# مطالعه اثر کشت طولانی مدت انگور بر روی کانی‌شناسی اجزاء خاک و شکل‌های مختلف پتاسیم در دو منطقه ملایر

سهیلاسادات هاشمی[1]

استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر؛ S.Hashemi@malayeru.ac.ir

دریافت: 98/11/15 و پذیرش: 99/4/25

## چکیده

**نیاز کودی به عنصر پتاسیم تحت تاثیر نوع گیاه و مدت زمان کاشت آن و وابسته به منبع خاکی آن است. هدف از این تحقیق بررسیاثر کشت دراز مدت بر کانی‌شناسی اجزاء خاک و شکل‌های مختلف پتاسیم در باغات انگور در شهرستان ملایر است. خاک‌رخ‌ها در دو منطقه با بافت سنگین و سبک حفر شدند. خصوصیات فیزیکی، شیمیائی و شکل‌های مختلف پتاسیم خاک‌ها تعیین شد.اجزاء خاک جدا شدند و کانی‌شناسی جزء شن، سیلت و رس در برخی افق‌های خاک رخ‌ها تعیین شد.مقادیر میانگین پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و کل به ترتیب از 15/8 تا 62/1، 216/8 تا 540/8، 395 تا 1897 و 8322 تا 13416 میلی‌گرم برکیلوگرم در خاک‌رخ‌ها متغییر بود. پتاسیم محلول و تبادلی با کربن آلی ($r^2$=0/67) و میزان رس ($r^2$=0/42 )دارای ارتباط مثبت معنی‌داری بودند. آهک و سیلت با اشکال پتاسیم دارای ارتباط منفی و در برخی موارد معنی‌دار($r^2$=0/62 ) بودند. نتایج کانی‌شناسی در جزء رس نشان داد که منطقه با بافت درشت عمدتا" حاوی ایلایت بیشتر و منطقه با بافت سنگین حاوی ورمی‌کولایت و سپس اسمکتایت بیشتری بود. کانی‌های مختلط ایلایت-اسمکتایت،ایلایت–ورمی‌کولایت،و کلرایت-اسمکتایت دربخش سیلت نمونه‌ها بیشتر مشاهده شدند و نقش اصلی کنترل شکل‌های متفاوت پتاسیم را در این جزء داشتند. کشت دراز مدت انگور در هر دو منطقه باعث کاهش پتاسیم کل نسبت به اراضی بایر کناری شده است. توصیه می‌شود برای آزادسازی پتاسیم از جزء غیرتبادلی، مصرف کود پتاسه از طریق آزمون خاک برآورد گردد**

**واژه‌های کلیدی:** پتاسیم محلول و تبادلی،ایلایت،اسمکتایت،ورمی‌کولایت

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: ملایر، دانشگاه ملایر، دانشکده کشاورزی، گروه علوم و مهندسی خاک

**مقدمه**

بسیاری از ویژگی‌های خاک، از جمله انبساط و انقباض، تبادل کاتیونی، تهویه، نفوذپذیری و ویژگی‌های تغذیه‌ای خاک بستگی به نوع و میزان کانی‌ها به‌ویژه رس‌های خاک دارد (ترابی‌گل‌سفیدی و همکاران، 1380).پتاسیم به طور متوسط 2/6 درصد از جرم پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و بنابراین از نظر فراوانی عنصری، هفتمین و از لحاظ عنصر غذایی چهارمین عنصر شیمیایی در لیتوسفر می‌باشد (مک‌لین و همکاران، 1972).بخش قابل توجهی از پتاسیم در خاک‌ها در ساختمان متبلور کانی‌های اولیه و ثانویه مثل میکاها، فلدسپارها و کانی‌های میکایی بخش رس وجود دارد. بنابراین مهم‌ترین منبع تأمین پتاسیم برای گیاهان، هوادیدگی کانی‌های حاویاین عنصر در خاک می‌باشد. معمولاً میکاها در بخش رس خاک وجود داشته و راحت‌تر از فلدسپاتها ($KAlSi_3O_8$) که اغلب در بخش سیلت و شن خاک وجود دارند، هوادیده شده و پتاسیم مورد نیاز گیاه را آزاد می‌کنند.

در میان میکاها نیز کانی بیوتیت راحت‌تر از کانی مسکوویت هوادیده می‌شود. در واقع هوادیدگی مسکوویت در حضور بیوتیت غیرمحتمل می‌باشد و مقدار مسکوویت نمی‌تواند به‌عنوان یک شاخص از ذخیره پتاسیم در خاک‌هایی که در آنها کانی‌های مسکوویت و بیوتیت با هم وجود دارند، استفاده شود (پال و همکاران، 2001). بنابراین در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک اصلی‌ترین منبع تامین پتاسیم مورد نیاز گیاه، هوادیدگی کانی بیوتیت می‌باشد (هاولین و همکاران، 1999). به طور کلی پتاسیم در خاک به چهار شکل اصلی وجود دارد که عبارتند از پتاسیم محلول (درصد بسیار کم)، تبادلی (2-0/1 درصد کل)، غیرقابل تبادل (2-10 درصد کل) و ساختمانی (98-90 درصد کل). پتاسیم در خاک می‌تواند از ذرات سیلت و رس آزاد شود. به نظر می‌رسد آزادسازی پتاسیم از ذرات سیلت در نتیجه وجود میکاها و آزادسازی آن از بخش رس در نتیجه وجود ایلایت و میکاهای دانه‌ریز باشد. زیرا میکاها در بخش ریز و درشت خاک و کانی ایلایت در بخش رس خاک‌ها وجود دارند. هم‌چنین به نظر می‌رسد سرعت آزادسازی پتاسیم از ذرات سیلت بیشتر از ذرات رس بوده، که این به‌دلیل تفاوت در درجه هوادیدگی می‌باشد (فیگنبام و لاوی، 1977). موراشکینا و همکاران (2007) در مطالعه تثبیت پتاسیم در رسوبات گرانیتی در منطقه کالیفرنیا، نشان دادند که کانی اسمکتیت و میکا در جزء رس، ورمی‌کولیت و بیوتیت آبدار در جزء سیلت، و فلدسپار، آمفیبول، کوارتز و قسمتی از ورمی‌کولیت در جزء شن ریز و خیلی ریز از جمله کانی‌های عمده در تثبیت پتاسیم می‌باشند. بالاترین تثبیت پتاسیم را در جزء سیلت و توسط ورمی‌کولیت و میکای آبدار و سپس در جزء شن ریز توسط فلدسپارها گزارش کردند. نبی‌اللهی و همکاران (2006) با مطالعه اشکال مختلف پتاسیم در راسته‌های مختلف خاک، نشان دادند که در راسته ورتی‌سولز بدلیل غالب بودن کانی رسی اسمکتیت، تمامی شکل‌های پتاسیم نسبت به سایر راسته-ها، بالاتر است. هم‌چنین بیان نمودند که خاک‌های با محتوی ایلایت 30 تا 50 درصد، پتاسیم ساختاری و غیرتبادلی بالاترینسبت به خاک‌های با محتوی ایلایت 10 تا 30 درصد دارند.

درخت انگور با نام علمی (Vitis vinifera)، از جنس ویتیسو گونه وینیفرا از خانواده انگور سانان (Vitaceae) است. پتاسیم به عنوان یک جزء از محلول سیتوپلاسم سلولی، نقش حیاتی در پایین آوردن پتانسیل اسمزیگیاه، ایفا می‌کند. در باغ‌های انگور پتاسیم برایر شد شاخه، افزایش کیفیت محصول و مدت انبادارای خوشه‌ها لازم می‌باشد (خاندگال، 1977).زارعی (1392) نشان داد که با افزایش سولفات‌پتاسیم به صورت برگپاشی بر روی انگور، کلیه صفات کمی و کیفی انگور افزایش یافته است. گلی‌کلانپا (1383) در تحقیق بر روی تثبیت پتاسیم در خاک‌های زیر کشت انگور در ارومیه نشان داد که با افزایش میزان پتاسیم مصرفی در خاک‌ها، میزان تثبیت افزایش یافته، و میزان این تثبیت کاملاً وابسته به نوع کانی‌های رسی می‌باشد و مستقل از میزان مصرف پتاسیم است. با توجه به مطالعات انجام گرفته، مشخص شد که انگور گیاهی پتاسیم‌دوست بوده، و می‌تواند تا چندین سال پتاسیم مورد نیاز را از خاک تأمین کند.

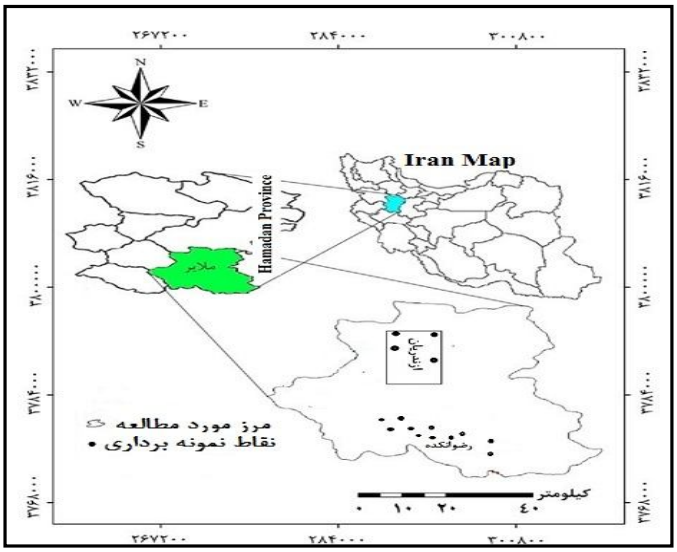
شهرستان ملایر اولین رتبه در استان همدان، و پنجمین جایگاه کشت انگور در ایران را بخود اختصاص داده است، که سالانه بیش از 220 هزار تن انگور را تولید می‌کند. بیش از 50 سال از کشت این گیاه در منطقه می-گذرد، لذا پر اهمیت است که بدانیم آیا مقدار مصرف کودهای پتاسیم یو کشت طولانی مدت آن در منطقه، اثری برروبکانی‌های رسی خاک داشته است یا خیر؟ سابقه کشت و کار زمین بر ویژگی‌های کانی‌شناسی رس اثرگذار است و در دراز مدت می‌تواند باعث حذف، انتقال و دگرگونی کانی‌های رسی خاک گردد (لندی و همکاران، 1397). با توجه به کشت متراکم و هر ساله انگور در دشت ملایر و آبیاری غرقابی که به تعدد صورت می‌گیرد، می‌توان این فرضیه را ارائه داد که تغییراتی در نوع و مقدار کانی‌های رسی منطقه و هم‌چنین در مقدار اشکال متفاوت پتاسیم خاک رخ داده باشد. شناخت نوع و ترکیب نسبی

هر یک از کانی‌های تشکیل دهنده خاک نه تنها از نظر کاربردی و مدیریتی دارای اهمیت فراوان می‌باشد، بلکه با شناسایی روند تکامل آن‌ها می‌توان دیدگاه علمی گسترده‌ای را در نحوه استفاده از آن‌ها پیش روی ما بگذارد. لذا هدف از این تحقیق بررسی کانی‌شناسی اجزای خاک‌های تحت کشت انگور در برخی نقاط کشت شهرستان و ارتباط آن با شکل‌های مختلف پتاسیم می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت مناطق مورد مطالعه

یکی از مناطق مورد مطالعه، بخش ازندریان به وسعت 1350 هکتار، در غرب شهرستان ملایر واقع شده و بین 48 درجه و 39 دقیقه تا 48 درجه و 47 دقیقه طول شرقی و 34 درجه و26 دقیقه تا 34 درجه و 31 دقیقه عرض شمالی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا حدود 1700 تا 2010 متر می‌باشد (شکل 1). منطقه مورد مطالعه از نظر فیزیوگرافی در دو واحد فیزیوگرافی آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار و دشت آبرفتی دامنه‌ای قرار گرفته است. به‌طور کلی گندم، جو، ذرت و یونجه بخشی از کشت زراعی منطقه را به خود اختصاص داده‌اند. و درختانی انگور و گردو به صورت کشت آبی در آن کشت می‌شوند.منطقه دیگر مورد مطالعه، رضوانکده دشت آبرفتی دامنه‌ایاز شهرستان ملایر می‌باشد.دشت ملایر با وسعتی بالغ بر 38000هکتار، بین 48 درجه و 22 دقیقه تا 49 درجه و 10 دقیقه طول شرقی و 34 درجه و 1 دقیقه تا 34 درجه و 40 دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. 22000 هکتار از اراضی را باغات و از این مقدار نزدیک به60 درصد را کشت درختان انگور بخود اختصاص داده است. منطقه‌های مورد مطالعه براساس نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک‌های ایران، دارایرژیم رطوبتی و حرارتی زریک و مزیک می‌باشند (بنایی 1377).انتخاب این دو دشت بدلیل بافت کاملاً متفاوت آنها از یکدیگر است. حفر خاک‌رخ‌ها در اراضی زیر کشت انگور به مدت بیش از 50 سال و زمین‌های بدون کشت انگور کناریکه به‌طور بایر یا تناوبی زیر کشت محصولات زراعی و علوفه‌ای هستند، انجام شد. طبقه‌بندی خاک‌رخ‌ها براساس سیستم طبقه‌بندی خاک آمریکا (2014) تا حد گروه بزرگ صورت گرفت. جهت بررسی شکل‌های مختلف پتاسیم، از هر کدام از افق‌ها، نمونه خاک برداشت گردید (شکل 1).




**شکل 1- منطقه‌های مورد مطالعه و نمایش نقاط نمونه برداری شده**

### آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از جمله، بافت خاک به روش هیدرومتر (گی و بادر، 1986)، کربنات‌کلسیم معادل با روش تیتراسیون (آلیسون و مودی، 1962)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) (چاپمن، 1965)، pH خاک در سوسپانسیون 1:5 خاک و آب مقطر (توماس، 1996)، میزان کربن آلی باروش والکلی- بلک اصلاح شده توسط نلسون و سامرز (1996)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره سوسپانسیون 1:5 خاک

وآب مقطر (رودز، 1996)، اندازه‌گیری شدند. پتاسیم محلول خاک توسط آب مقطر، با نسبت 1 به 5 خاک به آب، پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم، توسط عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال در پ‌هاش 7، صورت گرفت. میزان پتاسیم تبادلی از تفاضل میزان پتاسیم قابل استخراج بوسیله استات آمونیوم و پتاسیم محلول بدست آمد (هلمک و اسپارک، 1996). پتاسیم غیرتبادلی توسط اسید نیتریک جوشان 1 نرمال اندازه‌گیری شد (نودسن و همکاران، 1982)، و از تفاضل میزان پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و قابل استخراج با اسید نیتریک، میزان پتاسیم غیرتبادلی محاسبه گردید. پتاسیم کل به روش هضم با اسیدفلوریدریک تعیین شد (هلمک و اسپارک، 1996). اندازه‌گیری مقدار پتاسیم در عصاره‌های حاصل به‌روش شعله‌سنجی با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر مدل Corning 405 انجام گرفت.

**مطالعات کانی‌شناسی**

مراحل جداسازی و آماده‌سازی اجزاء شن، سیلت و رس طی خالص‌سازی از قانون استوکز به روش معمول کنز و دیکسون انجام شد (کنز و دیکسون، 1986). حذف املاح محلول و گچ با آب مقطر، حذف کربنات‌ها با کمک محلول استات سدیم یک نرمال با pH=5، حذف مواد آلی نمونه‌ها توسط آب اکسیژنه ($H_2O_2$)،و در نهایت حذف اکسیدهای آهن با سیترات سدیم و بیکربنات سدیم و سپس اضافه نمودن دی‌تیونات‌سدیم انجام شد. جداسازی ذرات رس با سانتریفوژبا دور 750 در دقیقه، به مدت 5 دقیقه، وجداسازی ذرات سیلت نیز با سرعت 300 دور در دقیقه و زمان 5 دقیقه سانتریفوژ انجام شد. ذرات باقیمانده در ته لوله ذرات شن هستند. اسلاید تیمار با پتاسیم، منیزیم، حرارت و اتیلن گلیکول بر روی اجزاء رس و سیلت صورت گرفت. در نهایت، شناسایی کانی‌های رسی، سیلت و شن نمونه‌ها، بادستگاه پراش پرتوایکس مدلUnisantis xmd300با توقف 0/5 ثانیه و زاویه 5 تا 70 درجه با کاتد مسی مورد شناسایی قرار گرفتند. برای بررسی میزان درصد کمی رس‌ها از نرم‌افزار Xpowder ver.2004.04 استفاده شد (آزاروف و برگر، 1958). بررسی‌ها با کمک دیتابیس PDF2 صورت گرفت. هم‌چنین برآورد میزان فراوانی نیمه‌کمی کانی‌های اجزاء سیلت و شن نیز با محاسبه سطح زیر منحنی پراش نگارها انجام شد.

جهت تحلیل آماری داده‌ها، ازنرم افزارSPSS، جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و برای ترسیم نمودارها از نرم افزارMicrosoft Office Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی‌خاک‌رخ‌های مورد مطالعه: برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی خاک‌ها در هر دو منطقه به‌طور میانگین در جدول 1 نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد، میزان شن از حداقل 12/5 درصد در خاک‌رخ 14 تا حداکثر 87 درصد در خاک‌رخ 2 متغییر است. هم‌چنین میزان رس از حداقل6 درصد در خاک‌رخ1 تا حداکثر 44/5 درصد در خاک‌رخ14 نوسان داشت. خاک‌های منطقه ازندریان عمدتاً شنی و خاک‌رخ‌های دشت رضوانکده رسی تا سیلتی‌رسی بودند. میزان pH از 7 تا 8 در همه خاک‌رخ‌ها تغییر کرد. میزان کربن آلی خاک نیز از حداقل 0/05 درصد در خاک‌رخ 12 تا حداکثر 1/4 درصد در خاک‌رخ 5 تغییر کرد. میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از حداقل 6 سانتی‌مول بر کیلوگرم در خاک‌رخ‌های 2 و 3 تا حداکثر 18/4 سانتی‌مول برکیلوگرم در خاک‌رخ 7 متغییر بود. ظرفیت تبادل کاتیونی در منطقه ازندریان بسیار پایین و در دشت رضوانکده در حد بالاتری مشاهده شد. بالاتر بودن رس در خاک‌های دشت رضوانکده می‌تواند عاملی برای افزایش میزان ظرفیت تبادل کاتیونی باشد. مقدار آهک نیز از حداقل 21 درصد در خاک‌رخ 2 تا حداکثر 37 درصد در خاک‌رخ 5 متغییر بود (جدول 1).

**جدول 1- میانگین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک‌رخ‌های مورد مطالعه**

| خاک‌رخ‌ها | منطقه (کشت) | Sand (%) | Silt (%) | Clay (%) | pH | O.C (%) | EC (dS/m) | CEC ($Cmol_c/kg$) | $CaCO_3$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Calcixerepts | ازندریان (انگور) | 79 | 14/83 | 6/17 | 7/9 | 0/66 | 0/11 | 7 | 22/9 |
| 2. Xerorthents | ازندریان (بایر) | 86/83 | 5/5 | 7/67 | 7/9 | 0/78 | 0/09 | 6 | 21/1 |
| 3. Calcixerepts | ازندریان (انگور) | 70 | 16/33 | 13/67 | 7/9 | 0/46 | 0/11 | 6 | 23/13 |
| 4. Xerorthents | ازندریان (بایر) | 76 | 17 | 7 | 7/9 | 0/58 | 0/14 | 6/5 | 22/6 |
| 5. Calcixerepts | رضوانکده (انگور) | 22/83 | 39/67 | 37/5 | 7/3 | 1/4 | 0/15 | 18 | 37/2 |
| 6. Calcixerepts | رضوانکده (بایر) | 25/5 | 42/67 | 31/83 | 7/3 | 0/9 | 0/15 | 18/2 | 25 |
| 7. Calcixerepts | رضوانکده (انگور) | 56/67 | 27 | 16/33 | 7/3 | 1/1 | 0/2 | 18/4 | 26/2 |
| 8. Calcixerepts | ضوانکده (انگور) | 57/25 | 31/5 | 11/25 | 7/6 | 0/85 | 0/12 | 9/4 | 25 |
| 9. Xerorthents | رضوانکده(بایر) | 71/33 | 17/33 | 11/33 | 7/5 | 0/6 | 0/13 | 13/2 | 26/7 |
| 10. Calcixerepts | رضوانکده(انگور) | 45/33 | 36 | 18/67 | 7/4 | 0/85 | 0/15 | 15/5 | 26 |
| 11. Calcixerepts | رضوانکده(انگور) | 69/63 | 19/37 | 11 | 7/4 | 0/9 | 0/1 | 7/7 | 22 |
| 12. Xerorthents | رضوانکده(بایر) | 61/83 | 28/33 | 9/84 | 7/8 | 0/05 | 0/17 | 8 | 26/7 |
| 13. Calcixerepts | رضوانکده (انگور) | 25/17 | 45/13 | 29/7 | 7/7 | 0/57 | 0/15 | 12/8 | 34/8 |
| 14. Calcixerepts | رضوانکده(بایر) | 12/5 | 43 | 44/5 | 7/6 | 0/4 | 0/6 | 15 | 35/2 |
| 15. Calcixerepts | رضوانکده (انگور) | 32 | 48 | 20 | 7/4 | 0/9 | 0/16 | 15/67 | 28/5 |

**بررسی شکل‌های مختلف پتاسیم در اراضی تحت کشت و بدون کشت انگور**

جدول 2 میانگین شکل‌های مختلف پتاسیم را در تمامی نقاط نمونه‌برداری نشان می‌دهد. چنان‌که مشاهده می‌گردد میزان پتاسیم محلول از حداقل 15/8 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ 11 تا 62/1 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ 12 تغییر کرده است. همانطور که در خاک‌های ازندریان مشاهده می‌شود محتوی پتاسیم محلول بالاتری را نسبت به منطقه رضوانکده نشان می‌دهد (شکل 2). مقایسه میانگین نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین پتاسیم محلول در کشت انگور و مناطق بدون کشت شده در بافت سبک ازندریان وجود دارد. و هم‌چنین میان دو منطقه بافت سبک ازندریان و سنگین رضوانکده نیز تفاوت پتاسیم محلول معنی‌دار است. کشت انگور باعث آزادسازی بیشتر پتاسیم از قسمت‌های تبادلی و غیرتبادلی به فاز محلول شده است که این حالت در منطقه با بافت شنی بدلیل کمبود کانی‌های رسی کاملاً واضح بود. هرچند این تفاوت در خاک‌های مناطق رسی مشاهده نشد (شکل 2).

تغییرات پتاسیم تبادلی از 216/8 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ 9 تا 540/8 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ 4 نشان داده شده است. مقایسه میانگین بین دو منطقه نشان داد که مقدار پتاسیم تبادلی در مناطق با بافت شنی بالاتر بوده و دارای تفاوت معنی‌داری با منطقه رضـوانکده با بافـت سنـگین اسـت. منتـها تفاوت بین دو حالت کشت انگور و بدون کشت در هر دو منطقه معنی-دار نبود (شکل 2).بالا بودن میزان درصد نسبی شن در خاک‌رخ‌های منطقه ازندریان و کمتر بودن رس، عاملی برای افزایش قابلیت دسترسی پتاسیم و تثبیت کمتر پتاسیم اضافه شده به خاک و در نتیجه فراوانی بیشتر پتاسیم محلول وتبادلی است. افزایش کودهای پتاسه در باغات ازندریان با بافت شنی، منجر به بالا رفتن پتاسیم در شکل محلول و تبادلی شده است.میزان پتاسیم محلول درصد کمی را در خاک‌های باغات انگور و زمین‌هایبایربخود اختصاص داده است (0/3 درصد از پتاسیم کل)، که می‌توان دلیل آن را مصرف بالا توسط گیاه و هم‌چنین واقع شدن خاک‌رخ‌ها در دشت دامنه‌ای و تپه دانست. پتاسیم تبادلی در کشت انگور حدود 3/4 و در زمین-هایبدون کشت کناری 3/1 درصد از پتاسیم کل را بخود اختصاص دادند. که تفاوت معنی‌داری نسبت بهم نداشتند (شکل 2). مقدار کمتر پتاسیم تبادلی در منطقه رضوانکده را می‌توان به نوع کانی رسی ورمی‌کولایت نیز مرتبط دانست (جدول 2). این کانی با تثبیت پتاسیم می‌تواند آن را در بخش غیرتبادلی ذخیره سازد. در حالی که در منطقه ازندریان رهاسازی آن صورت گرفته و محتوی پتاسیم تبادلی را بطور میانگین افزایش داده است. همانطور که در جدول 3 مشاهده می‌گردد، تمامی اشکال پتاسیم با میزان رس دارای رابطه مثبت و بغیر از پتاسیم محلول، بقیه

اشکال پتاسیم با ظرفیت تبادل کاتیونی نیز دارای رابطه مثبت هستند.

شارما و همکاران (2006) گزارش کردند تمام شکل‌های مختلف پتاسیم با درصد رس و سیلت نسبت مستقیم و با درصد شن نسبت عکس دارد. علت همبستگی منفی‌شکل‌های پتاسیم با آهک و شن به این دلیل است‌که رس جایگاه اصلی نگهداری پتاسیم بوده و با افزایش شن، مقدار آن کاهش‌یافته است.

در جدول 3 مشاهده می‌شود که پتاسیم تبادلی با پتاسیم محلول رابطه مثبت معنی‌داری دارد ($r^2$=0/53). پتاسیم تبادلی به‌عنوان بخشی از پتاسیم که می‌تواندپتاسیم محلول خاک را بافر کند، مطرح می‌باشد. بدین‌شکل که با کاهش پتاسیم محلول در نتیجه جذب گیاه، پتاسیم تبادلی آن را جایگزین خواهد کرد (هاولین و همکاران، 1999).

میزان پتاسیم غیرتبادلی نیز از حداقل 395 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ10 تا 1897 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ 2 متغییر بود. پتاسیم غیرتبادلی در مزارع کشت انگور به‌طور میانگین کمتر از اراضی بدون کشت انگور بوده است. به‌طوری که در اراضی کشت شده 7/75 درصد از پتاسیم کل و در زمین‌های بکر کناری حدود 9/5 درصد از پتاسیم کل را بخود اختصاص داده است. همانطور که در جدول 2 مشاهده می‌گردد محتوی پتاسیم غیرتبادلی از 2 (در کشت انگور) تا بیش از 3 برابر (در اراضی بکر) پتاسیم تبادلی بوده است. این شکل پتاسیم جایگاه اصلی تأمین پتاسیم تبادلی و محلول خاک است. شکل 2 نیز نشان می دهد که میزان پتاسیم غیرتبادلی در منطقه رضوانکده بین اراضی کشت انگور و بایر دارای تفاوت معنی‌داری است. در صورتی که این تفاوت در منطقه ازندریان معنی‌دار نشد. منتها بین دو منطقه ازندریان و رضوانکده تفاوت کاملاً معنی‌دار است. بالا بودن این شکل از پتاسیم در جزء شن را می‌توان به نوع کانی‌های آن در تثبیت پتاسیم ربط داد. حضور فلدسپارها در جزء شن عامل اصلی نگهداری پتاسیم می‌باشد (موراشکینا و همکاران، 2007). رابطه بین شکل‌های پتاسیم با سیلت به‌صورت منفی و در مورد پتاسیم غیرتبادلی منفی معنی‌دار بدست آمد ($r^2$= 0/62) (جدول 3).

در نهایت میزان پتاسیم کل از 8322 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ شماره 3 تا 13416 میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک‌رخ 9 تغییر کرد. بالا بودن میزان پتاسیم کل در خاک‌رخ‌های دشت رضوانکده بدلیل بالاتر بودن محتوی رس و به نوع کانی‌های رسی وابسته است.مقایسه میانگین نشان داد که بین پتاسیم کل در دو حالت کشت انگور و بایر کاملاً تفاوت معنی‌دار است (شکل 2). پایین بودن پتاسیم کل در اراضی کشت انگور نسبت به بایر بدلیل استفاده این عنصر توسط گیاه است. کشت دراز مدت انگور و نیاز غذایی بالای این گیاه منجر به آزادسازی بیشتر پتاسیم از بخش‌های ساختاری و غیرتبادلی می‌شود و سطح پتاسیم محلول و تبادلی را افزایش و میزان پتاسیم کل را کاهش می‌دهد. هم‌چنین مقایسه میانگین پتاسیم کل بین دو منطقه بافت سبک ازندریان و بافت سنگین رضوانکده نیز معنی‌دار محاسبه شد (شکل 2). فوتیما (2007) نشان داد که محتوی پتاسیم کل، ذخیره شده و تبادلی به بافت، پ‌هاش و عمق خاک بستگی دارد. ایشان در تحقیق خود نشان دادند که میزان پتاسیم ذخیره شده در بافت‌هایسنگین و لایه شخم بسیار بالاتر از بافت سبک و لایه عمیق‌تر خاک است. که کاملاً نتایج این تحقیق با آن مطابقت دارد.

سطح پتاسیم کل در تمامی نقاط نمونه‌برداری نسبتاً بالا محاسبه شده است. دلیل آن را می‌توان در افزودن کود پتاسه نیز جستجو کرد. افزودن کودها توسط کشاورزان بدلیل بالابردن کیفیت محصول، منجر به افزایش پتاسیم محلول و تبادلی می‌گردد. هر چند می‌تواند مانع آزادسازی پتاسیم از بخش‌های غیرتبادلی و کل شود و یا مراحل آزادسازی را معکوس کند و باعث تثبیت پتاسیم شده و بهمین دلیل سطح پتاسیم کل را درمنطقه نسبتاً بالا ببرد.

حاجی‌زاده و همکاران (1389) نشان دادند که پتانسیل ظرفیت بافری پتاسیم خاک در خاک‌های آهکی تحت کشت انگور در ارومیه در سطح بالایی قرار داشته و این امربیانگر آن است که خاک‌ها از توانایی بالایی در ارایه پتاسیم به خاک برخوردار هستند و می‌توانند برای مدت طولانی شدت پتاسیم را در فاز محلول خاک حفظ و نگهداری نمایند. هم‌چنین نتایج در جدول 3 نشان می‌دهد که بین میزان پتاسیم محلول با میزان رس (0/42 =$r^2$) و محتوی کربن آلی ($r^2$=0/67) رابطه مثبت معنی‌داری مشاهده شده است. هم‌چنین بین پتاسیم کل و غیرتبادلی نیز با رس و کربن آلی رابطه مثبت گزارش شد.

مطالعات انجام شده توسط زارعیان و همکاران (1396) نشان دادند که بیشترین مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های آلی با درصد کربن آلی بالا و کمترین مقدار پتاسیم در خاک‌های جوان با درصد شن و آهک بالا مشاهده شده است. آنان گزارش کردند که بیشترین درصد پتاسیم تبادلی ساختاری و کل مربوط به خاک‌های رسی یا همان آلفی‌سولها است.

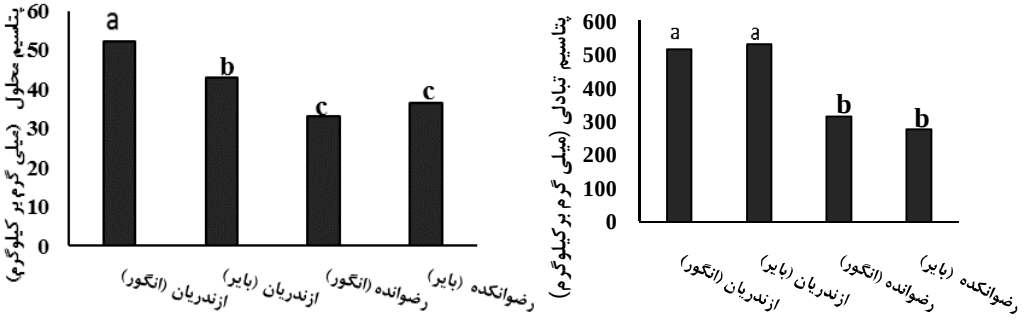
**جدول 2- میانگین مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم، در خاک‌های تحت کشت و بدون کشت انگور**

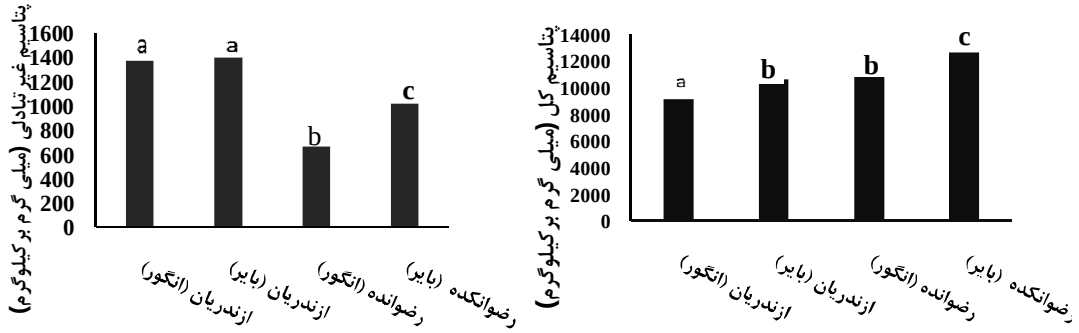
| خاک‌رخ | منطقه مورد مطالعه | پتاسیم محلول mg kg$^{-1}$ (Range) | پتاسیم تبادلی mg kg$^{-1}$ (Range) | پتاسیم غیرتبادلی mg kg$^{-1}$ (Range) | پتاسیم کل mg kg$^{-1}$ (Range) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ازندریان (انگور) | 47/3 (14/5-96/5) | 493/1 (405/2-564/5) | 1363/7 (270/2-2199/9) | 9975 (8433-12859) |
| 2 | ازندریان (بایر) | 42/9 (11/1-91/7) | 516/7 (468-548) | 1897/6 (521-2836/7) | 10634 (9853-12196) |
| 3 | ازندریان(انگور) | 57/4 (12/5-144/7) | 534/447 (434-605) | 1389/4 (501/7-2315/7) | 8322/7 (6688-9647) |
| 4 | ازندریان(بایر) | 42/9 (11/1-130/3) | 540/8 (506/6-562/5) | 860/9 (212/3-1196/4) | 10614 (8038-11760) |
| 5 | رضوانکده(انگور) | 24/9 (14/1-35/7) | 360/8 (249/3-472/2) | 969 (865/5-1072/4) | 9661 (8632-10690) |
| 6 | رضوانکده(بایر) | 19/3 (16/9-21/6) | 319/4 (284/1-354/7) | 1091 (1053/6-1129) | 11977 (11977-11977) |
| 7 | رضوانکده(انگور) | 23 (17/9-28/2) | 278 (207/9-348/1) | 922 (903-940/7) | 11879 (10901-12858) |
| 8 | رضوانکده(انگور) | 53/6 (37/6-69/6) | 266/2 (244/6-287/9) | 583/3 (508-658/5) | 10694 (10061-11328) |
| 9 | رضوانکده(بایر) | 27/8 (27-28) | 216/8 (198/5-235/2) | 1157 (1091/3-1223) | 13416 (12196-13637) |
| 10 | رضوانکده(انگور) | 41/4 (22/6-60/2) | 400/8 (316/1-485/4) | 395 (225/8-564) | 9341 (9035-9647) |
| 11 | رضوانکده(انگور) | 15/8 (9/19-21/6) | 228/8 (215/9-241/8) | 602 (527-677/3) | 10902 (10902-10902) |
| 12 | رضوانکده(بایر) | 62/1 (62-62) | 257/8 (257-260) | 959/5 (958-961) | 12115 (11116-12813) |
| 13 | رضوانکده(انگور) | 26/8 (23/5-30) | 283/6 (239/9-327/4) | 573/8 (564-583) | 12418 (11978-12859) |
| 14 | رضوانکده(بایر) | 36/9 (21/6-56/4) | 311 (298-319/8) | 878 (621-1129) | 13050 (12416-13082) |
| 15 | رضوانکده(انگور) | 46/6 (42/3-50/8) | 386/2 (334-438/4) | 621 (564-677) | 12527 (12196-12859) |

**جدول 3- ارتباط بین شکل‌های مختلف پتاسیم و برخی ویژگی‌های خاک.**

| شکل پتاسیم | CEC | CCE | OC% | Sand | Silt | Clay | محلول | تبادلی | غیرتبادلی | کل |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| محلول | -0/55* | -0/253 | 0/67** | 0/328 | -0/21 | 0/42* | 1** | | | |
| تبادلی | 0/43 | -0/53* | 0/6* | 0/36 | -0/47 | 0/265 | 0/53* | 1** | | |
| غیرتبادلی | 0/34 | -0/32 | 0/45 | 0/45 | -0/62* | 0/221 | 0/157 | 0/433 | 1** | |
| کل | 0/164 | -0/27 | 0/3 | 0/116 | 0/079 | 0/24 | 0/177 | -0/18 | -0/21 | 1** |

*و ** به ترتیب نشان دهنده ارتباط معنی‌داری در سطح احتمال 5 و 1 درصد است.






**شکل 2- مقایسه میانگین شکل‌های مختلف پتاسیم در بین اراضی کشت انگور و بایر در دو منطقه متفاوت**

**بررسی نتایج کانی‌شناسی**

مطالعات کانی‌شناسی با کمک پراش نگارهای پرتو ایکس در سه جزء، در برخی از افق‌های خاک‌رخ‌ها صورت گرفت.

کانی‌شناسی جزء رس: نتایج کمی مربوط به 20 افق از 10 خاک‌رخ در جدول4 آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد کوارتز در تمامی نمونه‌ها به‌چشم می‌خورد. منتها میزان درصد فراوانی آن در ازندریان (10 تا 20 درصد) بیشتر ازرضوانکده (5 تا 10 درصد) است. بافت شنی عامل اصلی این تفاوت می‌باشد. که دارای منشاء کاملاً موروثی است. کانی‌های رسی کائولینایت، کلرایت، ایلایت، اسمکتایت، ورمی‌کولایت و پالی‌گورسکایت با درصد فراوانی متفاوت نیز در تمامی نمونه‌ها مشاهده گردید. هر چند منشاء اصلی نوع کانی‌های رسی در منطقه تحت تأثیر مواد مادری است، اما آبیاری غرقاب طولانی مدت در باغات انگور منطقه ونیاز غذایی بالای محصول به پتاسیم و کوددهی بسیار زیاد پتاس، خود عواملی در تغییر و تحول کانی‌های رسی خاک است. تحقیقات انجام شده در مزارع نیشکر در خوزستان با آبیاری مکرر و با مدت زمان طولانی کاملاً این تغییر و تحول را نشان داده است (چرم و همکاران، 2009).

کانی رسی کائولینایت در هر دو منطقه با درصد فراوانی کم (حدود 5 تا 10 درصد) به‌چشم می‌خورد، که با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه می‌توان موروثی بودن آن را تأیید نمود. کائولینایت ازکانی‌های رسوبات کرتاسه است که وجود آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، منشاء توارثی داشته و گسترش آن بیشتر، بر روی رسوبات دوره کرتاسه مشاهده می‌شود (خرمالی و همکاران، 2005). کلرایت نیز در تمامی نمونه‌ها با درصد حدود 10 تا 20 درصد با توزیع یکنواخت تشخیص داده شد. کانی‌های مختلط نامنظم کلریت-ورمی‌کولایت، کلرایت-اسمکتایت و کلرایت منبسط شونده، نیز تشخیص داده شدند که

احتمالاً به هوادیدگی ناچیز کلرایت در خاک‌ها نسبت داده می‌شود. در خاک‌رخ‌های 1 و 3، که دارای کشت انگور هستند، با اینکه انگور گیاهی پتاسیم‌دوست است و بایستی پتاسیم خاک را جذب کرده و باعث هوادیدگی رس‌های میکا گردد، باز ایلایت به نسبت بیشتر از اسمکتایت به‌چشم می‌خورد (شکل3). می‌توان گفت کوددهی بالای پتاس توسط کشاورزان باعث تثبیت پتاسیم خاک شده و ایلایت را ایجاد کرده است. بنابر گزارش‌های محلی کوددهی 150 کیلوگرم در هکتار، سولوپتاس(52 % پتاسیم) سالانه به باغات انگور صورت می‌گیرد. بالا بودن میزان پتاسیم غیرتبادلی در این خاک‌رخ‌ها نیز تأیید کننده این موضوع است. اما با افزایش عمق محتوی ایلایت نسبتاً بیشتر شده است. که دلیل آن عدم هوادیدگی این کانی می‌باشد. هاشمی و عباسلو (2016) در مطالعه خود در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک نشان دادند که بین پتاسیم غیرتبادلی و ایلایت ارتباط معنی‌داری وجود دارد. آنها عامل اصلی نگهداری پتاسیم در خاک را رس‌های ایلایت و ایلایت- اسمکتایت گزارش کردند.

در خاک‌رخ‌های باکشت تناوبی یا بایر (2 و 4)، اسمکتایت در سطح بیشتر به‌چشم خورده وبا افزایش عمق از میزان آن کاسته شده است. ایلایت کاملاً برعکس آن مشاهده شد. بالا بودن میزان پتاسیم کل در این خاک‌رخ‌ها می‌تواند ناشی از آزاد سازی کمتر پتاسیم توسط گیاهان کاشته شده و حتی عدم کشت در منطقه باشد. نجفی‌قیری و همکاران (1398) گزارش کردند که مقدار پتاسیم غیرتبادلی با ایلایت و پتاسیم تبادلی با اسمکتایت دارای ارتباط معنی‌داری هستند. آنان هم‌چنین گزارش دادند که میزان پتاسیم ساختمانی و کل در خاک‌های با اسمکتایت و ایلایت بالاتر، بیش از سایر خاک‌ها بوده است. بحرینی-

طوحان و همکاران (1392)، نشان دادند که با کاهش پتاسیم تبادلی خاک به یک حدی، احتمالاً پتاسیم از فاز غیرتبادلی رها می‌شود و این کمبود را جبران می‌کند. در خاک‌های حاوی کانی غالب اسمکتایت، منبع اصلی تأمین پتاسیم گیاه، پتاسیم تبادلی است و پتاسیم غیرتبادلی در این خاک‌ها سهم کوچکی در جذب پتاسیم توسط گیاه به عهده دارد.

**جدول 4- نتایج کمی کانی‌شناسی جزء رس خاک در خاک‌رخ‌های منطقه ازندریان و رضوانکده**

| خاک‌رخ | افق | کانی‌های رسی | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | کلرایت | ایلایت | اسمکتایت | ورمی‌کولایت | پالی‌گورسکایت | کائولینایت | کوارتز | کانی‌های مخلوط |
| 1 | A | 17 | 18 | 9 | tr | 18 | 7 | 18 | 8 |
| 1 | Bk | 15 | 18 | 17 | tr | 15 | 5 | 13 | 12 |
| 1 | Ck | 18 | 25 | 7 | tr | 18 | 5 | 12 | 11 |
| 2 | Ap | 17 | 18 | 8 | tr | 19 | 6 | 18 | 12 |
| 2 | C2 | 18 | 18 | tr | tr | 20 | 6 | 18 | 13 |
| 3 | Ap | 16 | 27 | tr | tr | 16 | 7 | 16 | 9 |
| 3 | Bk | 8 | 18 | tr | tr | 29 | 7 | 15 | 14 |
| 4 | Ap | 8 | 18 | 8 | tr | 28 | 6 | 17 | 10 |
| 4 | C2 | 9 | 19 | 7 | tr | 30 | 6 | 18 | 7 |
| 5 | Ap | 7 | 18 | 29 | tr | 10 | 7 | 7 | 16 |
| 5 | Bk | 8 | 20 | 24 | tr | 17 | 7 | 5 | 15 |
| 6 | Ap | 9 | 9 | 16 | tr | 29 | 6 | 7 | 17 |
| 6 | Bk1 | 7 | 13 | 12 | 14 | 30 | 6 | 6 | 12 |
| 7 | Ap | 8 | 10 | 16 | 19 | 19 | 6 | 6 | 16 |
| 10 | Bk1 | 8 | 18 | - | 32 | 12 | 7 | 5 | 18 |
| 13 | Ap | 8 | 8 | 9 | 33 | 10 | 8 | 7 | 17 |
| 13 | Bk1 | 9 | 15 | 16 | 17 | 17 | 5 | 6 | 15 |
| 14 | A | 8 | 8 | 25 | 7 | 30 | 5 | 5 | 7 |
| 14 | Bw | 6 | 13 | 14 | 13 | 34 | 7 | 5 | 7 |
| 14 | Bkz2 | 6 | 21 | 6 | 12 | 36 | 7 | 6 | 6 |

Tr: Trace

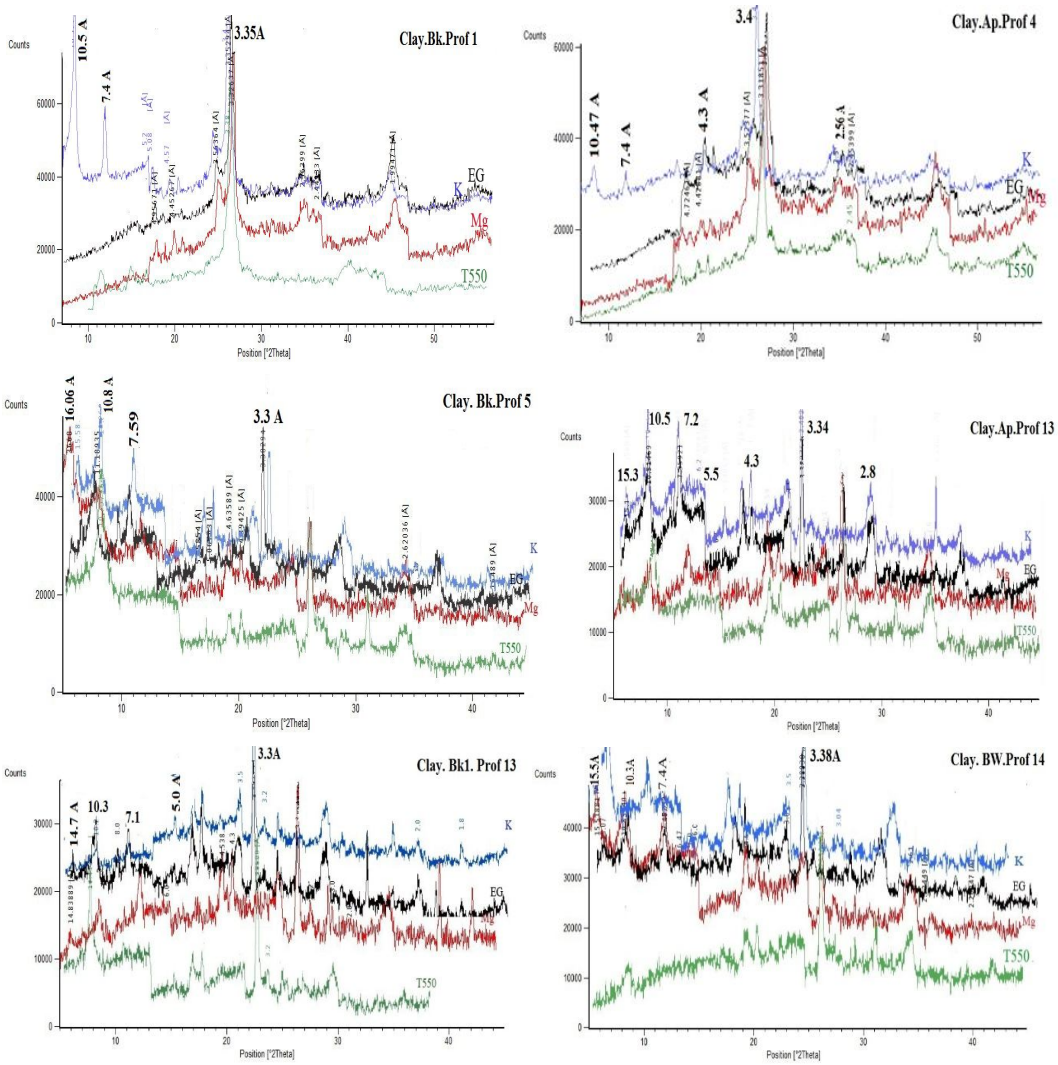
در تمامی 4 خاک‌رخ، بدلیل بافت سبک شنی و به‌دنبال آن زهکشی مطلوب خاک، کانی پالی‌گورسکایت با توزیع نسبت یکنواختی در کل خاک‌رخ‌ها مشاهده شده است. می‌توان گفت وجود آهک موجود در خاک است که باعث تشکیل اتوژنیک پالی‌گورسکایت در عمق شده است. فیبرهای پالی‌گورسکایت، فراوانی این کانی را در تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان می‌دهد (شکل 4).خرمالی و همکاران (2005) گزارش نمودند که تشکیل پالی‌گورسکایت در خاک‌های مناطق خشک رابطه‌ی نزدیکی با تشکیل افق‌های تجمع آهک، افق کلسیت، افق جیپسیک (تجمع گچ) و کلکریت دارد.

میزان ورمی‌کولایت در این خاک‌ها بندرت و کمتر از 5 درصد مشاهده شد (شکل 3). دلیل آن یا آزادسازی پتاسیم از کانی و تبدیل آن به اسمکتایت و یا تثبیت پتاسیم و تبدیل آن به ایلایت است. ترابی‌گل‌سفیدی و همکاران (1380) در پژوهش خود در لندفرم‌های شرق گیلان در اراضی شالی‌کاری نشان دادند که کانی اسمکتایت با بار لایه‌ای زیادی مشاهده شده،که دارای رفتاری مشابه ورمی‌کولایت در تثبیت و رهاسازی عنصر پتاسیم می‌باشد. نجفی‌قیری و همکاران (2013)، با مطالعه اشکال مختلف پتاسیم و کانی‌شناسی خاک‌های اریدی-سولز، بیان کردند که بیشترین میزان پتاسیم در این خاک‌ها مربوط به شکل غیرتبادلی بوده وکانی غالب را اسمکتایت بیان کردند. هرچه از میزان اسمکتایت خاک کاسته شده بر میزان ایلایت خاک اضافه شده و پتاسیم تبادلی نیز بیشتر شده است. آنها هم‌چنین نشان دادند که وجود کانی-ها دلیل اصلی تثبیت پتاسیم است.

در خاک‌رخ‌های مطالعه شده کانی‌شناسی با کشت انگور در دشت رضوانکده (خاک‌رخ 5، 7، 10 و 13)، اسمکتایت در سطح بیشتر و با افزایش عمق از میزان

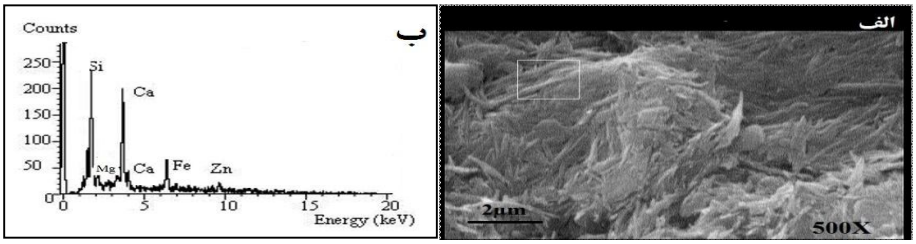
آن کاسته شده است (جدول 4).در مقایسه با آن محتوی پالی‌گورسکایت کمتری مشاهده شد (شکل 3). بافت سنگین و نسبتاً رسی و آبیاری غرقاب باعث زهکشی ضعیف در خاک‌ها شده، لذا شرایط را برای تشکیل پالی-گورسکایت ناپایدار کرده است. لذا می‌توان گفت با توجه به رژیم رطوبتی منطقه و شرایط آبیاری، نوتشکیلی اسمکتایت از پالی‌گورسکایت نیز صورت گرفته است. منشاء دیگر اسمکتایت در سطح نیز از هوادیدگی ایلایت است. چرا که با افزایش عمق بر میزان ایلایت افزوده شده است. اما میزان پالی‌گورسکایت در مناطق بکر کناری دارای درصد بیشتری بود.جعفری و باقرنژاد (1386)نیز در کشت‌های طولانی مدت و آبیاری مکرر اراضی نیشکر خوزستان نشان دادند که رشته‌های پالی‌گورسکایت در این اراضی رو به کاهش است. در صورتی که در کنار آن اراضی با تناوب کشت کناری از شدت بالاتر پالی-گورسکایت برخوردار بودند. علت این امر را به افزایش رطوبت در اثر آبیاری مکرر در منطقه نسبت دادند.

محتوی کانی ورمی‌کولایت در این منطقه بالاتر است. بافت رسی و بالا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، باعث تثبیت بیشتر پتاسیم می‌گردد. هم‌چنین اضافه کردن کودهای پتاسه نیز تثبیت بالای پتاسیم و تبدیل آن به ورمی‌کولایت را در دراز مدت منجر شده است. مطالعات انجام شده در مزارع تحت کشت مداوم پیرانشهر نشان داده که عملیات زراعی مستمر سبب مقداری تغییرات در شدت، موقعیت و شکل پیک‌های کانی‌های ایلایت، اسمکتایت و کلرایت شده بود. این تغییرات می‌تواند به تخلیه پتاسیم، دوره طولانی سیکل تر و خشک شدن و فعالیت ریشه گیاهی، همراه فرایند آبشویی، نسبت داده شود (فلاحی قشلاق، 1392).




**شکل 3- پراش نگار ایکس‌ری مربوط به جزء رس در برخی افق‌های خاکرخ‌های مورد مطالعه**

در مناطق بکر کناری (خاک‌رخ 6 و 14) نتایج کانی‌شناسی جزء رس حضور اسمکتایت در سطح و کاهش آن با افزایش عمق را نشان داد. ایلایت کاملاً برعکس مشاهده گردید. کانی رسی پالی‌گورسکایت از سطح تا عمق تغییری را نشان نداد، اما با فراوانی نسبی بیشتری نسبت به اراضی کشت شده انگور در منطقه خود را نشان داد (جدول 4).




**شکل4- الف) تصویر روبشی از فیبرهای پالی‌گورسکیت جزء رس، افق Bk1خاک‌رخ 6. ب) منحنیEDX تصویر الف.**

**کانی‌شناسی جزء سیلت**

همانگونه که در جدول 5 مشاهده می‌گردد، پس از کوارتز، کانی‌های مختلط رسی، از جمله ایلایت-اسمکتایت، ایلایت –ورمی‌کولایت، کلرایت-اسمکتایت براساس فرازهای حد واسط ایجاد شده، در بخش سیلت نمونه‌ها به‌چشم می‌خورد. مسکوایت، دولومایت، گیبسایت و فلدسپارها نیز در این بخش مشاهده شدند. تغییرات صورت گرفته بر روی شکل‌های متفاوت پتاسیم،می‌تواند باعث ایجاد تغییراتی در کانی‌های رسی و حتی کانی‌های مختلط شود.

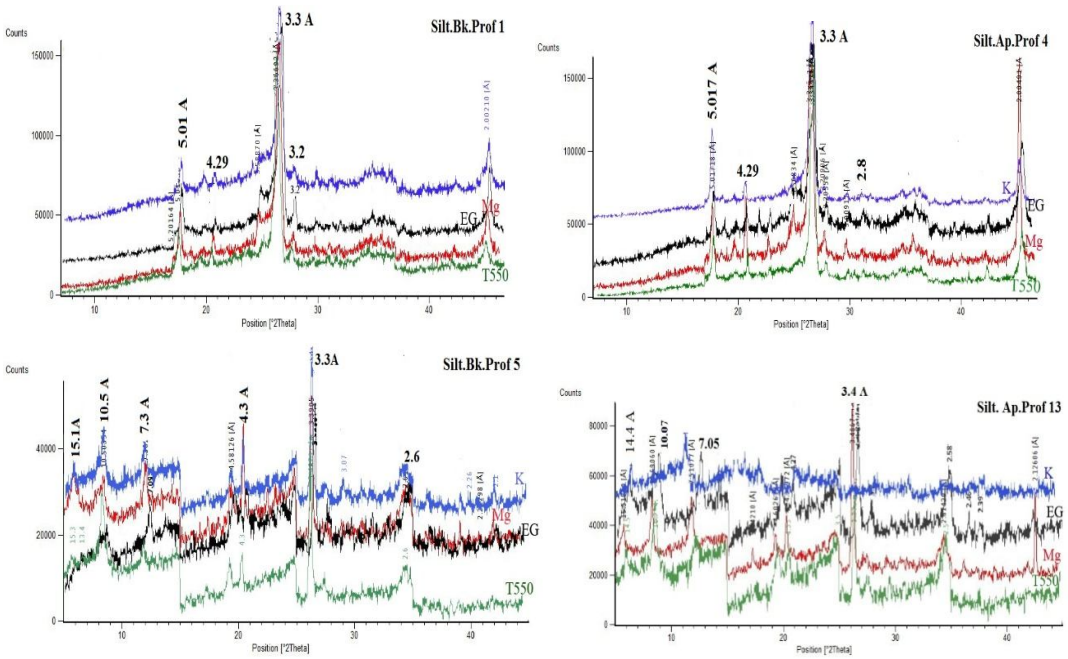
موراشکینا و همکاران (2007)، در مطالعات خود روی آبرفت‌های گرانیتی نشان دادند که درصد بالایی از پتاسیم اضافه شده به خاک توسط بخش سیلت خاک که عمدتاً شامل ورمی‌کولایت و میکاهای آبدار می‌باشد، تثبیت می‌شود. تحقیقات انجام شده بر روی اراضی زیر کشت نیشکر در مدت زمان طولانی و مقایسه آن با اراضی بایر کناری نیز نشان داده است که کشت نیشکر باعث ایجاد تغییراتی در کانی‌های رسی‌شده است. که غالب این تغییرات به تحول کانی‌ها در اثر کاهش در برخی عناصر از جمله پتاسیم مربوط می‌شود (لندی و همکاران، 1397).در بخش سیلت خاک‌های مورد مطالعه، تغییرات کمتر از بخش رس مشاهده شد، حضور میزان آهک بیشتر در این بخش که میزانی از آن طی خالص سازی به طور کامل حذف نشده است، در میزان اشکال مختلف پتاسیم بیشتر اثرگذار بوده است. (شکل 5). هر چند مقدار آن بسیار ناچیز گزارش شده است. نتایج همبستگی بدست آمده بین درصد سیلت خاک‌ها با اشکال پتاسیم نیز نشان داد که رابطه منفی بین آنها و به شکل معنی‌داری تنها در پتاسیم غیرتبادلی برقرار است (جدول 3). حضور کانی‌های مختلط بخصوص با درصد فراوانی بیشتر در منطقه رضوانکده گویای آنست که درصد بیشتری از پتاسیم را تثبیت کرده و باعث کاهش مقدار محلول و تبادلی آن می‌شوند. ایلایت – ورمی‌کولایت عمده‌ترین کانی مختلط در این خاک‌ها بوده است. لذا حضور کانیهای مختلط ورمی‌کولایت فراوانی پتاسیم کل را در خاک‌های این منطقه نسبت به ازندریان بالاتر برده است. هاشمی و اسدی (1397) نشان دادند که بالا بودن میزان پتاسیم کل و غیرتبادلی در شالیزارها کاملاً با میزان ایلایت و ورمی-کولایت خاک در ارتباط است. آنان هم‌چنین‌بیان کردند که ایلایت و ورمی‌کولایت کانی‌های عمده نگهداری پتاسیم در شالیزارها هستند.پس از کانی‌های مختلط، کلسیت و دولومایت به دلیل اثر رقت باعث کاهش مقدار شکل‌های پتاسیم در این جزء خاک شده است.

**کانی‌شناسی جزء شن**

نتایج تمامی پراش نگارهای جزء شن، شبیه بهم بود. و عمدتاً کوارتز و فدسپارها بالاترین درصد فراوانی را در این بخش بخود اختصاص دادند (جدول 6 و شکل 6). کشت طولانی مدت انگور در جزء شن اثر قابل توجهی در نوع کانی‌ها برجای نگذاشته است. حضور مقادیر کم جیپس و کلسیت بدلیل حذف ناقص آنها مشاهده شد. عدم حضور کانی‌های رسی و مقادیر بالاتر کوارتز و فلدسپار دلیل اصلی برای کمبود میزان پتاسیم کل در خاک‌رخ‌های منطقه ازندریان با بافت شنی است. حضور کم کانی میکا و بسیار ناچیز کانی مختلط ایلایت می‌تواند منجر به بالاتر بردن مقادیر پتاسیم در این جزء در منطقه رسی رضوانکده گردد.

**جدول 5- نتایج نیمه کمی کانی‌شناسی جزء سیلت برخی از افق‌های مورد مطالعه**

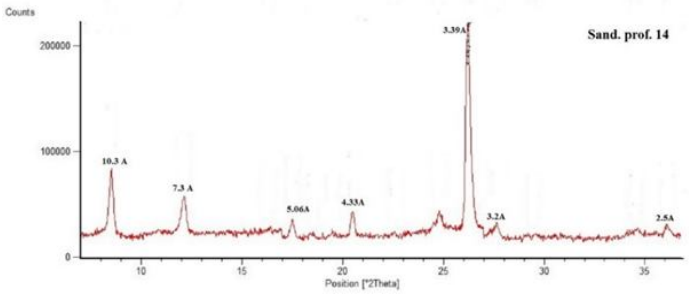
| خاک‌رخ | افق | فراوانی کانی‌های جزء سیلت |
|---|---|---|
| 1 | A | کوارتز > فلدسپار>دولومایت> کانی‌های مختلط رسی |
| 1 | Bk | کوارتز > مسکوایت >دولومایت> کانی‌های مختلط رسی |
| 1 | Ck | کوارتز > مسکوایت > کانی‌های مختلط رسی |
| 2 | Ap | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی > دولومایت >گیبسایت |
| 2 | C2 | کوارتز > فلدسپار > کانی‌های مختلط رسی > دولومایت |
| 3 | Ap | فلدسپار > کوارتز >> دولومایت >گیبسایت> کانی‌های مختلط رسی |
| 3 | Bk | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی > فلدسپار> سیدرایت |
| 4 | Ap | کوارتز > دولومایت> کانی‌های مختلط رسی> فلدسپار کلسیت |
| 4 | C2 | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی> فلدسپار > دولومایت |
| 5 | Ap | کوارتز > کانی‌های رسی مختلط> کائولن |
| 5 | Bk | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی>کلسیت |
| 6 | Ap | کوارتز > فلدسپار > کانی‌های مختلط رسی |
| 6 | Bk1 | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی> کلسیت |
| 7 | Ap | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی>فلدسپار > کلسیت |
| 10 | Bk1 | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی> فلدسپار |
| 13 | Ap | کوارتز > کانی‌های مختلط رسی> فلدسپار> کلسیت |
| 13 | Bk1 | کوارتز >کانی‌های مختلط رسی> فلدسپار > دولومایت>کلسیت |
| 14 | A | کوارتز >کانی‌های مختلط رسی> فلدسپار > دولومایت |
| 14 | Bw | کوارتز >کانی‌های مختلط رسی> فلدسپار |
| 14 | Bkz2 | کوارتز >کانی‌های مختلط رسی> دولومایت |




**شکل 5- پراش نگار ایکس‌ری مربوط به جزءسیلت در برخی افق‌ها در خاکرخ‌های مورد مطالعه**

**جدول 6- نتایج نیمه‌کمی کانی‌شناسی جزء شن برخی از افق‌های مورد مطالعه**

| خاک‌رخ | افق | فراوانی کانی‌های جزء شن |
|---|---|---|
| 1 | A | کوارتز > فلدسپار> گیبسایت |
| 13 | Ap | کوارتز > فلدسپار> گیبسایت> میکا ناچیز |
| 13 | Bk1 | کوارتز > فلدسپار >دولومایت> کلسیت>میکاناچیز |
| 14 | A | کوارتز> فلدسپار >جیپسم>میکا |
| 14 | Bw | کوارتز > فلدسپار >میکا>کانی‌های مختلط |




**شکل 6- پراش نگار ایکس‌ری جزء شن مربوط به افق Bw خاک‌رخ 14**

## نتیجه‌گیری کلی

مطالعات شکل‌های متفاوت پتاسیم در اراضی با سابقه طولانی مدت کشت انگور و اراضی بایر کناری نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین پتاسیم محلول و تبادلی مشاهده نشده است، اما این دو شکل در بین دو منطقه ازندریان با بافت شنی و رضوانکده با بافت رسی کاملاً دارای تفاوت معنی‌دار است. به‌طوری که منطقه ازندریان پتاسیم محلول و تبادلی بالاتری را نشان داد. حضور رس بالاتر در منطقه رضوانکده می‌تواند عاملی برای نگهداری بالاتر پتاسیم باشد و رهاسازی آن را کمتر کند. در حالی که میزان پتاسیم غیرتبادلی و کل بین دو حالت کشت انگور و بایر دارای تفاوت معنی‌داری بوده و محتوی هر دو در اراضیبایر بیشتر گزارش شد. هم‌چنین بین دو منطقه با بافت متفاوت نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید، به‌شکلی که منطقه رضوانکده حاوی پتاسیم کل بالاتری نسبت به منطقه ازندریان بوده است. حضور کانی‌های رسی در این منطقه بدون در نظر گرفتن افزایش کودهای پتاسه، می‌تواند بعنوان یکی از عوامل اصلی افزایش پتاسیم باشد. نتایج کانی‌شناسی رس نشان داد که کانی‌های ایلایت و اسمکتایت بعنوان یکی از عوامل اصلی کنترل کننده پتاسیم در منطقه ازندریان و کانی‌های رسی ورمی کولایت و تا حدودی ایلایت نیز بعنوان یکی از کنترل کننده‌های پتاسیم در منطقه رضوانکده هستند. نتایج کانی‌شناسی جزء سیلت نیز نشان داد که کانیهای مختلط ایلایت-ورمی‌کولایت و حتی ایلایت-اسمکتایت یکی از عوامل اصلی کنترل کننده، برای شکل‌های متفاوت پتاسیم بخصوص در منطقه رضوانکده هستند. رابطه منفی معنی‌داری بین میزان سیلت و پتاسیم غیرتبادلی مشاهده شد. بین جزء سیلت با سایر شکل‌های متفاوت پتاسیم نیز رابطه منفی بدست آمد. هم‌چنین کلسیت بعنوان عامل دیگری در این خاک‌ها بدلیل اثر رقت باعث کاهش شکل‌های متفاوت پتاسیم بخصوص پتاسیم تبادلی در منطقه رضوانکده شده است ($r^2$=0/53). با توجه به رابطه مثبت بین رس و ماده آلی با شکل‌های متفاوت پتاسیم می‌توان گفت جزء شن نقش کم‌رنگ‌تری را در این زمینه خواهد داشت. نتایج مقدار پتاسیم کل در هر دو منطقه نشان می‌دهد که کشت طولانی انگور منجر به کاهش پتاسیم در دراز مدت شده است، اما هم‌چنان کانی‌های خاک می‌تواند تأمین کننده پتاسیم گیاه باشند. اضافه کردن کودهای پتاسه توسط کشاورزان هر ساله انجام می‌شود، منتها توصیه بر آن است که جهت آزادسازی پتاسیم از جزء غیرتبادلی، مصرف کود پتاسه براساس آزمون خاک صورت گیرد.

## سپاسگزاری

بودجه مورد نیاز و تمامی امکانات برای انجام این پژوهش توسط دانشگاه ملایر تامین شده است، که بدین وسیله از آن دانشگاه قدردانی می‌شود.

**فهرست منابع:**


1. بنایی، م. ح. 1377. نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی ایران. انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.
2. بحرینی طوحان، م.، دردی پور، ا. و خرمالی، ف. 1392. نقش پتاسیم غیرتبادلی در تغذیه گیاه ذرت در سری‌های غالب خاک‌های زارعی استان گلستان. نشریه دانش آب و خاک. 23 (2) صفحات 159 -176.
3. ترابی‌گل‌سفیدی، ح.، کریمیان‌اقبال، م. و کلباسی، م. 1380. بررسی تغییرات اکسایش و کاهش در اراضی شالیکاری روی لندفرم‌های مختلف شرق گیلان. مجله علوم کشاورزی ایران. 32(2). صفحات 331-343.
4. جعفری، س. و باقرنژاد، م. 1386. اثرات تروخشک شدن و سیستم‌های کشت برتثبیت پتاسیم در برخی از خاک‌ها و رس‌های خوزستان. مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. 11 (41). صفحات 90-75.
5. حاجی‌زاده، ش.، صمدی، ع.، موحدی نائینی، س.ع. و خرمالی، ف. 1389.پارامترهای کمیت به شدت و شکل‌های پتاسیم و ارتباط آنها با کانی‌شناسی رس در برخی از خاک‌های آهکی تحت کشت انگور استان آذربایجان غربی.مجله پژوهش خاک آب و خاک.17(3) صفحات 65-84.
6. زارعی، ا. 1392. بررسی اثر محلول پاشی برگی سولفات پتاسیم برکیفیت میوه و فعالیت آنتی اکسیدانی در انگور. رساله ارشد کشاورزی، دانشگاه کردستان. ایران.
7. زارعیان، غ. ر.، فرپور، م. ه.، حجازی، م. و جعفری، ا. 1396. ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم با خصوصیات فیزیکو شیمیایی و کانی شناسی رسی خاک‌های دشت قره باغ در استان فارس. نشریه پژوهش‌های خاک. 31 (2). صفحات 315-329.
8. فلاحی قشلاق، ف. 1392. تأثیر عملیات زراعی بلند مدت و فرآیندهای خاکسازی بر توزیع پروفیلی شکل‌های پتاسیم و کانی‌های رسی در منطقه پسوه پیرانشهر. رساله کارشناسی ارشد کشاورزی. دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه. ارومیه.
9. گلی‌کلانپا، ا. 1383. سنتیک آزادسازی و تثبیت پتاسیم و ارتباط آنها با کانی‌های رسی در برخی خاک‌های زیر کشت انگور در منطقه ارومیه. رساله ارشد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ایران.
10. لندی، ا.، پورکیهان، س.، چرم، م.، حجتی، س. و جعفری، س. 1397. بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی زمین‌های زیر کشت نیشکر در مقایسه با کشت تناوبی و زمین‌های بکر جنوب خوزستان. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران. 26 (1). صفحات 19 - 30.
11. نجفی قیری، م.، اولیائی، ح.ر. و بوستانی، ح.ر. 1398. عوامل مؤثر بر توزیع شکل‌های پتاسیم در برخی خاک‌های آهکی استان کهگیلویه بویراحمد. مجله تحقیقات کاربردی خاک. 7 (2). صفحات 196-207.
12. هاشمی، س. س.، و اسدی، ف. 1397. اثر کشت غرقاب بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی، شالیزارهای منطقه‌ی دورود، استان لرستان. مجله تحقیقات کاربردی خاک. جلد 6 (1). صفحات 112-123.
13. Allison, L.E., and Moodi, C.D. 1962. Carbonates. P .1379-1396. InC.A. Black (ed), Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Madison, WI.
14. Azaroff,L.V., and Buerger, M.J. 1958. The Powder Method inX-Ray Crystallography. New York,NY,McGraw-HillBoox Co. (www.xpowder.com).
15. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. p. 891-901 InC.A. Black (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. Society of American Agronomy, Madison, WI.
16. Chorom, M., Baghernejad, M., and Jafari, S. 2009. Influence of rotation cropping and sugarcane production on the clay mineral assemblage. Journal of Applied Clay Science. 21: 46-385.

17. Feigenbaum, S., and R. Levy. 1977. Potassium release in some saline soils of Israel. Geoderma. 19: 159–169.
18. Fotyma, M. 2007. Content of Potassium in different forms in the soils of southeast Poland. Polish Journal of Soil Science. 40(1): 19-32.
19. Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis. p. 383-411 In: A. Klute (eds.). Method of Soil Analysis, part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Edition,American Society of Agronomy, Madison, WI.
20. Hashemi, S.S., and Abbaslou, H. 2016.Potassium reserves in soils with arid and semi-arid climate in southern Iran: a perspective based on potassium fixation. Iran Agriculture Research. 35: 2. 88-95.
21. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers: potassium.Prentic-Hall, Inc. Upper Saddle River, N.J.
22. Helmke, P.A., and Sparks, D.L.1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium and cesium. In D.L. Sparks (ed.), Method of Soil Analysis, Part 3,Chemical Methods. No. 5, SSSA and ASA, Madison, WI. USA: 551-574.
23. Khandagale, M.T. 1977. Effect of various levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and quality of Thompson seedless grape (Vitisvinifera L). M.Sc. Thesis. Mahatm PhuleKrishiVishwaVidyalaya, Rahuri.
24. Khormali, F., Abtahi., and Oliwaei, H.R. 2005. Late Mesozoicÿ Cenozoic clay mineral successions of southern Iran and their palaeo climatic implications. Clay minerals. 40: 191-203.
25. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium.p. 225-246. In A.L.Page(eds.).Methods of soil analysis, part 2. American society of agronomy, Madison, WI. USA.
26. Kunze, G.W., and Dixon, J.B. 1986. Pretreatments for mineralogical analysis. p. 91-101. In A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. Part1, Physical and Mineralogical Methods, 2ndEdition,. American Society of Agronomy, Madison, WI.
27. McLean, S.A., Allen, B.L., and Crait,J.R. 1972. The occurrence of Sepiolite and Attapulgite on the suthern high plains. Clays Clay Minerals. 20: 143-149.
28. Murashkina, M.A., Southard, R.J., and Pettygrove, G.S. 2007. Silt and fine sand fractions dominate K fixation in soils derived from granitic alluvium of the San Joaquin Valley, California. Geoderma. 141: 283-293.
29. Nabiollahy, K., Khormali, F., Bazargan, K., and Ayoubi, Sh. 2006. Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development.Clay Minerals. 41:739-749.
30. NajafiGhiri, M., and Abtahi, A. 2013. Potassium fixation in soil size fractions of arid soils. Soil and Water Reseach. 2: 49-55.
31. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon and organic matter. p. 961-1010. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods. 3rd Ed., American Society of Agronomy, Madison, WI.
32. Pal, D.K., Saivastana, P., Durge, S.L., and Bhattacharyya, T. 2001. Role of weathering of fine–grained micas in potassium management of Indian soils. Applied Clay Science. 20: 39–52.
33. Rhoades, J.D. 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. p. 417-436. In D.L. Sparks (ed.) Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods. 3rd Ed., American Society of Agronomy, Madison, WI.
34. Sharma, B.D., Mukhopadhyay S.S., and Sawhney, J.S. 2006. Distribution of potassium fractions in relation to landforms in a Himalayan catena. Archives of Agronomy and Soil Science. 52: 469–476.
35. Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. USDA. NRCS. Washington, D.C.
36. Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. p. 475-490. In D.L. Sparks (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods. 3rd Ed., American Society of Agronomy, Madison, WI.

# Study on the Effect of Long Term Cultivation of Grape on Mineralogy of Soil Fractions and Different Potassium Forms in Two Regions of Malayer

**S. S. Hashemi**[1]
Assistant Professor. Dept. of Soil Science, College of Agriculture, Malayer University;
E-mail: S.Hashemi@malayeru.ac.ir
Received: February, 2020 and Accepted: July, 2020

**Abstract**

Potassium (K) fertilizer requirement is affected by crop type, land cultivation history, and properties of the soil resources. The purpose of this research was to investigate the effect of long term grape cultivation on soil fractions mineralogy and different potassium forms in Malayer region, Iran. Soil profiles in two areas with fine and coarse texture were dug and soil physicochemical characteristics and different potassium forms were determined. All soil fractions were separated and the content of minerals in the sand, silt and clay fractions was determined in some horizons. Soil soluble, exchangeable, non-exchangeable, and total K concentrations ranged from 15.8 to 62.1, 216.8 to 540.8, 395 to 1897, and 8322 to 13416 $mgkg^{-1}$, respectively. Soluble and exchangeable potassium significantly correlated with soil clay content ($r^2$= 0.42, $p<0.05$) and organic carbon ($r^2$= 0.67, $p<0.01$). Calcium carbonate equivalent and silt negatively correlated with different potassium forms ($r^2$=0.62, $p<0.05$). The mineralogical studies of clay fraction showed that coarse-textured soils had higher illite content and fine-textured soils had higher vermiculite and to some extent smectite. Mixed minerals as illite-smectite, illite-vermiculite, and chlorite-smectite were observed in the silt fraction, and had the main control on the different potassium forms in this fraction. Long term cultivation of grape in the two areas had caused reduction of total potassium content compared to uncultivated neighboring lands. It is recommended that for non-exchangeable K release, K fertilizer application should be based on the soil analysis.

**Keyword:** Soluble and exchangeable potassium, Illite, Smectite, Vermiculite

[1]. Corresponding author: Soil Science Department, Faculty of Agricultural, Malayer University, Iran.