نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۵، ص. ۱۲۱۸-۱۲۰۲

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 4, Sept.-Oct. 2016, p. 1202-1218

اثرات عملیات باغداری مستمر و طولانی‌مدت بر توزیع شکل‌های پتاسیم و خصوصیات جذبی آنها در منطقه ارومیه

زهرا امیرپور[۱]- سالار رضاپور[۲*]- بهنام دولتی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۵/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۹

چکیده

فرآیندهای فیزیولوژیکی و زیستی متعدد در گیاه، تشکیل کربوهیدرات‌ها و پروتئین، فعال‌سازی حدود ۵۰ آنزیم برای نقل و انتقال انرژی همچنین کاهش هدررفت آب از منافذ برگ، تحت تأثیر حضور پتاسیم در گیاه است (۱۶). عملیات باغداری طولانی‌مدت ممکن است بعضی تغییراتی را در ویژگی‌های جذبی و توزیع شکل‌های پتاسیم ایجاد کند. برای بررسی این فرضیه، خاک‌های سطحی ۵ زیرگروه از ۱۵ سری خاک باغی و بکر هم‌جوار در جنوب دشت ارومیه که برای مدت بیش از ۵ دهه تحت عملیات باغداری طولانی‌مدت قرار گرفته‌اند تشریح و نمونه‌برداری شدند. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری تحت آزمایش‌های مختلف فیزیکوشیمیایی قرار گرفته و شکل‌های مختلف پتاسیم و هم دماهای جذب پتاسیم تعیین شدند. نتایج نشان داد که در بیشتر خاک‌های مطالعه شده عملیات باغداری طولانی‌مدت به تبعیت از تیپ‌های مختلف خاک، فعالیت‌های باغی و خصوصیات خاک باعث کاهش پتاسیم محلول از ۰/۰۵ تا ۱/۴۸ میلی‌مول در لیتر، پتاسیم تبادلی از ۱۲/۰۱ تا ۲۸۵/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، پتاسیم قابل استفاده از ۱۰/۴۲ میلی‌گرم برکیلوگرم خاک تا ۱۸۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، پتاسیم غیرتبادلی از ۴۳/۰۵ تا ۱۱۴/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، نسبت جذب پتاسیم از ۰/۰۸ میلی‌مول بر لیتر تا ۱/۱۷ میلی‌مول بر لیتر، درصد پتاسیم تبادلی از ۰/۴۹ درصد تا ۳/۴۷ درصد شده است. در این بین پتاسیم محلول و پتاسیم غیر تبادلی به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش را در بین شکل‌های پتاسیم نشان داد. مطالعات هم دماهای جذب نشان داد که جذب پتاسیم در سری خاک‌های بکر نسبت به خاک‌های باغی بیشتر بوده و در زیرگروه ورتیک اندوآکوئپت (سری قوت تپه) جذب پتاسیم حداکثر بوده است.

واژه‌های کلیدی: ایزوترم جذبی پتاسیم، باغداری طولانی‌مدت، دشت ارومیه

مقدمه

پتاسیم یکی از عنصر مهم و ضروری در کیفیت و عملکرد گیاهان و فراوان‌ترین عنصر لیتوسفر در مقایسه با سایر عناصر پرمصرف گیاهان است. مقدار پتاسیم خاک ۶ برابر نیتروژن خاک و ۱۳ برابر فسفر خاک است و بیشتر به شکل معدنی می‌باشد (۱۶). حرکت این عنصر در خاک از طریق فرآیند انتشار و جذب آن توسط گیاه به صورت فعال بوده و نسبت به سایر عناصر پرمصرف غذایی بیشتر تحت تأثیر فرایندهای خاکسازی قرار می‌گیرد. نقش پتاسیم در درختان میوه عبارتند از :

مقاومت گیاهان را در برابر کم آبی و خطرات سرمازدگی افزایش می‌دهد، مقاومت گیاهان را در برابر آفات و بیماری‌ها از جمله آتشک گلابی و شانکر مرکبات افزایش می‌دهد، کیفیت و خاصیت انبارداری محصولات باغی را افزایش می‌دهد، شدت نور را کنترل و عمل فتوسنتز را تشدید می‌کند و راندمان آبیاری را افزایش می‌دهد. در باغ-های انگور پتاسیم برای رشد شاخه، افزایش کیفیت محصول و مدت انبارداری خوشه‌ها لازم می‌باشد (۱۱). کاربرد پتاسیم در باغ‌های انگور جوانه‌هایی را که در شرایط معمول بی‌ثمر باقی مانده‌اند را، بارور می‌سازد که این عمل را از طریق افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها به انجام می‌رساند (۲۸). اثرات کشت‌های طولانی‌مدت بر رفتار شکل‌های پتاسیم خاک به طور مختلفی بیان شده است. جلالی و ضرابی (۹ و ۱۰) بیان داشتند که اکثر خاک‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک حاوی مقدار زیادی پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی هستند و پتاسیم تبادلی در این خاک‌ها به طور قابل‌توجهی با کشت طولانی‌مدت طی ۱۰- ۳ سال تخلیه می‌شود. همچنین آنها اظهار

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: S_rezapour2000@yahoo.com)

داشتند که کاشت مستمر آفتابگردان بدون جایگزینی مناسب عناصر غذایی جذب شده از خاک به‌ویژه پتاسیم، منجر به تخلیه پتاسیم از خاک شده و یک فاکتور محدودکننده عملکرد در برخی نواحی ایران می‌باشد. مهدوی و همکاران (۱۸) طی تحقیقات خود در منطقه افضل یزد به این نتیجه رسیدند که کشت گز سبب افزایش معنی‌دار پتاسیم و ماده آلی خاک می‌گردد. رضاپور و صمدی (۲۵) نشان دادند که کشت طولانی‌مدت چغندرقند باعث کاهش معنی‌داری ($P\leq$ ۰/۰۰۱) در مقدار متوسط کربن‌آلی، نیتروژن کل، پتاسیم قابل‌استفاده، پتاسیم قابل‌تبادل، نسبت جذب پتاسیم و *EC* خاک‌های *Typic Calcixerept*شده است. بلالی و ملکوتی (۱) گزارش کردند که خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک در ایران حاوی مقادیر بیشتری از پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی است اما مقادیر این اجزا در افق‌های سطحی خاک‌های کشاورزی طی ۲۰ سال اخیر به‌دلیل کشت طولانی‌مدت محصول و به‌کار نبردن کودهای پتاسیم کاهش یافته است. تعیین هم دماهای جذب پتاسیم از جمله روش‌هایی است که برای پیش بینی قابلیت استفاده پتاسیم در محلول خاک، استفاده می‌شود. ظرفیت بافری پتانسیل پتاسیم (PBC^k) به عنوان ظرفیت خاک برای مقابله با تغییر در غلظت پتاسیم محلول خاک برای تأمین و نگه‌داری سطوح بالای پتاسیم در محلول خاک می‌باشد. به عبارت دیگر نشان دهنده توانایی بالقوه خاک، برای حفظ شدت مناسبی از پتاسیم در محلول خاک بوده و ممکن است با ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی داشته باشد*** PBCK=4/13×CEC- 4/41 R2=0/79 (۱۵). معمولاً در مطالعه همدماهای جذبی و در روابط کمیت به شدت (Q/I) مقدار PBC^K معادل با شیب نمودار خطی جذب می باشد. به عبارت دیگر ضلع مقابل به ضلع مجاور که معادل با tanα بوده و برحسب $(mol\ L^{-1})^{0.5}/cmol_c\ kg^{-1}$) می باشد. لذا خاک‌هایی که حاوی مقادیر بیشتری از رس و به‌ویژه از نوع اسمکتایت هستند، دارای PBC^k بیشتری می‌باشند که بیانگر پتاسیم قابل‌استفاده کافی و یا قابلیت جذب پتاسیم بوسیله گیاهان برای مدت زمان طولانی پایدار می‌باشند. از طرف دیگر مقدار PBC^K پایین پتاسیم نیز لزوم کود پاشی منظم و مکرر خاک را می‌طلبد، بخصوص در خاک‌های شنی و خاک‌هایی که موادآلی قسمت عمده‌ای از ظرفیت تبادل کاتیونی را شامل می‌شود. دولتی و همکاران (۶) بین پارامترهای PBC^K و CEC رابطه خطی معنی‌داری (***r=۰/۸۲) بدست آوردند. ویژگی‌هایی مانند پستی‌وبلندی، زهکشی و تیپ خاک در خاک‌های جنوب دشت ارومیه دارای تغییرات قابل‌توجهی هستند که مطالعه و بررسی آنها در قالب کاربری اراضی بر شکل‌های پتاسیم می‌تواند نتایج قابل‌توجهی در ارتباط با مدیریت بلندمدت پتاسیم خاک ارائه دهد. بنابراین تحقیق حاضر در راستای ارزیابی تأثیر عملیات باغداری طولانی‌مدت (مخصوصاً باغ سیب) طی ۵ دهه بر توزیع شکل‌های پتاسیم و جذب آن در تیپ‌های مختلف خاک با اهداف زیر انجام شده است:

توزیع شکل‌های پتاسیم در اراضی باغی جنوب دشت ارومیه و خاک‌های بکر هم‌جوار آن

تعیین هم دماهای جذب پتاسیم در خاک‌های منطقه

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

در این مطالعه تعداد ۳۰ نمونه مرکب خاک (۵۰-۰ سانتی‌متری) از اراضی باغی و بکر هم‌جوار با توجه به مطالعات خاکشناسی نیمه‌تفضیلی (۷) آذربایجان غربی از ۱۵ سری و ۵ زیرگروه‌های مختلف تیپیک کلسی زرپت[1]، فلوونتیک هاپلوزرپت[2]، تیپیک اندوآکوئپت[3]، تیپیک هالوآکوئپت[4] و ورتیک اندوآکوئپت[5] در منطقه جنوب ارومیه که بین طول‌های ´۰۵ °۴۵ تا ´۱۸ °۴۵ شرقی و عرض‌های ´۱۵ °۳۷ تا ´۳۳ °۳۷ شمالی و با وسعت بیش از ۵۰۰۰۰ هکتار قرار دارد، جمع‌آوری گردید (جدول ۱) (شکل ۱). عمده کاربری زراعی این منطقه باغ سیب می‌باشد که در حاشیه این باغ‌ها محصولاتی مانند چغندرقند، یونجه، گندم، آفتابگردان، ذرت، گوجه‌فرنگی و سبزی و صیفی‌جات نیز کشت می‌شود. از نظر زمین-شناسی منطقه مورد مطالعه متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی بوده و سنگ‌های آهکی به طور پراکنده در منطقه وجود دارد. منابع آبیاری منطقه شامل رودخانه باراندوز چای و شهر چای می‌باشد که از غرب به شرق جریان دارند (جدول ۲). نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مانند بافت به روش هیدرومتری (۲)، pH در محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم (۳۰)، هدایت الکتریکی (EC) در عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (۱۷)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش استات سدیم نرمال (۳) و ماده‌آلی به روش والکلی و بلک (۳۲) و کانی‌شناسی به روش کنز و دیکسون (۱۴) و کیتریک و هوپ (۱۳) انجام شد. مقادیر شکل‌های پتاسیم در ۵ زیرگروه خاک با استفاده از آزمون مقایسه جفتی *t* تست و با استفاده از نرم‌افزار *SPSS* مورد مقایسه آماری قرار گرفت. میزان فاکتور تخلیه نسبی[6] (DFR) یا فاکتور غنی‌شدن نسبی[7] (EFR) و درصد تغییرات (%Δchange) شکل‌های پتاسیم و دیگر پارامترها در زیرگروه‌های مختلف خاک از طریق مقایسه میانگین میزان شکل‌های پتاسیم در هر خاک باغی به

1- Typic Cacixerept
2- Fluventic Haploxerepts
3- Typic Endoaquepts
4- Typic Halaquepts
5- Vertic Endoaquepts
6- Depletion Factor Rative
7- Enrichment Factor Rative

خاک بکر هم‌جوار میزان تخلیه یا غنی شدن نسبی آنها به‌صورت زیر محاسبه شدند:

$$EFR \text{ or } DFR = K_G/K_V \quad (۱)$$

$$(\%\Delta change) = ([K_G - K_V])/K_V \times 1 \quad (۲)$$

K_V: غلظت پتاسیم در خاک بکر

K_G: غلظت پتاسیم در خاک باغی

شکل‌های پتاسیم خاک

پتاسیم محلول در عصاره گل اشباع، پتاسیم تبادلی به روش استات آمونیوم یک مولار در pH =۷، پتاسیم غیرتبادلی به روش توماس (۲۹) با اسید نیتریک یک مولارجوشان اندازه‌گیری شدند. همچنین پارامترهای نسبت جذب پتاسیم (PAR) و درصد پتاسیم تبادلی (EPP) نیز به‌صورت زیر محاسبه گردید:

$$PAR = K_{sol}/((Ca+Mg)/2)^{0.5} \quad (۳)$$

$$EPP = (K_{ex}/CEC)*100 \quad (۴)$$

K_{sol}: پتاسیم محلول (mmol/l)

K_{ex}: پتاسیم تبادلی (meq/100gr)

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی (meq/100gr)

هم دماهای جذب پتاسیم

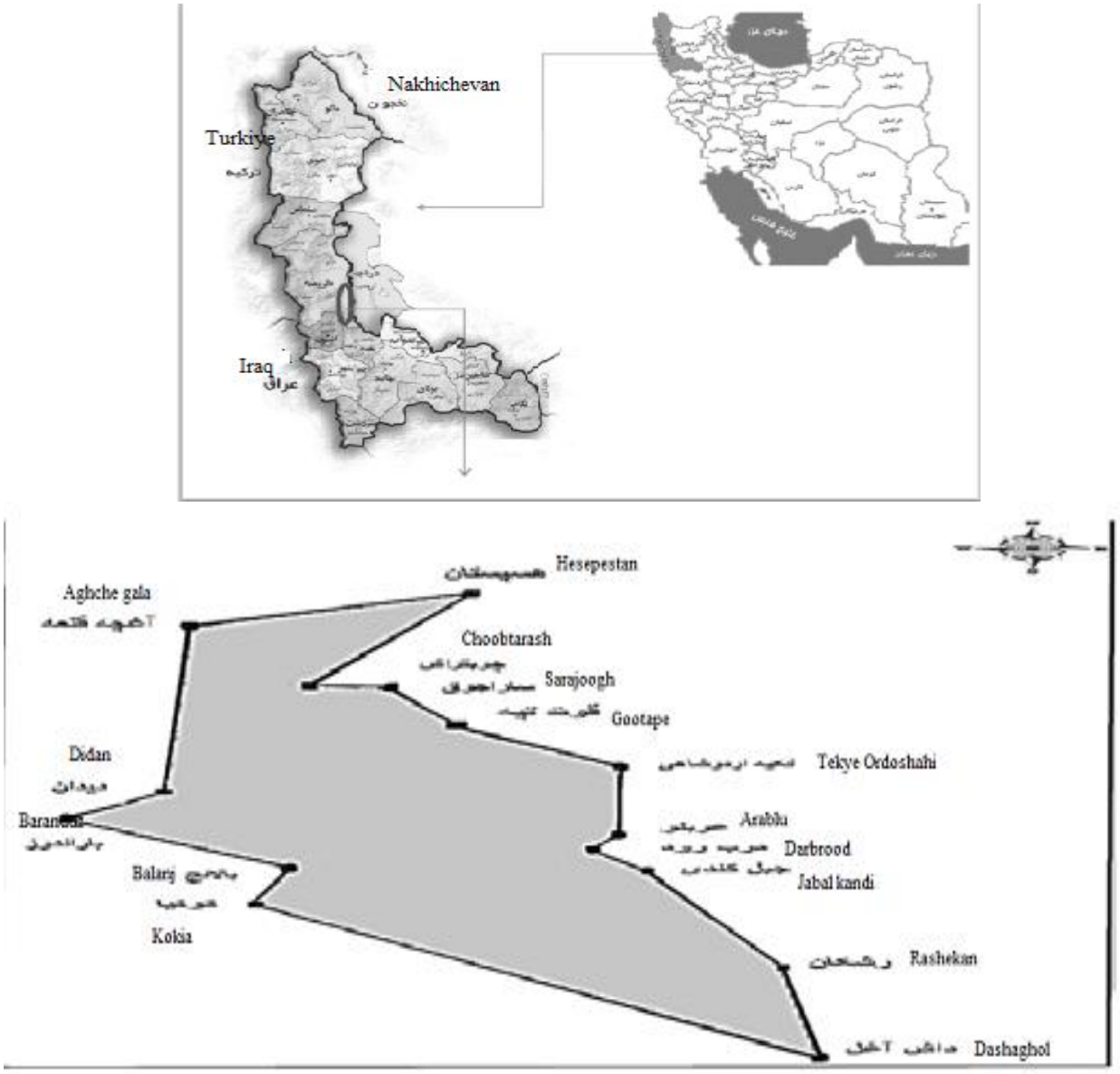
برای رسم منحنی‌های جذب پتاسیم، ۲/۵ گرم از هر نمونه خاک (در دو تکرار) را به لوله سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن ۲۵ میلی‌لیتر محلول حاوی (۱۹۲- ۰ میلی‌گرم در لیتر) پتاسیم در محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم اضافه گردید. سوسپانسیون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تکان داده و سپس سانتریفیوژ و غلظت پتاسیم از مایع رویی با فلیم فتومتر قرائت شد.

کانی‌های بخش رس پس از خالص‌سازی رس با دستگاه پراش ایکس شیمادوز ۶۰۰۰ تعیین شدند.

جدول ۱- طبقه‌بندی خاک‌های مورد مطالعه

Table 1- Classification of soils study

سری خاک Soil Series	USDA	WRB
داش آغل Dashaghol	Typic calcixerepts	(Clayic) Haplic Calcisols
هسپستان Hesepestan	Fluventic Haploxerepts	(Calcaric, Siltic) Haplic Fluvisols
درب رود Darbrod	Typic Endoaquep	(Calcaric, Clayic) Haplic Gleysols
جبل کندی Jabalkandi	Typic Halaquepts	(Carbonatic, Siltic) Haplic Solonchaks
آغچه قلعه Aghchegale	Fluventic Haploxerepts	(Calcaric) Haplic Fluvisols
عربلو Arablu	Typic Halaquepts	(Carbonatic, Siltic) Haplic Solonchaks
کوکیا Kookia	Typic calcixerepts	(Siltic) Haplic Calcisols
رشکان Rashkan	Typic calcixerepts	(Siltic) Haplic Calcisols
بالانج Balanj	Typic calcixerepts	(Siltic) Haplic Calcisols
باراندوز Baranduz	Fluventic Haploxerepts	(Calcaric) Haplic Fluvisols
دیدان Didan	Fluventic Haploxerepts	(Calcaric, Siltic) Haplic Fluvisols
ساراجوق Sarajogh	Typic Endoaquepts	Haplic Gleysols(Calcaric)
چوب تراش Chobtarash	Typic Endoaquepts	(Calcaric) Haplic Gleysols
قوت تپه Goottape	Vertic Endoaquepts	(Calcaric) Gleyic Vertisols
اردوشاهی Ordooshahi	Typic Halaquepts	(Carbonatic, Clayic) Haplic Solonchaks



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1- Location of area study

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داه شده است. مقدار pH در همه خاک‌های مطالعه شده در محدوده قلیائی یعنی بزرگتر از ۷ بود و دامنه آنها در محدوده ۷/۰۱ تا ۷/۹۵ متغیر بود (جدول ۲). در اکثر خاک‌های باغی میزان pH از ۰/۰۹ واحد (فاکتور غنی شدن نسبی ۱/۰۱) در سری اردوشاهی تا ۰/۸۰ واحد (فاکتور غنی شدن نسبی ۱/۱۱) در سری کوکیا نسبت به خاک‌های بکر افزایش یافته است. در اکثر خاک‌های باغی هنگام مقایسه با خاک‌های بکر مجاور، یک تخلیه نسبی در مقدار ماده آلی (کاهش ۳ تا ۳۵ درصد) مشاهده شد. میزان ظرفیت تبادل کاتیونی در اکثر خاک‌های باغی به غیر از سری‌های قوت تپه، دیدان و ساراجوق از ۱/۱۶ میلی‌اکی والان در صد گرم خاک (فاکتور غنی‌شدن نسبی ۱/۰۶) در سری عرب‌لو تا ۳/۴۱ میلی اکی‌والان درصد گرم خاک (فاکتور غنی‌شدن نسبی ۱/۱۶) در سری هسپستان نسبت به خاک‌های بکر هم‌جوار روند افزایشی داشته است (جدول ۳). دلیل این امر را می‌توان افزایش هوادیدگی کانی‌ها در اثر کشت و کار طولانی‌مدت دانست (۱۲). از طرف دیگر در اکثر سری‌هایی که CEC افزایش داشته، ماده آلی و رس نیز افزایش یافته است و لذا این رفتار

نیز می‌تواند دلیل دیگری برای افزایش CEC باشد. در اکثر خاک‌های مورد مطالعه عملیات باغداری طولانی‌مدت سبب افزایش کربنات کلسیم معادل (CCE) شده است. بااین وجود بدلیل فرایند شستشو و نقل و انتقال آهک از افق‌های سطحی به افق‌های زیرسطحی و افزایش فشار گاز Co_2 ناشی از فعالیت ریشه درختان در این اراضی و انحلال کربنات‌ها، مقدار کلسیم کربنات معادل در دامنه‌ی ۲/۵۰ گرم بر کیلوگرم خاک (فاکتور تخلیه نسبی ۰/۹۹) در سری جبل‌کندی تا ۵۰/۰۰ گرم بر کیلوگرم خاک (فاکتور تخلیه نسبی ۰/۶۷) در سری بالانج کاهش یافته است. همانطورکه در جدول ۳ نشان داده

شده است در اکثر خاک‌های باغی مطالعه شده میزان هدایت الکتریکی (EC) نسبت به خاک‌های بکر هم‌جوار از ۰/۰۸ دسی‌زیمنس بر متر (فاکتور غنی‌شدن نسبی ۱/۰۹) در سری اردوشاهی تا ۱/۲۲ دسی‌زیمنس بر متر (فاکتور غنی‌شدن نسبی ۲/۷۹) در سری هسپستان افزایش یافته است. دلایل روند افزایشی در مقدار EC می‌تواند ورود یون‌های Na^+ وCl^- از طریق آب آبیاری، ورود املاح محلول از طریق آب‌های زیرزمینی و صعود املاح به سطح تحت تأثیر جریانات کاپیلاری و استعمال کودهای شیمیایی باشد. این نتایج با گزارش‌های رضاپور و صمدی (۲۳) که نشان دادند کشت‌های طولانی‌مدت خاک EC خاک را از ۰/۳ تا ۱/۴ دسی زیمنس بر متر در خاک‌های تحت کشت چغندرقند افزایش داده است، هماهنگی دارد. در مقایسه با خاک‌های بکر هم‌جوار، خاک‌های باغی یک رفتار افزایشی در مقدار رس (۱ تا ۶ درصد) و سیلت (۱ تا ۶/۵ درصد) به همراه یک رفتار کاهشی در مقدار شن (۲/۵ تا ۷/۵ درصد) نشان دادند (جدول ۴). خاک‌های باغی این مطالعه طی عملیات باغداری طولانی‌مدت برای دوره‌های قابل‌توجهی از سال دارای سیکل مرطوب و خشک شدن هستند که این فرایند می‌تواند باعث هوادیدگی کانی‌ها و افزایش چرخه انبساط و انقباض و کاهش اندازه ذرات شود. رضاپور (۲۴) طی تحقیقات خود دریافت که در بیشتر نواحی مورد مطالعه به‌دلیل کشت‌های طولانی‌مدت و افزایش تغییرات وارد شده توسط عملیات کشت و کار، در مقایسه با زمین‌های بکر مجاور مقدار شن خاک کاهش و مقدار رس و سیلت خاک افزایش یافته است. کانی‌های رس غالب منطقه ایلایت، کلرایت، کائولینایت و مقدار کمتری اسمکتایت بودند و در قوت تپه (ورتیک اندوآکوئپت) مقدار اسمکتایت بیشتر از سایر خاک‌ها بود.

جدول 2- خصوصیات شیمیایی آب‌های آبیاری مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

Table 2- Chemical characteristics of irrigation water resources

پارامتر Parameter	باراندوزچای Baranduz chay	شهرچای Shahr chay
قابلیت هدایت الکتریکی Electrical Conductivity(dsm^{-1})	0.24	0.21
پ هاش PH	7.59	7.48
کلسیم Calcium($meql^{-1}$)	3.00	1.80
منیزیم Magnesium($meql^{-1}$)	1.40	1.00
پتاسیم Potassium($meql^{-1}$)	0.04	0.10
سدیم Sodium($meql^{-1}$)	0.44	0.43
مجموع کاتیون‌ها Total Cation($meql^{-1}$)	4.89	3.34
بیکربنات Hco_2^-($meql^{-1}$)	4.90	3.30
سولفات So_4^{2-}($meql^{-1}$)	0.21	0.16
مجموع آنیون‌ها Total Anion($meql^{-1}$)	5.31	3.66
نسبت جذبی سدیم Sodium Adsorption Ratio($meql^{-1}$)	0.30	0.29
مجموع املاح محلول Total Soluble Salts	153.60	134.4

جدول ۳- مقدار پ هاش، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و کربنات کلسیم معادل و هدایت الکتریکی و مقدار تخلیه یا غنی شدن نسبی آنها

Table 3- The amount of pH, organic matter, cation exchange capacity, Calcium Carbonate Equivalent and Electrical Conductivity and the relative depletion or enrichment their

سری خاک Soil serie	کاربری User	پ هاش pH	ماده آلی Organic matter (g kg^{-1})	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation exchangeable capacity (cmol$^{(+)}$kg^{-1})	کربنات کلسیم معادل calcium carbonate equivalent (g kg^{-1})	هدایت الکتریکی Electrical Conductivity (ds m^{-1})	فاکتورتخلیه یا غنی شدن نسبی Depletion Factor Rative Enrichment Factor Rative				
							pH	O.M	CEC	CCE	EC
داش آغل Dash aghul	باغ Garden	7.60	19.34	23.82	232.50	0.60	1.08	2.03	1.10	1.22	1.11
	بکر Virgin	7.05	9.53	21.75	190.00	.54					
هسپستان Hesepestan	باغ Garden	7.60	20.04	24.13	122.50	1.90	1.01	1.32	1.16	0.92	2.79
	بکر Virgin	7.50	15.14	20.72	132.50	0.68					
درب رود Darbrood	باغ Garden	7.60	21.43	26.11	220.00	0.90	0.96	0.80	1.15	0.95	0.39
	بکر Virgin	7.90	26.79	22.79	232.50	2.29					
جبل کندی Jabalkandi	باغ Garden	7.20	16.77	17.50	182.50	2.80	0.99	2.12	1.13	0.99	1.12
	بکر Virgin	7.30	7.92	15.55	185.00	2.50					
آغچه قلعه Agchegale	باغ Garden	7.80	21.67	23.82	85.00	0.60	1.07	0.91	1.10	1.13	0.66
	بکر Virgin	7.30	23.76	21.75	40.00	0.91					
عرب لو Arablu	باغ Garden	7.80	20.73	21.36	225.00	0.60	1.08	0.79	1.06	1.32	0.50
	بکر Virgin	7.20	26.32	20.20	170.00	1.20					
کوکیا Kookia	باغ Garden	7.90	27.72	26.90	130.00	0.70	1.11	1.52	1.13	1.04	1.21
	بکر Virgin	7.10	18.17	23.83	125.00	0.58					
رشکان Rashekan	باغ Garden	7.20	21.20	23.08	220.75	0.90	1.00	0.65	1.06	0.93	1.14
	بکر Virgin	7.20	32.85	21.75	237.50	0.79					
بالانج Balanj	باغ Garden	7.95	29.59	21.35	100.00	0.80	1.08	0.99	1.11	0.67	1.23
	بکر Virgin	7.35	30.52	19.17	150.00	0.65					
باراندوز Baranduz	باغ Carden	7.59	27.49	23.78	185.50	0.60	1.06	2.15	1.09	0.93	1.11
	بکر Virgin	7.15	12.81	21.75	200.00	0.54					
دیدان Didan	باغ Garden	7.78	25.16	23.46	147.50	0.80	1.10	1.10	0.96	0.82	1.21
	بکر Virgin	7.05	22.83	24.34	180.00	0.66					

ساراجوق Sarajogh	باغ Garden	7.10	23.76	27.29	110.00	0.90	0.92	1.07	0.92	0.79	1.45
	بکر Virgin	7.68	22.13	29.52	140.00	0.62					
چوب تراش Chobtarash	باغ Garden	7.75	27.49	26.24	277.50	1.50	1.09	0.78	1.08	1.23	1.23
	بکر Virgin	7.10	35.41	24.35	225.00	1.25					
قوت تپه Goottape	باغ Garden	7.40	29.59	29.08	220.00	1.70	0.97	0.76	0.95	0.94	1.30
	بکر Virgin	7.60	38.91	30.56	235.00	1.30					
اردوشاهی Ordoshahi	باغ Garden	7.10	21.43	24.50	202.50	1.00	1.01	0.75	1.10	0.98	1.09
	بکر Virgin	7.01	28.43	22.27	207.50	0.92					

پتاسیم محلول و نسبت جذب پتاسیم

مقادیر پتاسیم محلول خاک‌ها به تبعیت از تیپ‌های مختلف خاک، فعالیت‌های زراعی و خصوصیات خاک تغییرات قابل توجهی را در خاک‌های باغی و بکر هم‌جوار نشان داد. در خاک‌های باغی تغییرات پتاسیم محلول در دامنه ای ۰/۰۶ (سری قوت تپه) تا ۰/۶۸ میلی‌مول در لیتر (سری جبل کندی) با میانگین ۰/۲۹ میلی‌مول در لیتر قرار داشت در حالی‌که این روند در خاک‌های بکر بصورت ۰/۱۷ (سری کوکیا) تا ۱/۶۵ میلی‌مول در لیتر (سری جبل کندی) با میانگین ۰/۷۷ میلی‌مول در لیتر قرار داشت (جدول ۵). این نتایج با نتایجی که توسط سایر محققان در استان آذربایجان غربی گزارش شده است هماهنگی دارد (۲۶). در اکثر خاک‌های باغی به غیر از کوکیا، داش آغل و ساراجوق میزان پتاسیم محلول خاک از ۰/۰۵ میلی‌مول در لیتر (کاهش ۱۵ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۸۵) در سری درب رود تا ۱/۴۸ میلی‌مول در لیتر (کاهش ۹۵ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۰۳) در سری قوت تپه کاهش یافته است (جدول ۵). دلیل این امر می‌تواند جذب پتاسیم توسط گیاهان مرسوم در منطقه و یا عملیات آبشویی ناشی از آبیاری غرقابی و طولانی‌مدت در منطقه مورد مطالعه باشد. این نتیجه‌گیری با نتایج نجفی و همکاران (۲۱) مطابقت دارد. همچنین با توجه به حداقل غلظت بهینه پتاسیم در محلول خاک (۲۰ میلی‌گرم در لیتر) می‌توان نتیجه گرفت که این خاک‌ها در زمره خاک‌های نسبتاً کم حاصلخیز از نظر پتاسیم قرار گرفته اند (۳۱). تغییرات نسبت جذب پتاسیم (PAR) خاک‌های باغی در دامنه‌ای ۰/۰۴ (سری قوت تپه) تا ۰/۵۵ (سری جبل کندی) با میانگین ۰/۲۵ بود در حالی‌که در خاک‌های غیرباغی در دامنه‌ای ۰/۱۷ (سری کوکیا) تا ۱/۴۲ (سری جبل کندی) با میانگین ۰/۶۴ قرار داشت (جدول ۴). در اکثر خاک‌های باغی نسبت به خاک‌های غیرباغی به غیر از سری‌های داش آغل، کوکیا و ساراجوق نسبت جذب پتاسیم از ۰/۰۸ میلی‌مول بر لیتر (کاهش ۳۱ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۶۹) در سری درب رود تا ۱/۱۷ میلی‌مول بر لیتر (با کاهش ۹۷ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۰۳) در سری قوت تپه کاهش داشت (جدول ۵). دلیل این امر می‌تواند:

الف) کاهش میزان پتاسیم محلول خاک و نیز افزایش میزان کلسیم محلول در خاک باشد.

ب) مقدار کلسیم و منیزیم در آب آبیاری منطقه مطالعه شده نسبتاً بالا است و باعث کاهش نسبت جذب پتاسیم شده است (جدول ۲).

ج) اثرات متقابل آب آبیاری و خاک‌های دریافت کننده آن سبب افزایش این کاتیون‌ها (کلسیم و منیزیم) و در نتیجه باعث کاهش نسبت جذب پتاسیم شده است.

پتاسیم تبادلی و درصد پتاسیم تبادلی

میزان تغییرات پتاسیم تبادلی خاک‌های باغی در دامنه‌ی ۱۳۵/۹۱ (سری دیدان) تا ۵۲۹/۱۹ میلی‌گرم درکیلوگرم (سری اردوشاهی) با میانگین ۲۵۶/۲۳ میلی‌گرم درکیلوگرم بود در حالیکه در خاک‌های بکر در دامنه‌ای ۱۴۳/۷۰ (سری جبل کندی) تا ۶۱۳/۷۰ میلی‌گرم درکیلوگرم با میانگین ۲۹۵/۸۴ میلی‌گرم درکیلوگرم بود (جدول ۶). مهمترین علت کاهش پتاسیم در خاک‌های باغی احتمالاً مربوط به جذب پتاسیم توسط درختان سیب است که عموماً منطقه مورد مطالعه تحت این کاربری است و از نیاز پتاسیم بالایی برخوردار می‌باشد اگرچه فرسایش لایه سطحی خاک نیز می‌تواند مؤثر باشد (۲۶).

جدول ٤- توزیع ذرات سه گانه شن، سیلت، رس سری‌های مورد مطالعه تحت کاربری باغی و بکر

Table 4- Distribution of three particles of sand, silt, clay series studied under the gardened and virgin users

سری خاک Soil serie	کاربری User	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	بافت Texture	فاکتورتخلیه یا غنی شدن نسبی Depletion Factor Rative Enrichment Factor Rative Clay	Silt	Sand
داش آغل Dash aghul	باغ Garden	39	35	26.00	CL	0.89	1.04	1.17
	بکر Virgin	44	33.75	22.25	L			
هسپستان Hesepestan	باغ Garden	21.50	43.50	36.00	L	1.00	1.16	0.88
	بکر Virgin	21.50	37.50	41.00	L			
درب رود Darbrood	باغ Garden	49	35.00	16.00	C	0.91	1.11	1.10
	بکر Virgin	54	31.50	14.50	C			
جبل کندی Jabalkandi	باغ Garden	15	65.00	20.00	SiL	1.20	0.93	1.14
	بکر Virgin	12.50	70.00	17.50	SiL			
آغچه قلعه Agchegale	باغ Garden	۲۹	40.00	31.00	CL	1.00	1.14	0.86
	بکر Virgin	۲۹	35.00	36.00	CL			
عرب لو Arablu	باغ Garden	29	45.00	26.00	CL	1.16	0.97	0.91
	بکر Virgin	25	46.50	28.50	CL			
کوکیا Kookia	باغ Garden	34	37.50	28.50	CL	1.17	0.83	1.10
	بکر Virgin	29	45.00	26.00	CL			
رشکان Rashekan	باغ Garden	24	40.00	36.00	L	1.26	1.07	0.83
	بکر Virgin	19	37.50	43.50	L			
بالانج Balanj	باغ Garden	21.50	40.00	38.50	L	0.90	1.03	1.04
	بکر Virgin	24	39.00	37.00	L			
باراندوز Baranduz	باغ Garden	37.50	42.50	20.00	SiCL	1.03	1.16	0.74
	بکر Virgin	36.50	36.50	27.00	CL			
دیدان Didan	باغ Garden	34	42.50	23.50	CL	1.08	0.89	1.12
	بکر Virgin	31.50	47.50	21.00	CL			
ساراجوق Sarajogh	باغ Garden	40.25	38.75	21.00	C	0.91	0.99	1.24
	بکر Virgin	44.00	39.00	14.00	C			
چوب تراش Chobtarash	باغ Garden	16.50	32.50	51.00	SL	1.32	1.03	0.91
	بکر Virgin	12.50	31.50	56.00	SL			
قوت تپه Goottape	باغ Garden	31.50	50.00	18.50	SiCL	1.00	1.15	0.74
	بکر Virgin	31.50	43.50	25.00	CL			
اردوشاهی Ordoshahi	باغ Garden	50.00	32.50	17.50	C	1.14	0.93	0.83
	بکر Virgin	44.00	35.00	21.00	C			

لوم رسL : لومی، L ، لوم سیلتی:SiL ، رسی:C لوم رس سیلتی:SiCL ، لوم شنی:SL

Sandy Loam, Silty Clay Loam, Clay, Silty Loam, Loamy,Loam Clayey

جدول ۵- مقدار پتاسیم محلول K_{sol}، نسبت جذب پتاسیم PAR، درصد تغییرات آن و مقایسه میانگین ± انحراف معیار و مقدار فاکتور تخلیه یا غنی شدن نسبی آنها

Table 5- The amount of soluble potassium and the mean ± SD of the change and the depletion or enrichment factor of their relative

سری خاک Soil serie	کاربری User	مقایسه میانگین ± انحراف معیار The mean ± Standard deviation		درصدتغییرات %Δchange		فاکتورتخلیه یا غنی شدن نسبی Depletion Factor Rative Enrichment Factor Rative	
		نسبت جذب پتاسیم PAR Potassium absorption ratio ($mmol l^{-1}$)	پتاسیم محلول Potassium soluble	PAR	K_{sol}	PAR	K_{sol}
داش آغل Dash aghul	باغ Garden	0.25±0.08	0.25±0.08	* 32.27	* 39.84	1.32	1.40
	بکر Virgin	0.20±0.16	0.18±0.15				
هسپستان Hesepestan	باغ Garden	0.17±0.08	0.24±0.11	-33.22	-29.62	0.67	0.70
	بکر Virgin	0.25±0.19	0.34±0.26				
درب رود Darbrood	باغ Garden	0.20±0.05	0.26±0.07	-31.00	-15.49	0.69	0.85
	بکر Virgin	0.29±0.21	0.31±0.23				
جبل کندی Jabalkandi	باغ Garden	0.56±0.25	0.68±0.32	** -61.19	* -59.09	0.39	0.41
	بکر Virgin	1.43±0.60	1.65±0.69				
آغچه قلعه Agchegale	باغ Garden	0.26±0.03	0.28±0.02	*-40.39	* -43.93	0.60	0.56
	بکر Virgin	0.43±0.03	0.50±0.04				
عرب لو Arablu	باغ Garden	0.18±0.03	0.18±0.02	**-81.95	** -86.88	0.18	0.13
	بکر Virgin	0.10±0.06	1.34±1.06				
کوکیا Kookia	باغ Garden	0.30±0.16	0.26±0.03	** 79.66	** 100.86	1.80	2.01
	بکر Virgin	0.17±0.06	0.26±0.03				
رشکان Rashekan	باغ Garden	0.30±0.08	0.35±0.09	*-62.97	* -49.27	0.37	0.51
	بکر Virgin	0.79±0.25	0.69±0.22				
بالانج Balanj	باغ Garden	0.26±0.08	0.29±0.08	*-41.37	* -40.21	0.59	0.60
	بکر Virgin	0.44±0.13	0.49±0.15				
باراندوز Baranduz	باغ Garden	0.10±0.07	0.13±0.08	*-61.35	* -65.80	0.39	0.42
	بکر Virgin	0.26±0.01	0.38±0.01				

دیدان Didan	باغ Garden	0.43±0.17	0.47±0.18	*-55.19	* -63.67	0.45	0.36
	بکر Virgin	0.96±0.76	1.28±0.10				
ساراجوق Sarajogh	باغ Garden	0.52±0.37	0.63±0.45	*83.61	* 77.78	1.84	1.78
	بکر Virgin	0.29±0.26	0.36±0.33				
چوب تراش Chobtarash	باغ Garden	0.06±0.01	0.08±0.00	** -95.01	** -95.13	0.05	0.05
	بکر Virgin	1.09±0.14	1.56±0.20				
قوت تپه Goottape	باغ Garden	0.04±0.01	0.06±0.02	*** -96.81	** -95.33	0.03	0.05
	بکر Virgin	0.21±0.01	1.21±0.01				
اردوشاهی Ordoshahi	باغ Garden	0.14±0.07	0.16±0.06	** -83.40	** -87.03	0.17	0.13
	بکر Virgin	0.84±0.17	1.20±1.06				

*: معنی‌دار بودن در سطح احتمال p<۰/۰۵ ، **: معنی‌دار بودن در سطح احتمال p< ۰/۰۱، ***: معنی‌دار بودن در سطح احتمال p< ۰/۰۰۱.

* level Being significant at level possibility<*0.05* **: Being significant at level possibility<*0.01* ***: Being significant at possibility<*0.001*

کاهش مقادیر پتاسیم تبادلی با کاهش مقادیر ماده آلی و مقدار رس به موازات هم اتفاق افتاده است. احتمالاً عملیات باغداری طولانی‌مدت به همراه آبیاری و شخم نامناسب باعث تسریع تجزیه موادآلی و کاهش مقدار آن شده است و به تبع آن پتاسیم تبادلی کاهش یافته است. این نتایج با نتایج تحقیقات شارپلی (۲۷) مشابهت دارد.

درصد پتاسیم تبادلی(EPP) تقریباً رفتاری مشابه پتاسیم تبادلی نشان داد. تغییرات درصد پتاسیم تبادلی در خاک‌های باغی در دامنه‌ی ۱/۳۶ (سری ساراجوق) تا ۵/۵۴ (سری اردوشاهی) با میانگین ۲/۷۷ بود در حالیکه در خاک‌های بکر در دامنه‌ی ۱/۳۱ (سری قوت‌تپه) تا ۷/۰۶ (سری اردوشاهی) با میانگین ۳/۴۱ بود. در اکثر خاک‌های باغی در مقایسه با خاک‌های بکر هم‌جوار به استثنای سری‌های جبل کندی، آغچه قلعه، چوب تراش و قوت تپه درصد پتاسیم تبادلی (EPP) از ۰/۴۹ درصد (کاهش ۱۲ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۸۸) در سری داش آغل تا ۳/۴۷ درصد (کاهش ۵۹ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۴۱) در سری رشکان روند کاهشی نشان داد (جدول ۶).

دلیل این امر را می‌توان کاهش پتاسیم تبادلی و افزایش ظرفیت تبادلی خاک‌های مطالعه شده دانست. این نتایج و ارزیابی با نتایج صمدی و همکاران (۲۶) مطابقت دارد. حد بحرانی درصد پتاسیم تبادلی برای رشد بهینه گیاهان بین ۱/۵ تا ۲/۵ درصد گزارش شده است (۴). همانطورکه در جدول ۶ مشاهده می‌شود درصد پتاسیم تبادلی در خاک‌های ساراجوق و قوت تپه به زیر حد بهینه کاهش یافته است در حالی‌که مابقیه سری‌ها این پارامتر بالاتر از دامنه‌ی فوق است.

پتاسیم قابل استفاده

پتاسیم قابل استفاده (مجموع پتاسیم محلول و پتاسیم تبادلی) نقش خیلی مهمی در رشد گیاهان ایفا می‌کند به‌دلیل اینکه پتاسیم محلول و تبادلی تنها منابع پتاسیمی هستند که برای گیاهان قابل‌دسترس هستند (۸). تغییرات پتاسیم قابل استفاده خاک‌های باغی در دامنه‌ی ۱۴۵/۸۹ (سری دیدان) تا ۵۳۲/۸۲ میلی‌گرم درکیلوگرم (سری اردوشاهی) با میانگین ۲۶۷ میلی‌گرم درکیلوگرم بود در حالی‌که در خاک‌های بکر در دامنه‌ی ۱۶۸/۲۲ (سری جبل‌کندی) تا ۶۴۰/۲۱ میلی‌گرم در کیلوگرم (سری اردوشاهی) با میانگین ۳۱۵/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول ۷). در اکثر خاک‌های باغی به استثنای سری‌های آغچه‌قلعه، جبل‌کندی و قوت تپه میزان پتاسیم قابل استفاده از ۱۰/۴۲ میلی‌گرم برکیلوگرم خاک (کاهش ۳ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۹۷) در سری داش آغل تا ۱۸۰/۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (کاهش ۵۷ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۴۳) در سری رشکان کاهش داشت.

جدول ٦- مقدار پتاسیم تبادلیK_{ex}، درصد پتاسیم تبادلیEPP، درصد تغییرات و مقایسه میانگین ± انحراف معیار و مقدار تخلیه یا غنی شدن

Table 6- The amount of Exchangeable potassium, Exchangeable Potasium percentage and the mean ± SD of the change and the depletion or enrichment of their relative

سری خاک Soil serie	کاربری User	مقایسه میانگین ± انحراف معیار The mean ± Standard deviation		درصدتغییرات %Δchange		فاکتورتخلیه یا غنی شدن نسبی Depletion Factor Rative Enrichment Factor Rative	
		درصد پتاسیم تبادلی EPP ExchangeablePotassium Percentage	پتاسیم تبادلی K_{ex} ExchangeablePotassium (meq 100gr^{-1})	EPP	k_{ex}	EPP	K_{ex}
داش آغل Dash aghul	باغ Garden	2.75±1.32	339.42±122.76	-11.81	-3.14	0.88	0.97
	بکر Virgin	3.12±1.50	350.43±127.01				
هسپستان Hesepestan	باغ Garden	2.88±2.04	271.32±191.76	*-19.39	-6.13	0.81	0.94
	بکر Virgin	3.58±2.52	288.89±204.28				
درب رود Darbrood	باغ Garden	1.82±0.04	185.30±4.26	-18.84	-7.01	0.81	0.93
	بکر Virgin	2.25±0.05	199.29±4.25				
جبل کندی Jabalkandi	باغ Garden	4.17±1.97	284.28±134.47	* 75.71	**97.83	1.76	1.98
	بکر Virgin	2.37±1.12	143.69±68.18				
آغچه قلعه Agchegale	باغ Garden	3.07±2.18	285.46±202.10	* 40.22	*53.57	1.40	1.54
	بکر Virgin	2.19±1.56	186.87±131.69				
عرب لو Arablu	باغ Garden	۳.68±1.73	306.77±144.76	-19.06	-14.42	0.81	0.86
	بکر Virgin	4.55±2.16	358.50±169.14				
کوکیا Kookia	باغ Garden	1.79±0.86	188.63±90.01	*-34.24	*-25.78	0.66	0.74
	بکر Virgin	2.72±1.30	253.79±120.82				
رشکان Rashekan	باغ Garden	2.40±0.07	215.90±142.76	-59.46 **	*-56.98	0.41	0.43
	بکر Virgin	5.92±0.08	503.89±149.14				
بالانج Balanj	باغ Garden	2.25±0.13	186.39±168.61	-16.65	-7.19	0.83	0.93
	بکر Virgin	2.70±0.14	201.90±169.14				
باراندوز Baranduz	باغ Garden	2.05±0.07	189.95±6.64	-53.34 **	*-49.00	0.47	0.51
	بکر Virgin	4.39±0.28	372.42±23.80				
دیدان Didan	باغ Garden	1.49±0.73	135.90±66.89	* -27.02	*-29.67	0.73	0.70
	بکر Virgin	2.04±0.98	193.20±93.90				
ساراجوق Sarajogh	باغ Garden	2.37±0.97	145.15±102.91	* -52.65	*-56.22	0.47	0.44
	بکر Virgin	3.47±2.87	331.58±330.69				
چوب تراش Chobtarash	باغ Garden	2.98±1.54	306.21±158.02	-90.00 **	6.79	1.00	1.07
	بکر Virgin	3.66±1.87	285.81±177.95				
قوت تپه Goottape	باغ Garden	2.19±1.14	247.32±130.72	** 84.59	**75.63	1.85	1.76
	بکر Virgin	1.31±0.74	157.18±78.87				
اردوشاهی Ordoshahi	باغ Garden	5.54±0.04	529.19±25.29	* -21.59	-13.77	0.78	0.86
	بکر Virgin	7.06±0.04	613.70±292.14				

جدول ۷- مقدار پتاسیم قابل‌استفاده K_{av}، پتاسیم غیرتبادلی K_{nex} و درصد تغییرات آن و مقایسه میانگین ± انحراف معیار و مقدار تخلیه یا غنی شدن نسبی آنها

Table 7- The amount of Available potassium, Non-Exchangeable Potassium and the mean ± SD of the change and the depletion or enrichment of their relative

سری خاک Soil serie	کاربری User	مقایسه میانگین ± انحراف معیار The mean ± Standard deviation پتاسیم قابل استفاده Available Potassium پتاسیم غیرتبادلی Non-ExchangeablePotassiu (mg kg $^{1-}$)	درصدتغییرات %Δchange K_{av}	K_{nex}	فاکتورتخلیه یا غنی شدن نسبی Depletion Factor Rative Enrichment Factor Rative K_{av}	K_{nex}
داش آغل Dash aghul	باغ Garden	345.69±59.39 / 541.62±24.89	-2.93	7.35	0.97	1.07
	بکر Virgin	355.10±221.75 / 505.51±79.90				
هسپستان Hesepestan	باغ Garden	275.18±51.77 / 594.94±127.21	-6.92	-9.86	0.93	0.90
	بکر Virgin	295.70±94.78 / 660.61±53.74				
درب رود Darbrood	باغ Garden	190.85±19.54 / 618.18±3.54	-7.06	13.91	0.93	1.14
	بکر Virgin	205.32±9.40 / 542.13±26.36				
جبل کندی Jabalkandi	باغ Garden	295.37±270.34 / 708.18±299.60	*75.59	10.05	1.76	1.10
	بکر Virgin	168.20±39.04 / 643.53±43.53				
آغچه قلعه Agchegale	باغ Garden	291.1۶±170.39 / 560.10±1.27	*49.01	-9.66	1.49	0.90
	بکر Virgin	195.30±9.43 / 620.00±2.83				
عرب لو Arablu	باغ Garden	310.20±300.98 / 629.19±187.87	-18.87	0.26	0.81	1.00
	بکر Virgin	382.35±112.02 / 627.50±293.44				
کوکیا Kookia	باغ Garden	195.65±42.58 / 647.47±52.96	*-23.68	5.62	0.76	1.07
	بکر Virgin	255.05±150.90 / 613.00±12.73				
رشکان Rashekan	باغ Garden	223.10±52.09 / 520.15±164.25	** -56.71	-7.64	0.43	0.92
	بکر Virgin	514.27±66.068 / 563.20±83.56				
بالانج Balanj	باغ Garden	193.19±26.50 / 548.00±38.89	-8. 50	-9.97	0.92	0.90
	بکر Virgin	211.13±41.22 / 608.14± 158.18				
باراندوز Baranduz	باغ Garden	191.92±28.28 / 652.49±28.49	* -49.07	1.23	0.51	1.01
	بکر Virgin	376.90±260.94 / 644.25±55.51				

دیدان Didan	باغ Garden	145.89±86.62	458.15±53.95	* -33.27	*-16.26	0.67	0.84
	بکر Virgin	218.63±30.63	547.10±17.11				
ساراجوق Sarajogh	باغ Garden	158.97±114.36	671.00±69.30	* -53.19	*4.60	0.47	1.05
	بکر Virgin	339.64±215.87	641.50±7.78				
چوب تراش Chobtarash	باغ Garden	306.69±219.01	569.49±92.63	-22.44	-6.90	0.78	0.93
	بکر Virgin	395.42±12.37	611.71±90.65				
قوت تپه Goottape	باغ Garden	276.65±125.38	567.50±78.49	* 49.56	-5.99	1.50	0.94
	بکر Virgin	184.31±77.40	602.60±61.38				
اردوشاهی Ordoshahi	باغ Garden	532.83±30.15	486.00±53.75	-16.77	*-25.30	0.83	0.74
	بکر Virgin	640.20±111.43	650.65±50.42				

این رفتار کاهشی در مقدار پتاسیم قابل‌استفاده در نتایج و گزارش‌های دولتی و همکاران (۵) نیز مشاهده شده است. مربچ و همکاران (۲۰) گزارش دادند که پس از ۴۰ سال کشت متمرکز و بدون کاربرد کود پتاسه، مقادیر بحرانی پتاسیم قابل استفاده برای گیاهان پرتوقع، بیشتر بود. این محققان نشان دادند که در اثر عدم مصرف کود پتاسه مقدار پتاسیم قابل‌استفاده در ده سال اولیه از مقدار اولیه ۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم رسید و این مقدار در طول ۳۰ سال به طور تدریجی کاهش یافت.

پتاسیم غیرتبادلی

در خاک‌های باغی تغییرات پتاسیم غیرتبادلی در دامنه‌ی ۴۵۸/۱۵ (سری دیدان) تا ۷۰۸/۱۵ میلی‌گرم درکیلوگرم (سری جبل کندی) با میانگین ۵۸۴/۶۷ میلی‌گرم درکیلوگرم بوده است در حالی‌که در خاک-های بکر در دامنه‌ی ۵۰۴/۵۰ (سری داش آغل) تا ۶۶۰/۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (سری هسپستان) با میانگین ۶۰۲ میلی‌گرم در کیلوگرم است. مقدار پتاسیم غیرتبادلی در بیشتر خاک‌های باغی به استثنای سری‌های درب رود، باراندوز، کوکیا، عرب لو و ساراجوق از ۴۳/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (کاهش ۸ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۹۲) در سری رشکان تا ۱۱۴/۶۵ میلی‌گرم برکیلوگرم خاک (کاهش ۱۹ درصدی با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۸۱) در سری اردوشاهی کاهش یافته است (جدول ۷). علت این کاهش را می‌توان به این صورت تشریح کرد که احتمالاعملیات باغداری مستمر با جذب شکل‌های محلول و تبادلی باعث به هم خوردن تعادل بین شکل‌های پتاسیم شده و بدنبال برقراری تعادل، پتاسیم از منبع غیرتبادلی آزاد و جایگزین شده است اگرچه گیاهان بطور مستقیم نیز می‌توانند پتاسیم غیرتبادلی را جذب کنند.

هم دماهای جذب پتاسیم

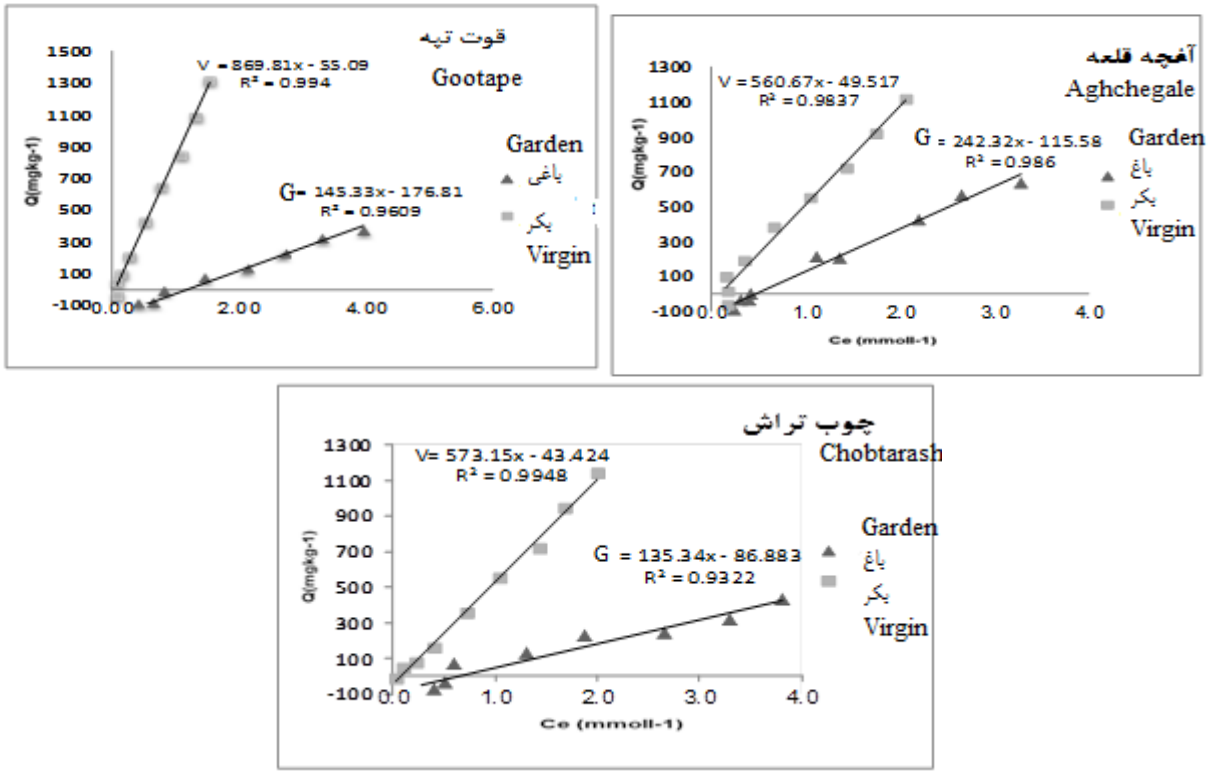
تعیین هم دماهای پتاسیم از جمله روش‌هایی است که برای پیش‌بینی قابلیت استفاده پتاسیم در محلول خاک، استفاده می‌شود. نمودار جذبی خاک‌های مورد مطالعه اغلب خطی بوده و فاقد انحنا می‌باشند. نتایج مشابهی توسط دولتی و همکاران (۵) گزارش شده است. مقدار پتانسیل ظرفیت بافری پتاسیم[۱] (PBC^k) در خاک‌های باغی و بکر مجاور به ترتیب ۱۳۵ تا ۸۰۳ $mgkg^{-1}/(mmolL^{-1})^{1/2}$ (به طور متوسط ۳۹۵ $mgkg^{-1}/(mmolL^{-1})^{1/2}$) و ۲۳۶ تا ۸۶۹ $mgkg^{-1}/(mmolL^{-1})^{1/2}$ (به‌طور متوسط ۵۰۳ $mgkg^{-1}/(mmolL^{-1})^{1/2}$) متغیر بود (جدول ۸). مقایسه پتانسیل ظرفیت بافری پتاسیم خاک‌های باغی و بکر هم‌جوار سری‌های خاک مورد مطالعه نشان داد که متوسط مقادیر PBC^k مربوط به خاک های باغی بیشتر از خاک‌های بکر بوده و به لحاظ آماری معنی‌دار بودند ($p< ۰/۰۰۱$). از طرفی بیشتر بودن PBC^k حاکی از بیشتر بودن ظرفیت جذب پتاسیم می‌باشد (شکل ۲). لذا اختلاف PBC^K این خاک‌ها می‌تواند ناشی از اختلاف در CEC باشد که متأثر از مقادیر رس و مواد آلی می‌باشد. باید توجه داشت که علاوه بر تفاوت در مقدار مواد آلی، ماهیت مواد آلی خاک‌های باغی و بکر که تحت مدیریت‌های مختلف بوده‌اند نیز متفاوت است. تأثیر ماهیت مواد آلی توسط الک و کاسمن (۲۲) نشان داده شده است. همچنین نوع رس نیز بعنوان فاکتور مؤثر در پارامترهای ذکر شده نقش اساسی دارد. ظرفیت بافری پتانسیل

پتاسیم به عنوان ظرفیت خاک برای مقابله با تغییر در غلظت پتاسیم محلول خاک برای تأمین و نگه‌داری سطوح بالای پتاسیم در محلول خاک می‌باشد. لذا خاک‌هایی که حاوی مقادیر بیشتری از رس و به‌ویژه از نوع اسمکتایت هستند، دارای PBC^k بیشتری می‌باشند که بیانگر پتاسیم قابل استفاده کافی و یا قابلیت جذب پتاسیم بوسیله گیاهان برای مدت زمان طولانی پایدار می‌باشند. از طرف دیگر مقدار PBC^K پایین پتاسیم نیز لزوم کود پاشی منظم و مکرر خاک را می‌طلبد، بخصوص در خاک‌های شنی و خاک‌هایی که موادآلی قسمت عمده‌ای از ظرفیت تبادل کاتیونی را شامل می‌شود. صمدی و همکاران (۲۶) بین پارامترهای PBC^K و CEC رابطه خطی معنی‌داری (r=۰/۸۲***) بدست آوردند. بیشترین مقدار PBC^K در خاک باغی و بکر هم‌جوار سری خاک قوت‌تپه مشاهده شد. در این سری از خاک، میزان پتاسیم قابل استفاده (پتاسیم محلول+ پتاسیم تبادلی) با عملیات باغداری طولانی مدت افزایش یافته است. از آنجایی‌که این سری خاک حاوی رس‌های انبساط‌پذیر است می‌تواند در افزایش PBC^k مؤثر باشد (جدول ۸). بر اساس آنچه‌که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، عرض از مبدا نمودار همه خاک‌ها مقدار منفی است. خاک باغی قوت تپه و آغچه قلعه بیشترین مقدار عرض از مبدا را شامل می‌شود. منفی بودن این مقادیر ارتباط مستقیم با مقدار پتاسیم اولیه داشته که به‌صورت سهل‌الاوصول در اختیار گیاه قرار می‌گیرد لذا هرچه این مقدار بیشتر باشد پتاسیم بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد.

جدول 8- مقایسه ظرفیت بافری خاک‌های باغی و بکر

Table 8- Comparison of the buffering capacity of cultivated and virgin soils

سری خاک Soil serie	باغی Gardened	بکر Virgin	P جدول P table
	ظرفیت بافری پتاسیم Potassium Buffering Capacity (PBC^k)		
عرب لو Arablu	647.50	236.10	***0.000
چوب تراش Choobtarsh	135.3	573.20	***0.000
قوت تپه Goottape	145.3	8.869	***0.000
آغچه قلعه Aghchegale	242.3	7.560	***0.000
رشکان Rashekan	803.3	274.9	***0.000



شکل ۲- هم دماهای پتاسیم در سری خاک‌های مورد مطالعه

Figure 2- The potassium isotherms in the studied series soils

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که عملیات باغداری طولانی‌مدت اثرات قابل‌توجهی را بر توزیع شکل‌های پتاسیم به شرح زیر ایجاد کرده است:

عملیات باغداری طولانی‌مدت باعث کاهش پتاسیم محلول و نسبت جذب پتاسیم شده است که شستشو و حرکت احتمالی پتاسیم به اعماق، کشت‌وکار متراکم و برداشت توسط گیاهان باغی می‌تواند از دلایل اصلی کاهش پتاسیم محلول باشد. احتمالاً کاهش نسبت جذب پتاسیم نیز مربوط به کاهش میزان پتاسیم محلول خاک و نیز بالا بودن مقدار کلسیم و منیزیم در آب آبیاری منطقه مطالعه شده است.

در مقایسه با خاک‌های بکر هم‌جوار، عملیات باغداری باعث کاهش معنی‌دار میزان پتاسیم تبادلی و درصد پتاسیم تبادلی و میزان پتاسیم قابل‌استفاده شده است. مهم‌ترین علت کاهش پتاسیم تبادلی، جذب پتاسیم توسط درختان سیب است (عموماً منطقه مورد مطالعه تحت کاربری باغ سیب است) که از نیاز پتاسیم بالایی برخوردار می‌باشد اگرچه فرسایش لایه سطحی خاک نیز مؤثر می‌باشد. کاهش پتاسیم تبادلی و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی نیز از دلایل کاهش درصد پتاسیم تبادلی می‌باشد. مقدار پتاسیم قابل استفاده نیز در خاک‌ها بدلیل عدم استفاده از کودها و تشدید عملیات باغی حدود ۸۰ درصد کاهش یافته است. در مقدار پتاسیم غیر تبادلی با عملیات باغداری طولانی‌مدت کاهش غیرمعنی‌داری اتفاق افتاد. از آنجایی‌که مقدار پتاسیم تبادلی و قابل‌استفاده این خاک‌ها در کلاس بالا (high) قرار دارند به نظر می‌رسد قادر به تأمین نیازهای محصولات این منطقه باشند.

مطالعات هم‌دماهای جذب پتاسیم نشان داد که جذب پتاسیم در خاک‌های باغی نسبت به خاک های بکر بیشتر بوده و در سری قوت تپه بیشترین اختلاف شیب (ظرفیت بافری پتاسیم) بین نمودار خاک باغی و بکر مشاهده شد.

منابع

1- Balali M.R. 1997. Buffering capacity review potential potassium (PBCK) in Paddy Soil of Northern Iran. M.Sc. Thesis Soil science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, 124p. (In Persian).

2- Bouyoucos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. Journal. 54: 464-465.

3- Chapman H. D. 1965. Cation exchange capacity. In 'Methods of Soil Analysis Part 2.' (Ed C. A. Black). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. Pp: 891-900.

4- Dobermann A., and Fairhurst T. 2000. Rice Nutrient Disoders & Nutrient Management. Hand book series. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Pice Research Institute. 191p.

5- Dovlati B., Samadi A., and Oustan Sh. 2010. Effects of Long-Term Continuous Cropping of Sunflower on K Forms in Calcareous Soils of Western Azarbaijan Province Iran. Journal Agriculture Science. 16: 71-82. (in Persian)

6- Dovlati B., Samadi A., and Oustan Sh. 2005. Relations of K forms and Q/I in soils cultivated sunflower (khuy area). Journal Agriculture Science. Nat. Resource. Pp: 623-636. (in Persian).

7- Rezapour S., and Samadi A. 2011. Soil quality response to long-term wastewater irrigation in Inceptisols from a semi-arid environment. Nutrient Cycle Agroecosyst. 91: 269-280. (in Persian with English abstract)

8- Gaemiyan N. 2000. Review and update the semi-detailed soil plains south of Lake Urmia and effects of Lake water level. Agriculture. Resource. Center of West Azerbaijan.

9- Huang P.M. 2005. Chemistry of potassium in soils. p. 975- 1050. In: Chemical processes in soils. M.A. Tabatabai and D.L. Sparks (eds.) Soil Science Society of America, WI. USA.

10- Jalali M. 2005. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. Commun. Soil. Science. 36: 1903–1917. (in Persian with English abstract).

11- Jalali M., and Zarabi M. 2006. Kinetics of nonexchangeable-potassium release and plant response in some calcareous soils. Journal. Plant Nut and Soil Science. 169: 194–204.

12- Khandegale M. T. 1977. Effect of various levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and quality of Thomas on seedless grape (*Vitis vinifera* L). M. Sc. Thesis. Mahatma Phule krishi Vishwa Vidyolaya, Rahur.

13- Khormali F., and Mahmudabadi Sh. 2009. Micromorphological study and examine the evolution of loess soils under the influence of vegetation in the area Aq Su in golestan. Proc. Conserv. Soil Science. Gorgan. Iran. (In Persian).

14- Kittrick J. A., and Hope E. W. 1971. A procedure for particale size separation of soil for X-ray diffraction. Soil.

Science. Society of America. Jornal. 35: 621-626.
15- Kunze G., W and Dixon J. B. 1996. Pretreatment for mineralogical analysis. In: Klute, A. (Eds). Methods of soil analysis. Part 1. Soil Sci Society of America. Madison WI. USA.
16- Le Roux J., and Sumner M.E. 1968. Labile potassium in soils. I. Factors affecting the quantity-intensity (Q/ I) parameters. Soil. 106: 35–41.
17- Lee R. 1973. The K/Ca and Q/I relation and preferential adsorption sites for potassium. New Zealand Soil Bureau Scientific Repot II.
18- Loeppert R.H., and Sparks D.L. 1996. Carbonate and gypsum**.** In D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, chemical methods. SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 437-474.
19- Mahdavi Ardecani S.R., and Jafari M. 2009. Gaz plant impact on soil properties well Afzal Region, Yazd (Case Study).Proc. Conserv. Soil Science. Gorgan. Iran. (in Persian).
20- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nded., Academic Press., London
21- Merbach W., Schmidt L., and Wittenmayer L. 1999. Die Dauerdungungsversuche in Halle. B.G. Teubner, Stuttgart- Leipzig, pp. 56-65.
22- Najafi Ghiri M., Abtahi A., Jaberian F., and Owliaie H. R. 2010. Relationship between soil potassium forms and mineralogy in highly calcareous soils of southern Iran. Aus. Jornal and Application Science. 4: 434–441. (in Persian with English abstract).
23- Olk D.C., and Cassman K.G. 1995. Reduction of potassium fixtion by two humic acid fraction in vemicollite soils. Soils Science. American. Journal. 59: 1250-1258.
24- Rezapour S., and Samadi A. 2012. Assessment of inceptisols Soil quality following long-term cropping in a calcareous environment. Envirement. Science. 184:1311-1323. (in Persian with English abstract).
25- Rezapour S. 2013. Response of some soil attributes to different land use types in calcareous soils with Mediterranean type climate in north-west of Iran. Envir. Earth Science. DOI 10.1007/s12665-013-2625-3. (in Persian with English abstract).
26- Samadi A., Dovlati B., and Barin M. 2008. Effect of continuous cropping on potassium forms and potassium adsorption characteristics in calcareous soils of Iran. Aus. Journal of Soil Research, 46: 265-272. (in Persian with English abstract).
27- Sharpley A. N. 1989. Relationship between potassium forms and mineralogy. Soil. Science. Society. American. Journal. 52: 1023–1028.
28- Srinivasan C., and Muthukrishnan C. R. 1970. Effect of potassium on the development of buda in grape varieties Anab-e-shahi Madra. Agriculture. Journal. 57: 700-703.
29- Thomas G. W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475–490, in D. L. Sparks et al., eds., Methods of soil analysis, Part III, 3rd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
30- Thomas G. W. 1982. Exchangeable cation. In: Methods of Soil Analysis Part2 (Page, AL. (ED.)), chemical and microbiological properties. ASA Monograph. 9: 159-165.
31- Tondon H. L. S. 1998. Methods of Analysis of Soils, Plant, Waters and Fertilizers Development and Consultation organization. New Delhi, India.
32- Walkley A. Y., and Black T.A. 1982. An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 4, Sept.-Oct. 2016, p. 1202-1218

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۵، ص. ۱۲۱۸-۱۲۰۲

Effects of Long-term and Continius Horticatural Practices on Distribution of Potassium Forms and their Adsorption Properties in Urmia Region

Z. Amirpour[1]- S. Rezapour[2]*- B. Dovlati[3]

Received: 08-08-2015
Accepted: 11-10-2015

Introduction: Multiple biological and physiological processes in the plant, including carbohydrates and proteins formation, activation of 50 enzymes for energy transmission as well as reducing water losses from leaf pores, are mostly affected by the presence of potassium in the plant. In order to test this hypothesis, five soil subgroups (Typic Calcixerepts, Fluventic Haploxerepts, Typic Endoaquepts, Typic Halaquepts and Vertic Endoaquepts) belonging 15 series of gardened and adjoining virgin soils were described and sampled. The studied soils had been influenced under horticultural practices for over five decades.

Materials and Methods: The soil samples were analyzed for different K forms, K adsorption and physico-chemical properties after air drying and grinding to pass through a 2 mm-sieve. The particle-size distribution was determined by the hydrometer method (Bouyoucos, 1962). The total carbonate in the soil expressed as the calcium carbonate equivalent (CCE) was determined by a rapid titration method (Nelson, 1982). Organic matter (OM) was measuredby the Walkley and Black (1934) dichromate oxidation method. The pH of the soil was analyzed in 2:1 CaCl2/soil suspension using glass electrode pH meter (Crockford and Norwell, 1956) and EC was detected in a saturated extract. The cation exchange capacity (CEC) was measured using sodium acetate (1 M NaOAc) at pH 8.2 (Chapman, 1965). Water soluble K was extracted with deionized water (1: 5 w/v) after shaking for 30 minutes on a mechanical shaker and later contents were centrifuged to separate clear extract (Jackson 1973). Exchangeable K was determined by extracting the soil with neutral normal ammonium acetate, Non-exchangeable K was estimated as the difference between boiling 1N HNO3 –K and neutral normal ammonium acetate K (Thomas 1982).

Results and Discussion: The result showed that for most of the studied soils, long-terms horticultural practices decreased the amount of different K forms as a result of changes in soils types, agricultural practices and soil properties. In Comparing to the virgin soils, long-term horticultural and irrigation activities caused a decrease?? in soluble K from 0.05 (a drop of 15% with depletion factor of 0.85) to 1.48 mmol l^{-1}(a drop of 95% with depletion factor of 0.05), potassium absorption ratio (PAR) from 0.08 (a drop of 31% with depletion factor of 0.69) to 1.17 mmol l^{-1}(a drop of 97% with depletion factor of 0.03), exchangeable K from 12.01 (a drop of 3% with depletion factor of 0.97) to 285.98 mg kg^{-1} (a drop of 97% with depletion factor of 0.43),exchangeable potassium percentage(EPP) from 0.49 (a drop of 12% with depletion factor of 0.88) to 3.47% (a drop of 59% with depletion factor of 0.41), available K from10.42 (a drop of 3% with depletion factor of 0.97) to 180.65 mg kg^{-1}(a drop of 53% with depletion factor of 0.47) and non-exchangeable potassium from 43.05 (a drop of 8% with depletion factor of 0.92) to 114.65 mg kg^{-1} (a drop of 19% with depletion factor of 0.81). Isotherm studies showed that the uptake of potassium in gardened series were more than virgin soils. The highest adsorption values were observed in VerticEndoaquepts (gottape) subgroup.In this series of soil, amount of available k (potassium soluble + exchangeable K) and expandable clay increased by long-term horticultural practices which can be effective in increasing K buffering capacity.

Conclusion: long-term horticultural practices decreased K in soil solution and potassium adsorption ratio. The main reasons for the decline of soluble K can be explained by possible movement of K into the depths, dense cultivation and harvesting crops as well as high levels of calcium and magnesium in irrigation water of study area.In comparison with adjoining virgin soils, horticultural practices caused significant decrease in the amount of exchangeable K, exchangeable K percentage (EPP) and available K. The most important cause of reduced exchangeable potassium may be related toK uptake by apple trees (The study area is generally under the apple orchard user) which had the great need for K. Consequently, due to lack of fertilizers application and agricultural practices,the amount of available K declined in soils about 80percent. On the other hand, In the Non-exchangeable K amount with long-term horticultural practices non- significant reduction occurred. Since the amount of exchangeable and available k in these soils is high, it seems to be enough to satisfy the needs of the regional products.

Keywords: Isotherms of potassium adsorption, Long-term Horticatural, Urmia plain

1, 2 and 3- Former Graduate Student, Associate Professor and Asistant Professor of Soil Science Department, Faculity of Agriculture, University of Urmia, Respectively
(*- Corresponding Author Email: S_rezapour2000@yahoo.com)