مي‌شود.

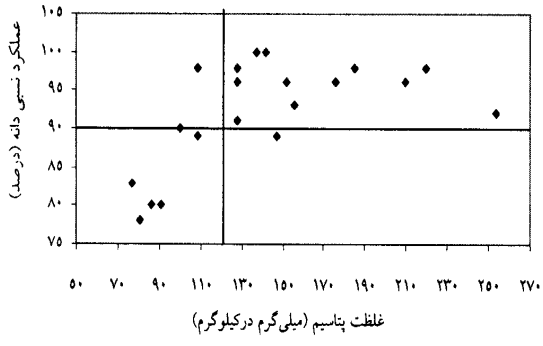
جدول ٦- ضرايب همبستگي خطي بين پتاسيم استخراج شده به وسيله روش‌هاي مختلف عصاره‌گيري

روش عصاره‌گيري	استات آمونيوم ۰/۵ مولار	استات آمونيوم ۰/ مولار ۲۵	استات آمونيوم ۰/۱ مولار	اسيد نيتريک	اسيد سولفوريک	مهليخ۳	مهليخ۱	کلووانا	مورگان	استات منيزيم	آب مقطر	تگزاس	اسيدکلريدريک ۰/۰۵ مولار (۱:۱۰)	اسيدکلريدريک ۰/۰۵ مولار (۱:۱)	کلريد کلسيم
استات آمونيوم يك مولار	** ۰/۹۹	** ۰/۹۹	** ۰/۹۸	** ۰/۸۹	** ۰/۹٤	** ۰/۹۹	** ۰/۷۷	** ۰/۹۱	** ۰/۹۵	** ۰/۹۹	** ۰/٦۸	** ۰/۹۹	** ۰/۸۲	** ۰/۸۵	** ۰/۸۹
استات‌آمونيوم ۰/۵ مولار		** ۰/۹۹	** ۰/۹۸	** ۰/۸۸	** ۰/۹۳	** ۰/۹۹	** ۰/۷۵	** ۰/۹۲	** ۰/۹٤	** ۰/۹۹	** ۰/٦۹	** ۰/۹۹	** ۰/۸۰	** ۰/۷۸	** ۰/۸۸
استات‌آمونيوم ۰/۲۵ مولار			** ۰/۹۷	** ۰/۹۰	** ۰/۹٤	** ۰/۹۹	** ۰/۷٦	** ۰/۹۱	** ۰/۹٤	** ۰/۹۸	** ۰/٦۸	** ۰/۹۹	** ۰/۸۱	** ۰/۷۹	** ۰/۸۷
استات‌آمونيوم ۰/۱ مولار				** ۰/۸٤	** ۰/۸۸	** ۰/۹٦	** ۰/٦۷	** ۰/۹۵	** ۰/۹٤	** ۰/۹۸	** ۰/۷۷	** ۰/۹۷	** ۰/۷۳	** ۰/۸۱	** ۰/۹۲
اسيدنيتريک					** ۰/۸٤	** ۰/۸۹	** ۰/۸۵	** ۰/۷۲	** ۰/۸۱	** ۰/۸٤	* ۰/٤۷	** ۰/۸۷	** ۰/۸۷	** ۰/۷٤	** ۰/۷٤
اسيدسولفوريک						** ۰/۹٦	** ۰/۸۰	** ۰/۸۵	** ۰/۹۵	** ۰/۹۲	** ۰/۵۸	** ۰/۹۵	** ۰/۸٤	** ۰/۷٤	** ۰/۸۲
مهليخ۳							** ۰/۷۸	** ۰/۹۰	** ۰/۹٤	** ۰/۹۸	** ۰/٦٦	** ۰/۹۹	** ۰/۸۲	** ۰/۷٦	** ۰/۸٦
مهليخ۱								* ۰/٤۸	** ۰/۷٤	** ۰/۷۲	ns ۰/۱۹	** ۰/۷٦	** ۰/۹۹	** ۰/۷۳	** ۰/٦٤
کلووانا									** ۰/۹۱	** ۰/۹۳	** ۰/۸۹	** ۰/۹۱	** ۰/۵۵	** ۰/۷۳	** ۰/۸۹
مورگان										** ۰/۹٦	** ۰/۷۵	** ۰/۹٤	** ۰/۷۹	** ۰/۸۷	** ۰/۹۵
استات منيزيم											** ۰/۷۳	** ۰/۹۸	** ۰/۷۷	** ۰/۸۱	** ۰/۹۱
آب مقطر												** ۰/٦٦	ns ۰/۲۵	** ۰/٦٦	** ۰/۸٤
تگزاس													** ۰/۸۱	** ۰/۷۵	** ۰/۸٦
اسيدکلريدريک ۰/۰۵مولار (۱:۱۰)														** ۰/۷٤	** ۰/٦۷
اسيدکلريدريک ۰/۰۵مولار (۱:۱)															** ۰/۹۳

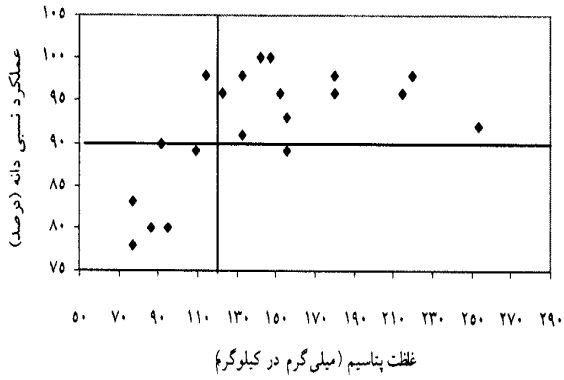
* ، **: به ترتيب در سطح پنج و يك درصد معني‌دار است. ns : معني‌دار نيست

در اين آزمايش غلظت‌هاي مختلف عصاره‌گير استات آمونيوم با هم و با ديگر روشهاي عصاره‌گيري نيز مورد مقايسه قرار گرفت. نتايج نشان داد كه ضرايب همبستگي قوي و معني‌داري بين غلظت‌هاي مختلف استات آمونيوم با هم و با استات منيزيم، مهليخ ۳ و تگزاس وجود دارد لذا با توجه به قيمت مواد شيميايي مصرفي و سهولت تهيه از بين چهار روش فوق استات آمونيوم با تكيه بر همبستگي قابل قبولي كه با عملكرد نسبي و ميزان جذب پتاسيم داشته جهت استخراج پتاسيم قابل دسترس گياه برنج پيشنهاد مي‌گردد. از طرفي از بين غلظت‌هاي مختلف نيز استات آمونيوم ۰/۵ مولار و ۰/۲۵ مولار با نسبت ۱:۲۰ توصيه مي‌شود. همانطور كه اشاره شد اين جايگزيني فقط براي گياه برنج و برخي خاك‌هاي شاليزاري كه شرايط مشابهي داشته پيشنهاد مي‌گردد و براي ساير خاك‌ها و محصولات نياز به مطالعه بيشتر خواهد بود.

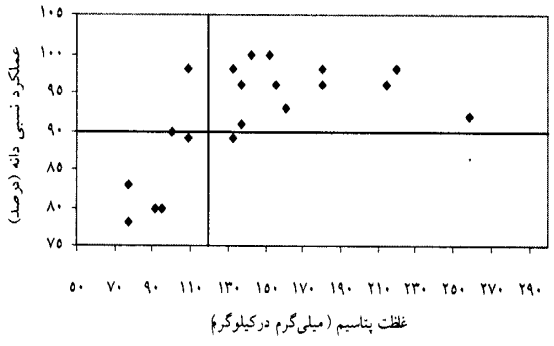
غلظت بحراني پتاسيم براي گياه برنج رقم پرمحصول خزر نيزبا استفاده از عصاره‌گيرهاي استات آمونيوم يك مولار، ۰/۵ مولار و ۰/۲۵ مولار ۱۲۰ ميلي‌گرم و براي اسيدنيتريك ۲۱۰ ميلي‌گرم در كيلوگرم خاك برآورد مي‌گردد.



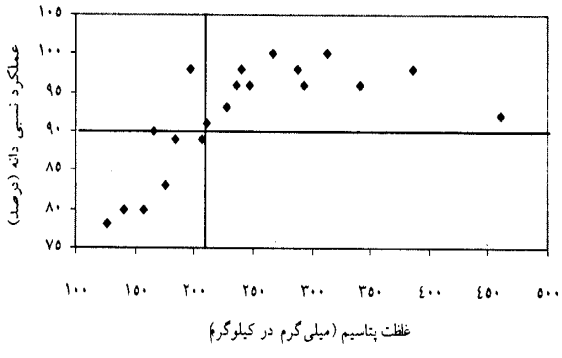
شكل ۱- غلظت بحراني پتاسيم با روش استات آمونيوم يک مولار



شكل ۲- غلظت بحراني پتاسيم با روش استات آمونيوم ۰/۵ مولار



شكل ۳- غلظت بحراني پتاسيم با روش استات آمونيوم ۰/۲۵ مولار



شكل ۴- غلظت بحراني پتاسيم با روش اسيد نيتريک

منابع مورد استفاده **REFERENCES**

۱. اوستان، ش. ۱۳۷۳. بررسي تخليه پتاسيم از خاك‌هاي شاليزاري شمال كشور. پايان‌نامه كارشناسي ارشد، دانشكده. توفيقي، ح. ۱۳۷۷. بررسي پاسخ برنج به كود پتاسيم در خاك‌هاي شاليزاري شمال ايران. مجله علوم كشاورزي ايران، جلد ۲۹، شماره ٤.

۲. توفیقی، ح. ۱۳۷۷. بررسی پاسخ برنج به کود پتاسیم در خاک‌های شالیزاری شمال ایران. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۹، شماره ۴.

۳. کاوسي، م. ۱۳۷۸. مطالعه عوامل موثر در جذب پتاسیم از خاك توسط گیاه برنج و تعیین عصاره‌گیر مناسب براي پتاسیم در برخي از شالیزارهاي گیلان. رساله دکتراي خاکشناسي، دانشگاه صنعتي اصفهان.

٤. گلستاني فرد، ع. ۱۳۷۵. بررسي تثبیت پتاسیم در خاك‌هاي شالیزاري شمال ایران. پایان‌نامه کارشناسي ارشد، دانشکده کشاورزي، دانشگاه تهران.

۵. ملکوتي، م.ج.، م. ح. داودي، ن. سعادتي، م. ولي‌نژاد، م. ر. رمضان‌پور، م. محمودي و م. محمدیان. ۱۳۸۰. تعیین حد بحراني پتاسیم براي برنج و بررسي پاسخ آن به کلروپتاسیم در اراضي شالیزاري مازندران. ویژه‌نامه مصرف بهینه کود. جلد۱۲. شماره ۱۴.

6. Adiningsih, J. & S. Sudjadi. 1983. Evaluation of different extracting methods for available potassium in paddy soils. Pemberitaan- Penelitian- Tanah- dan- Pupuk. No. 1, 5-10.
7. Bansal, K. N. 1985. Effect of applied potassium on nutrient contents of rice grown in three soils. Plant Soil. 84:275-278.
8. Beegle, D. B. & T. C. Oravec. 1990. Comparison of field calibration for Mehlich 3 Panda K with Bray- Kurtz P, and ammonium acetate K for Com. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 21 (13-16): 1025-1036.
9. Bremner, J. M. 1982. Methods of soil analysis. Part2, Second Edition
10. Brown, J. R., T. E. Bates, & M. L. Vitosh. 1987. Soil testing: Sampling, correlation, calibration and interpretation. SSSA. Special Pub. No. 21, Madison, WI.
11. Carter, M. R. 1993. Soil sampling and methods of analysis. Can. Soc. Soil Sci. Lewis Puplishers .
12. Chang, S. C., G. B. Quevigero, & B. V. Frais. 1967. A study on the correlation between availability index of soil phosphorous and potassium response to fertilizer of lowland rice in the Philippines. A working paper of UNDO/SE soil fertility survay and research project in the Philippines.
13. Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capability. p. 891- 901 In C. A. Black, et al. (ed.) Method of soil analysis. SSSA. Madison, WI.
14. Corey, R. B. 1987. Soil testing procedures: Correlation. p. 15- 22. In J. R. Brown et al. (ed.), Soil testing: Sampling, correlation, calibration, and interpretation. SSSA. Madison, WI.
15. Cottenie, A. 1988. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations F. A. O Soil Bull. 38/2.
16. Datta, N. P. & A. R. Kalbande. 1967. Correlation of response in paddy with soil tests for potassium in different Indian soils. J. Indian Soc. Soil Sci. 15:1-6.
17. De Datta, S. K. & D. S. Mikkelson. 1985. Potassium nutrition of rice. p. 665- 669. In R. D. Munson (ed.) Potassium in agriculture. ASA. CSSA. SSSA. Publ. Madison, WI.
18. Dobermann, A. & T. Fairhurst. 2000. Nutrient disorders and nutrient management. Handbook series. p. 12-83. PPI. PPIC- IRRI.
19. Gee, G. W. & J. W. Bauder. 1986. Particle size analysis. p. 383- 411. In A. Klute, (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. SSSA. Madison, WI.
20. Goswami, N. N. & N. K. Banerjee. 1978. Phosphorus, potassium and other macroelements. p. 561-580. In Soil and rice. IRRI.
21. Haby, V. A., M. P. Russelle & E. O. Skogley. 1990. Testing soil for potassium, calcium and magnesium. p. 181- 227. In R. L. Weterman (ed.), Soil testing and plant analysis. 3rd ed., SSSA, Madison, WI.
22. Hanlon, E. A. & G. V. Johnson. 1984. Bray/ Kurtz, Mehlich III, AB/ O ammonium acetate extractions of P, K and Mg in four Oklahama soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15 (3): 277- 294.
23. Houba, N. J., L. Novazamsky, & J. Vanderlee. 1986. Comparison of soil extractions 0.01M $CaCl_2$, with EUF and by some conventional extraction procedures. Plant Soil. 96: 433- 437.
24. Johnston, A. E. & A. Krauss. 1998. Is exchangeable K a sufficient guide for K recommendations? Proc. The 18th World Soil Sci. Cong. Paris, France.

25. Kavoosi, M., M. Kalbasi & A. Aliakbar. 2003. Comparison of capsule resin data and kinetic parameters with some static soil tests to predict potassium uptake by rice. Communications in soil science and plant analysis. Vol. 34, Nos. 15 and 16 p. 2073- 2083.
26. Kene, D. R., K D. Shende & K. Thakare. 1987. Potassium status of soils of east Vidarbha. Evaluation of different extractants of available potassium using rice as test crop by Neubauer technique. PKV, Res. J. 11: 2, 144-150.
27. Knudsen, D. 1982. Lithium, sodium and potassium. p. 225-246. In A. L. Page, et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. SSSA, Madison, WI.
28. Lancaster, J. D. 1980. Mississippi soil test methods and interpretation. Mississippi Agric. Exp. Stn. Mimeo.
29. Lunt, H.A., C.L. W. Swanson, & H. G. M. Jacobson. 1950. The Morgan soil testing system. Connecticut Agric. Exp. Stn. Bull. 548.
30. Mclean, E. O. 1982. Soil pH & lime requirement. p. 199- 224. In A. L. Page. et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. SSSA. Madison, WI.
31. Mehlich, A. 1953. Determination of P, K, Na, Ca, Mg, and NH_4. , Soil Test Div. Mimeo. North Carolina. Dep. Agric., Raleigh. , N.C.
32. Mehta, B. V. 1976. Potassium status of Gujatrat soils. p. 25-32 In Potassium in soils. Crops and fertilizers. Bull. No. 10. Indian Soc. Soil Sci. New Delhi.
33. Mustscher, H.1995. Measurement and assessment of soil potassium. Int. potash Inst. Res. Topic. 4.
34. Nelson, D. W. & L. E. Sommers. 1990. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p. 539- 579. In Page. et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part 2. SSSA. Madison, WI.
35. Olsen, S. R., C. V. C. Cole, F. S. Watanabe & L. A. Dean. 1954. Estimation of available Phosphorus in soils by extraction with Sodium bicarbonate. U. S. Dep. Of Agric. Cric. 939.
36. Schneider, A. 1997. Release and fixation of potassium by a loamy soil as affected by initial water content and potassium status of soil samples, Europ. J .Soil Sci. 48: 263-271.
37. Van Lierop, W. 1985. Comparison of laboratory methods for evaluating plant available soil phosphorus. In The role of soil analysis in resource management. Proc. 9th British Columbia Soil Workshop. B. C. Minstry of Environment, Vancouver, Canada.
38. Venkata subbiah, V., J. Venkateswarlu, & V. K. Sastry. 1976. Potassium supplying power of black soils of west Godavari, Andhra Pradesh. p. 219-226 In Potassium in soils, crops and fertilizers. Bull. 10. Indian Soc. Soil Sci. New Delhi.
39. Von Uexkull, H. R. 1970. Role of fertilizer in the intensification of rice cultivation. p. 391- 402. In Role of fertilization in the intensification of agricultural production. Proc. 9th Congr. Int. Potash Inst. Antibes.
40. Von Uexkull, H. R. 1978. Potash and rice production in Asia. Potash Rev. Subj 9, cereal crops, 41th suite, No. 8:1- 6.
41. Waling, I., W.V. Vark, V.J.G. Houba, & J. Vanderlee. 1989. Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part7, plant analysis procedures. Wageningen Agriculture University.
42. Xie, J.C. 1989. A study on soil testing and fertilization recommendations for rice crop. p. 233- 249. In Soils and their management. A Sino- European perspective.