

تأثیر پنج دهه عملیات کشاورزی مستمر بر توزیع شکل‌های پتاسیم در برخی باغات جنوب دشت ارومیه

زهرا امیرپور^۱، سالار رضاپور^۲ و بهنام دولتی^۳

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۹)

چکیده

عملیات کشاورزی مستمر ممکن است بعضی تغییرات را در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و توزیع شکل‌های پتاسیم خاک ایجاد کند. برای بررسی این فرضیه، خاک‌های ۵ زیرگروه *Typic Calcixerepts*، *Typic Fluventic Haploxerepts*، *Typic Halaquepts* و *Vertic Endoaquepts* از خاک‌های جنوب دشت ارومیه که تحت عملیات باغداری مستمر برای مدت بیش از ۵ دهه قرار گرفته‌اند تشریح و نمونه‌برداری شدند. نمونه‌های خاک پس از هوا خشک و عبور از غربال ۲ میلی‌متری تحت آزمایش‌های مختلف فیزیکوشیمیایی قرار گرفته و توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم تعیین شدند. نتایج نشان داد که در بیشتر خاک‌های مطالعه شده عملیات باغداری مستمر باعث کاهش در مقادیر شکل‌های پتاسیم به تبعیت از تغییر در تیپ‌های مختلف خاک، فعالیت‌های زراعی و خصوصیات خاک شده است. همچنین مقایسات نشان داد که عملیات باغداری مستمر باعث کاهش معنی‌دار شکل‌های پتاسیم به استثنای پتاسیم غیرتبادلی شده است. در این بین پتاسیم محلول و پتاسیم غیرتبادلی به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش را در بین شکل‌های پتاسیم نشان داد. بر این اساس عملیات باغداری مستمر باعث کاهش ۱۰۰ درصد پتاسیم محلول، ۶۰ درصد پتاسیم تبادلی و ۶۰ درصد پتاسیم قابل‌استفاده در زیرگروه‌های مورد مطالعه گردید. مطالعات کانی‌شناسی نیز مؤید این مطلب است که عملیات باغداری مستمر سبب تغییراتی در شدت نسبی و موقعیت پیک‌های ایلایت و اسمکتایت شده است.

واژه‌های کلیدی: جنوب ارومیه، شکل‌های پتاسیم، عملیات باغداری مستمر

۱- کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۲- دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

۳- استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه (مکاتبه کننده)

پست الکترونیک: b.dovlati@urmia.ac.ir

مقدمه

عنصر پتاسیم به عنوان عنصر کیفیت در گیاهان مطرح بوده و جز عناصری به شمار می‌رود که بعد از نیتروژن پرمصرف‌ترین عنصر مورد نیاز گیاهان است. به دلایل مختلفی هم‌چون میزان و نوع رس‌های خاک، میزان ماده آلی، آبشویی و غیره میزان پتاسیم قابل جذب در خاک برای رشد بهینه گیاهان کافی نیست و نیاز به تأمین پتاسیم برای تولید انبوه ضروری به نظر می‌رسد (Sparks, Rangel, 2008; Andrist 1987). کمبود پتاسیم باعث ضعف سیستم ریشه‌ای شده و کاهش جذب عناصر غذایی لازم و متعاقب آن تولید بذور و میوه‌های کوچک و چروکیده و نهایتاً کاهش عملکرد را به دنبال دارد (Fageria, 1989). از آنجایی که کشور ایران در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده و به دلیل وجود کانی‌های میکا و ایلایت که غنی از پتاسیم هستند، مشکل کمبود پتاسیم در شرایط عادی وجود ندارد، با این حال در برخی موارد در اثر بهره‌برداری مداوم از خاک‌ها و برداشت پتاسیم فراوان توسط محصولات کشاورزی و عدم رایج بودن مصرف کودهای پتاسیمی، پتاسیم رو به تخلیه رفته و در بیشتر خاک‌های مناطق کشور کمبود پتاسیم گزارش شده است (Najafi *et al.*, 2011). جلالی و ضرابی (Jalali & zarabi, 2006) بیان داشتند که اکثر خاک‌های نواحی خشک و نیمه خشک حاوی مقدار زیادی پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی هستند و پتاسیم تبادلی در این خاک‌ها به طور قابل توجهی با کشت مستمر طی ۱۰-۳ سال تخلیه می‌شود. همچنین آن‌ها اظهار داشتند که کاشت مستمر آفتابگردان بدون جایگزینی مناسب عناصر غذایی جذب شده از خاک به ویژه پتاسیم، منجر به تخلیه پتاسیم از خاک شده و یک فاکتور محدود کننده عملکرد در برخی نواحی ایران می‌باشد. رضاپور و صمدی (rezapour & samadi, 2011) نشان دادند که کشت مستمر و طولانی مدت چغندر قند باعث کاهش معنی داری ($P \leq 0.01$) در مقدار متوسط کربن آلی، نیتروژن کل، پتاسیم قابل استفاده، پتاسیم قابل تبادل، نسبت جذب پتاسیم و EC خاک‌های *Typic Calcixerepts* شده است. در باغ‌های انگور، پتاسیم برای رشد شاخه، افزایش کیفیت محصول و مدت انبارداری خوشه‌ها لازم می‌باشد (Khandegale, 1977). کاربرد کود پتاسیم در باغ‌های انگور جوانه‌هایی را که در شرایط معمول بی‌ثمر باقی

مانده‌اند را از طریق افزایش تجمع کربوهیدرات‌ها بارور می‌سازد (Srinivasan & Muthukrishnan, 1970). شکل-های پتاسیم در خاک شامل محلول، تبادلی و ساختمانی بوده و شکل تبادلی آن به صورت الکتروستاتیک جذب بارهای منفی کلونیدهای خاک شده و در میزان ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) که یک فاکتور مهم در حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، دخالت دارد. عملیات باغداری طولانی مدت و مستمر می‌تواند بعضی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی و شکل‌های پتاسیم خاک را تحت تأثیر قرار دهد. هاینسینگر و همکاران (Hinsinger *et al.*, 1993) پیشنهاد کردند که جذب پتاسیم تحت کشت مستمر محصول، پتاسیم را تخلیه و ممکن است تعادل پتاسیم محلول را به هم بزند. جلالی (Jalali, 2005) اظهار داشت کاشت مستمر آفتابگردان بدون جایگزینی مناسب عناصر غذایی جذب شده از خاک به ویژه پتاسیم، منجر به تخلیه پتاسیم از خاک شده و یک فاکتور محدود کننده عملکرد در برخی نواحی ایران می‌باشد. دولتی و همکاران (Dovlati *et al.*, 2005) نیز گزارش کردند که با کشت مستمر آفتابگردان مقادیر همه شکل‌های پتاسیم به جز پتاسیم غیر تبادلی کاهش یافته است. دشت ارومیه نه تنها در شمال غرب، بلکه در کل ایران یکی از مهم‌ترین دشت‌ها با تنوع زراعی بالا محسوب می‌گردد (Gaemiyani, 2000; Rezapour & Samadi, 2012). این اراضی تحت عملیات طولانی مدت باغداری (حداقل ۵ دهه) قرار گرفته و نقش عمده‌ای را در حمایت اقتصادی مردم این منطقه دارد. ویژگی‌هایی مانند پستی و بلندی، زهکشی و تیپ خاک در خاک‌های جنوب دشت ارومیه، دارای تغییرات قابل توجهی هستند که مطالعه و بررسی آن‌ها در قالب کاربری اراضی بر شکل‌های پتاسیم می‌تواند نتایج قابل توجهی در ارتباط با مدیریت بلندمدت پتاسیم خاک ارائه دهد. این پژوهش برای ارزیابی اثرات ۵ دهه عملیات باغداری مستمر بر توزیع شکل‌های پتاسیم و جذب آن در ۵ زیرگروه مختلف خاک در اراضی زراعی و غیر زراعی جنوب دشت ارومیه انجام شد.

مواد و روش‌ها

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

در این مطالعه تعداد ۳۰ نمونه مرکب خاک (۵۰-۰ سانتی متری) از اراضی زراعی و غیر زراعی هم‌جوار با توجه

زراعی به خاک غیر زراعی هم‌جوار میزان تخلیه یا غنی شدن نسبی آن‌ها به‌صورت زیر محاسبه شدند:

$$EFR \text{ or } DFR = K_c / K_v$$

$$(\% \Delta \text{change}) = (K_c - K_v) / K_v \times 100$$

K_v : غلظت پتاسیم در خاک غیر زراعی

K_c : غلظت پتاسیم در خاک زراعی

شکل‌های پتاسیم خاک

پتاسیم محلول در عصاره گل اشباع، پتاسیم تبدالی به روش استات آمونیوم یک مولار در $\text{pH} = 7$ ، پتاسیم غیر تبدالی به روش (Thomas, 1982) با اسیدنیتریک یک مولار جوشان اندازه‌گیری شدند. همچنین پارامترهای نسبت جذب پتاسیم (PAR) و درصد پتاسیم تبدالی (EPP) نیز به‌صورت زیر محاسبه گردید:

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

$$EPP = (K_{ex} / CEC) * 100$$

K_{sol} : پتاسیم محلول (mmol/l)

K_{ex} : پتاسیم تبدالی ($\text{meq} 100 \text{gr}^{-1}$)

CEC: ظرفیت تبادل کاتیونی ($\text{meq} / 100 \text{gr}$)

به مطالعات خاکشناسی نیمه تفضیلی (Gaemiyan, 2000) آذربایجان غربی از ۵ زیرگروه‌های مختلف تیپیک کلسی زیرپت^۱، فلوونتیک هاپلوزرپت^۲، تیپیک اندوآکوئپت^۳، تیپیک هالوآکوئپت^۴ و ورتیک اندوآکوئپت^۵ در منطقه جنوب ارومیه که بین طول‌های $45^\circ 05'$ تا $45^\circ 18'$ شرقی و عرض‌های $37^\circ 15'$ تا $37^\circ 33'$ شمالی و با وسعت بیش از ۵۰۰۰۰ هکتار قرار دارد، جمع‌آوری گردید. عمده کاربری زراعی این منطقه باغ سیب می‌باشد که در حاشیه این باغ‌ها محصولاتمانند چغندر قند، یونجه، گندم، آفتابگردان، ذرت، گوجه‌فرنگی و سبزی و صیفی‌جات نیز کشت می‌شود. از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه متعلق به دوران سوم زمین‌شناسی بوده و سنگ‌های آهکی به‌طور پراکنده در منطقه وجود دارد. منابع آبیاری منطقه شامل رودخانه باراندوز چای و شهر چای می‌باشد که از غرب به شرق جریان دارند (جدول ۱). نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها مانند بافت به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، pH در سوسپانسیون ۱:۵ خاک و محلول ۰/۰۱ مولار کلرید کلسیم (Thomas, 1996)، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش تیتراسیون برگشتی (Loeppert & Sparks, 1996)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) به روش استات آمونیوم نرمال (Chapman, 1965) و ماده آلی به روش والکی و بلک اصلاح شده (Walkley & Black, 1982) و کانی‌شناسی به روش کنز و دیکسون (Kunze & Dixon, 1996) و کیتریک و هوپ (Kittrick & Hope, 1971) اندازه‌گیری شدند. 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^۶ (DFR) یا فاکتور غنی شدن نسبی^۷ (EFR) و درصد تغییرات ($\% \Delta \text{change}$) شکل‌های پتاسیم و دیگر پارامترها در زیرگروه‌های مختلف خاک از طریق مقایسه میانگین میزان شکل‌های پتاسیم در هر خاک

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

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

Table 1- Chemical characteristics of water resources for irrigation area

شهرچای Sharchay	باراندوزچای Baranduz	پارامتر Parameter
0.21	0.24	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) $EC(ds\ m^{-1})$
7.48	7.59	اسیدیته Acidity
1.80	3.00	کلسیم (میلی اکی والان برلیتر) $Ca(meql^{-1})$
1.00	1.40	منیزیم (میلی اکی والان برلیتر) $Mg(meql^{-1})$
0.10	0.04	پتاسیم (میلی اکی والان برلیتر) $K(meql^{-1})$
0.43	0.44	سدیم (میلی اکی والان برلیتر) $Na(meql^{-1})$
3.34	4.89	مجموع کاتیون‌ها (میلی اکی والان برلیتر) $Total\ cations\ (meql^{-1})$
3.30	4.90	بی‌کربنات (میلی اکی والان برلیتر) $HCO_3^{-}\ (meql^{-1})$
0.16	0.21	سولفات (میلی اکی والان برلیتر) $SO_4^{2-}\ (meql^{-1})$
3.36	5.31	مجموع آنیون‌ها (میلی اکی والان برلیتر) $Total\ Anion\ (meql^{-1})$
0.29	0.30	نسبت جذبی سدیم (میلی اکی والان برلیتر) Sodium Adsorption Ratio
0.50	0.50	باقیمانده کربنات و بی‌کربنات Ratio Scantling Carbonate
134.4	153.6	مجموع املاح محلول Total soluble salts

بحث و نتایج

ویژگی‌های کیفی خاک‌ها

معنی‌دار نشده است. تغییرات محدود pH خاک در پژوهش‌های دیگری نیز گزارش شده (Yost *et al.*, 1982; Zhou *et al.*, 1996) که می‌تواند به دلیل ارایه مقادیر آن بر اساس لگاریتم غلظت پروتون باشد (Sun *et al.*, 2003). بیشترین مقدار افزایش pH با مقدار میانگین ۰/۳۶ واحد و بیشترین کاهش pH با مقدار میانگین ۰/۰۱ واحد به ترتیب در خاک‌های *FluventicHaploxerept* و *VerticEndoaquepts* مشاهده شده است. عملیات باغداری مستمر و طولانی‌مدت همانند pH خاک در بیشتر زیرگروه‌های مورد مطالعه میانگین هدایت الکتریکی (EC) خاک‌های زراعی را در سطح $p < 0.05$ افزایش داده است (جدول ۲). در بین خاک‌های مورد مطالعه بیشترین مقدار افزایش EC در زیرگروه *Fluventic Haploxerepts* با مقدار میانگین ۰/۱۱ دسی‌زیمنس بر متر و بیشترین کاهش EC در زیرگروه *Typic Endoaquepts* با مقدار میانگین ۰/۲۸ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد که به ترتیب مؤثرترین خاک‌ها در افزایش و تعدیل شوری خاک بودند. دلایل روند افزایشی در مقدار EC می‌تواند ورود یون‌های Na^{+} و Cl^{-} از طریق آب آبیاری، ورود املاح محلول از طریق آب‌های زیر زمینی و صعود املاح به سطح تحت تأثیر جریان‌ات کاپیلاری و استعمال کودهای شیمیایی باشد.

مقدار میانگین توزیع اندازه ذرات مختلف یا $\pm$ انحراف معیار مربوطه، در زیرگروه‌های ۵ گانه خاک در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج این جدول بیان می‌کند که توزیع اندازه ذرات خاک‌های مختلف عکس‌العمل‌های متفاوتی در برابر عملیات باغداری مستمر داشتند. براین اساس در ۸۰ درصد زیرگروه‌ها عملیات باغداری مستمر مقدار رس و سیلت را افزایش و مقدار شن را کاهش داده است که این روند از لحاظ آماری در سطح $p < 0.05$ معنی‌دار است (جدول ۲). خاک‌های زراعی 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 و صمدی (Rezapor & Samadi, 2012) طی تحقیقات خود دریافتند که در بیشتر نواحی مورد مطالعه به دلیل کشت‌های طولانی‌مدت و افزایش تغییرات وارد شده توسط عملیات کشت و کار، در مقایسه با زمین‌های دست نخورده مجاور مقدار شن خاک کاهش و مقدار رس و سیلت خاک افزایش یافته است. عملیات باغداری مستمر در ۶۰ درصد زیرگروه‌ها pH را افزایش داده است و این روند افزایشی از لحاظ آماری به دلیل محدود بودن دامنه تغییرات pH

جدول ۲- آزمون مقایسه میانگین $\pm$ انحراف معیار ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در زیرگروه‌های مورد مطالعهTable 2- The mean $\pm$ SD of measured physical and chemical properties of the studied subgroup

فاکتور تخلیه یا غنی شدن نسبی DFR or EFR	درصد تغییرات (% Δ change)	غیر زراعی uncultivated	زراعی Cultivate	پارامتر Parameter
<i>Typic Calcixerepts</i>				
0.97	-3.10*	32.25 $\pm$ 9.72	31.25 $\pm$ 5.95	شن (%) sand
0.98	-1.75	38.81 $\pm$ 4.67	38.13 $\pm$ 2.39	سیلت (%) silt
1.00	0.08	29.63 $\pm$ 10.80	29.65 $\pm$ 8.26	رس (%) clay
1.08	7.75	22.70 $\pm$ 0.92	24.46 $\pm$ 0.46	ماده آلی (g kg ⁻¹) O.M
1.17	17.18*	0.64 $\pm$ 0.11	0.75 $\pm$ 0.12	هدایت الکتریکی (ds m ⁻¹) EC
1.00	0.13	7.56 $\pm$ 0.24	7.57 $\pm$ 0.14	پ هاش pH
0.97	-2.74*	175.63 $\pm$ 49.17	170.81 $\pm$ 65.78	کربنات کلسیم معادل (g kg ⁻¹) Calcium Carbonate Equivalent
1.13	13.08*	21.63 $\pm$ 2.03	24.46 $\pm$ 4.96	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq100gr-1) Cation Exchangeable Capacity
<i>Fluventic Haploxerepts</i>				
0.88	-11.58*	31.25 $\pm$ 8.90	27.63 $\pm$ 7.23	شن (%) sand
1.08	8.03	39.00 $\pm$ 5.43	42.13 $\pm$ 1.49	سیلت (%) silt
1.15	14.58*	26.62 $\pm$ 6.25	30.50 $\pm$ 6.94	رس (%) clay
1.27	26.62*	18.63 $\pm$ 5.48	23.59 $\pm$ 3.36	ماده آلی (g kg ⁻¹) O.M
1.41	40.58*	0.69 $\pm$ 0.16	0.97 $\pm$ 0.62	هدایت الکتریکی (ds m ⁻¹) EC
1.05	5.00*	7.37 $\pm$ 0.40	7.73 $\pm$ 0.16	پ هاش pH
0.97	-2.17*	138.13 $\pm$ 71.28	135.13 $\pm$ 42.28	کربنات کلسیم معادل (g kg ⁻¹) Calcium Carbonate Equivalent
0.94	-6.77	30.56 $\pm$ 0.51	28.62 $\pm$ 0.82	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq100gr-1) Cation Exchangeable Capacity
<i>Typic Endoaquepts</i>				
1.04	4.15	28.16 $\pm$ 24.11	29.33 $\pm$ 18.92	شن (%) sand
1.04	4.76	34.03 $\pm$ 4.33	35.42 $\pm$ 3.15	سیلت (%) silt
0.87	-1.24	38.73 $\pm$ 21.65	32.25 $\pm$ 16.82	رس (%) clay
0.86	-16.01	28.11 $\pm$ 6.74	24.23 $\pm$ 3.06	ماده آلی (g kg ⁻¹) O.M
0.80	2.03	1.38 $\pm$ 0.84	1.10 $\pm$ 0.36	هدایت الکتریکی (ds m ⁻¹) EC
0.98	-0.24	7.95 $\pm$ 0.55	7.76 $\pm$ 0.05	پ هاش pH
1.02	1.67*	199.17 $\pm$ 51.38	202.50 $\pm$ 85.11	کربنات کلسیم معادل (g kg ⁻¹) Calcium Carbonate Equivalent
0.99	-0.02	25.55 $\pm$ 3.35	24.55 $\pm$ 2.05	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq100gr-1) Cation Exchangeable Capacity

ادامه جدول ۲- آزمون مقایسه میانگین $\pm$ انحراف معیار ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در زیرگروه‌های مورد مطالعه
Continue Table 2- The mean $\pm$ SD of measured physical and chemical properties of the studied subgroup

پارامتر Parameter	زراعی Cultivate	غیر زراعی uncultivated	درصد تغییرات (% Δ change)	فاکتور تخلیه یا غنی شدن نسبی DFR or EFR
Typic Halaquepts				
شن sand (%)	21.16 $\pm$ 4.37	22.33 $\pm$ 5.61	-0.52	0.95
سیلت silt (%)	47.50 $\pm$ 16.39	50.50 $\pm$ 17.84	-0.60	0.94
رس clay (%)	31.33 $\pm$ 17.61	27.16 $\pm$ 15.86	15.35*	1.15
ماده آلی O.M (g kg ⁻¹)	19.64 $\pm$ 2.51	20.89 $\pm$ 11.28	-6.36	0.94
هدایت الکتریکی EC (ds m ⁻¹)	1.46 $\pm$ 1.18	1.49 $\pm$ 0.84	-0.52	0.95
پ هاش pH	7.91 $\pm$ 0.06	7.66 $\pm$ 0.50	-3.26	1.03
کربنات کلسیم معادل (g kg ⁻¹) Calcium Carbonate Equivalent	203.33 $\pm$ 21.26	187.50 $\pm$ 18.87	8.44*	1.08
ظرفیت تبادل کاتیونی (meq100gr-1) Cation Exchangeable Capacity	20.82 $\pm$ 4.23	19.34 $\pm$ 3.18	7.65	1.08
Vertic Endoaquepts				
شن sand (%)	18.50 $\pm$ 0.05	25.05 $\pm$ 0.02	-26.00*	0.74
سیلت silt (%)	50.01 $\pm$ 0.09	43.51 $\pm$ 0.07	14.94	1.14
رس clay (%)	32.03 $\pm$ 0.06	31.50 $\pm$ 0.08	13.17*	1.03
ماده آلی O.M (g kg ⁻¹)	29.59 $\pm$ 0.58	38.91 $\pm$ 1.26	-23.95*	0.76
هدایت الکتریکی EC (ds m ⁻¹)	0.75 $\pm$ 0.12	0.64 $\pm$ 0.11	17.18	1.17
پ هاش pH	7.57 $\pm$ 0.14	7.56 $\pm$ 0.24	0.13	0.97
کربنات کلسیم معادل (g kg ⁻¹) Calcium Carbonate Equivalent	220.00 $\pm$ 0.02	235.00 $\pm$ 0.04	-6.38*	0.93
شن sand (%)	18.50 $\pm$ 0.05	25.05 $\pm$ 0.02	-26.00*	0.74

*: معنی‌دار بودن در سطح احتمال $P < 0.05$, **: معنی‌دار بودن در سطح احتمال $P < 0.01$, ***: معنی‌دار بودن در سطح احتمال $P < 0.001$
The significant level $P < 0.05$, **: The significant level $P < 0.01$, ***: The significant level $P < 0.001$

انتقال کربنات کلسیم آب زیرزمینی به قسمت‌های سطحی خاک در اثر تبخیر و تعرق و جریان‌های کاپیلاری بود و در زیرگروه‌های *Typic Calcixerepts*, *Fluventic Haploxerepts* و *Vertic Endoaquepts* به دلیل فرآیند شست‌شو و نقل و انتقال آهک از افق‌های سطحی به افق‌های زیرسطحی و افزایش فشار گاز CO₂ ناشی از فعالیت ریشه درختان در اراضی باغی و انحلال کربنات‌ها رفتار کاهشی (در دامنه ۳ تا ۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۲). در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار میانگین مقدار کربن آلی (OC) خاک‌های زراعی در بعضی زیرگروه‌ها (*Typic Calcixerepts* و *Fluventic Haploxerepts*) به مقدار ۷ تا ۲۷ درصد افزایش یافته و در بعضی زیرگروه‌ها (*Typic Endoaquepts*, *Typic Halaquepts* و *Vertic Endoaquepts*) در دامنه ۶ تا ۳۲ درصد کاهش یافته

در مقابل در زیرگروه *Typic Endoaquepts* و *Typic Halaquepts* رفتار کاهشی در میزان EC مشاهده شد که دلیل عمده آن آبشویی و تبخیر و تعرق زیاد می‌باشد. با وجود سابقه حداقل ۵۰ ساله عملیات باغداری متمرکز و پیوسته در خاک‌های این مطالعه، میانگین EC زیرگروه‌های پنج‌گانه در محدوده فعالیت عمومی همه گونه گیاهی و فعالیت‌های میکروبی یعنی کمتر از ۱/۵ دسی‌زیمنس بر متر قرار دارد (Smith & Doran, 1996). میانگین کربنات کلسیم معادل (CCE) در خاک‌های زراعی نسبت به غیر زراعی هم‌جوار دارای رفتار افزایشی (در دامنه ۲ تا ۸ درصد) در زیرگروه‌های *Typic Endoaquepts* و *Typic Halaquepts* به علت اختلاط کربنات کلسیم لایه‌های زیرین خاک با لایه‌های سطحی در نتیجه عملیات باغداری و شخم نامناسب (Rezapor & Samadi, 2012)،

به‌طور نسبی پهن‌تر شده است که دلایل آن به‌شرح زیر می‌تواند باشد:

الف) کاشت گیاهان پتاس‌دوست (مانند درختان سیب) در اراضی زراعی با جذب و آزادسازی پتاسیم غیرتبادلی از لایه‌های داخلی می‌تواند سبب افزایش فضای بین لایه‌ای (d-spacing) کانی‌های حاوی پتاسیم (ایلات) گردد (Brady & Weil, 1999).

ب) فعالیت ریشه گیاهان (ترشح یون هیدروژن) به‌همراه آبیاری طولانی‌مدت باعث سست شدن ساختمان و هوازدگی ایلات شده و از شدت پیک‌ها کاسته می‌شود (Rezapour et al, 2009). همچنین در شکل (۲) مشاهده می‌شود که با عملیات باغداری طولانی‌مدت در تیمار اشباع با منیزیم و گلیسرول، کانی اسمکتایت ایجاد شده است که می‌تواند بیان‌کننده تغییر شکل کانی‌های پتاسیم‌دار به اسمکتایت در اثر عملیات باغداری و آبیاری طولانی‌مدت باشد. با توجه به مقادیر بسیار کم پتاسیم در فاز محلول خاک‌های مورد مطالعه (جدول ۲)، خروج یون‌های پتاسیم از فضای بین لایه‌ای ایلات و تبدیل آن به اسمکتایت در این خاک‌ها می‌تواند امکان‌پذیر می‌باشد (Mengel & Kirkby, 2001).

است (جدول ۲). کاهش ماده آلی در زمین‌های کشاورزی می‌تواند به‌دلیل انجام عملیات شخم و در نتیجه تسریع تجزیه مواد آلی، فرسایش و به‌هم خوردن خاک سطحی و خارج کردن بقایای محصول بعد از برداشت باشد. رفتار و تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) تقریباً مشابه تغییرات کربن آلی بود. بدین‌صورت که نسبت به خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار مقدار CEC مناطق زراعی مابین ۸ تا ۱۳ درصد در زیرگروه‌های *Typic* *Calcixerepts*، *Fluventic Haploxerepts* و *Halaquepts* افزایش یافته و مابین ۱ تا ۶ درصد در زیر گروه‌های *Typic Endoaquepts* و *Vertic Endoaquepts* کاهش یافته است. دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی را می‌توان افزایش هوازدگی کانی‌ها در اثر کشت و کار طولانی‌مدت دانست. این نتایج نشان می‌دهد تغییرات کربن آلی و CEC تا حدود زیادی به‌هم وابسته است و رابطه مثبت و معنی‌دار مشاهده شده مابین این دو عامل ($R^2=0.56$, $p<0.01$) تأییدی بر این تفسیر است. همبستگی مثبت و معنی‌دار مابین CEC و کربن آلی قبلاً نیز توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (Abbasi et al, 2007; Rezapour & Samadi, 2012). همچنین در این تحقیق رابطه معنی‌داری مابین CEC و میزان رس ($R^2=0.69$, $p<0.01$) مشاهده شد که نشان می‌دهد تغییرات CEC علاوه بر ماده آلی تابع میزان رس نیز بوده است.

تأثیر عملیات باغداری بر کانی‌های رسی خاک‌های مورد مطالعه

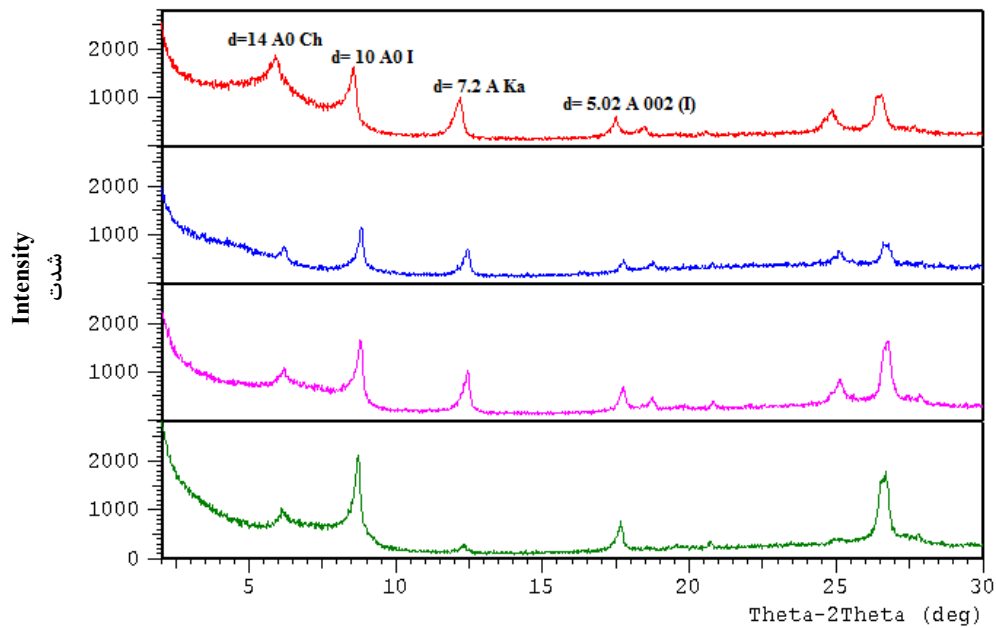
کانی‌های رسی منطقه مورد مطالعه عمدتاً از نوع ایلات^۱، اسمکتایت^۲، کلرایت^۳ و کائولینایت^۴ می‌باشد (شکل ۱). نتایج پراش پرتو ایکس نشان داد که عملیات باغداری مستمر تغییری در تیپ کانی‌ها ایجاد نکرده است و تنها در شکل و شدت پیک کانی‌ها مقداری تغییر ایجاد کرده است. همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است عملیات باغداری مستمر در تیمار اشباع با منیزیم و گلیسرول، باعث کاهش شدت پیک ایلات شده و پیک

1- I: Illite

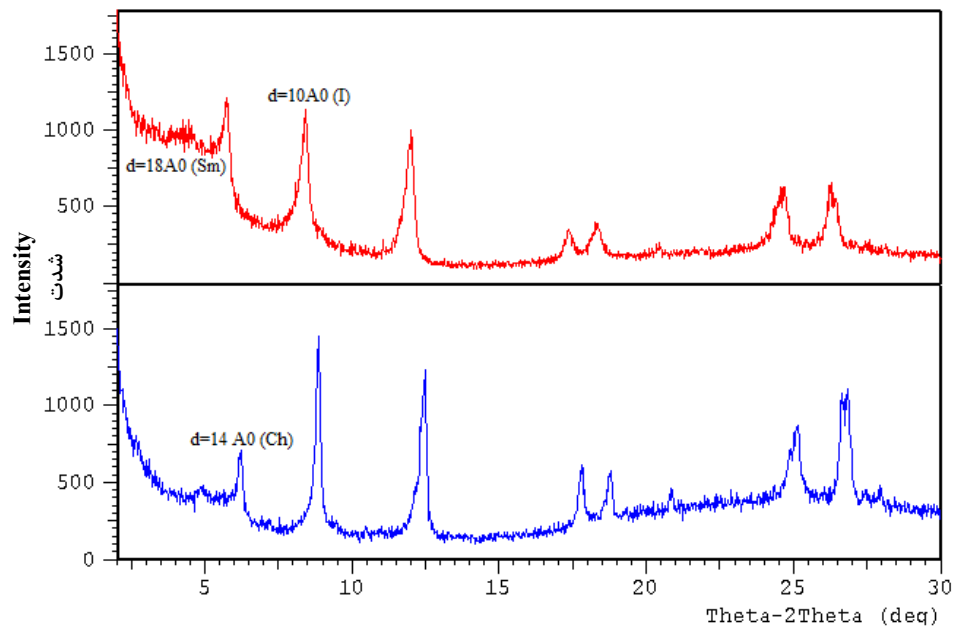
2-Sm: Smectite

3- Ch: Cholorite^۳

4- Ka: Kaolinite^۴



شکل ۱- منحنی‌های پراش اشعه ایکس
Figure1- X-ray diffraction curves



شکل ۲- منحنی‌های پراش اشعه ایکس
Figure1- X-ray diffraction curves

معنی‌دار شکل‌های پتاسیم به استثنای پتاسیم غیرتبادلی شده است. در این بین پتاسیم محلول و پتاسیم غیرتبادلی به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش را در بین شکل‌های پتاسیم نشان داد. بر این اساس عملیات باغداری مستمر به همراه آبیاری طولانی‌مدت باعث کاهش ۱۰۰ درصد پتاسیم محلول در زیرگروه‌های مورد مطالعه شده است.

تأثیر عملیات باغداری مستمر بر شکل‌های پتاسیم
نتایج آزمون مقایسه جفتی شکل‌های پتاسیم و نسبت جذب پتاسیم به همراه درصد پتاسیم تبادلی خاک‌های زراعی و غیر زراعی هم‌جوار در تیپ‌های مختلف خاک به شرح جدول ۳ می‌باشد. همان‌طور که از نتایج جدول مشخص است عملیات باغداری مستمر باعث کاهش

پتاسیم محلول

از آنجایی که پتاسیم محلول در زیرگروه‌های مطالعه شده در هر کاربری زراعی و غیر زراعی کمتر از دامنه‌ای بحرانی (دامنه ۶۰-۱۰ میلی گرم در کیلوگرم) است (جدول ۳)، این خاک‌ها از لحاظ پتاسیم محلول در کلاس پایین (*Low*) قرار دارند (Malakouti & Homayi, 2003). مقادیر پتاسیم محلول خاک‌ها به تبعیت از تیپ مختلف خاک، فعالیت‌های زراعی و ویژگی‌های خاک تغییرات قابل توجهی را در خاک‌های زراعی و غیر زراعی هم‌جوار نشان داد. به‌طور متوسط در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار، همه تیپ‌های خاک مطالعه شده کاهش معنی‌داری در پتاسیم محلول در دامنه ۱۹/۲ درصد (با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۸۱) در زیرگروه *Typic Calcixerepts* تا ۹۵/۴۵ درصد (با فاکتور تخلیه نسبی ۰/۰۴) در زیرگروه *Vertic Endoaquepts* نشان دادند که این کاهش می‌تواند مربوط به جذب گیاهی و آبشویی پتاسیم محلول باشد. این نتایج هم‌سو با نتایج نجفی و همکاران (Najafi et al., 2010) می‌باشد.

پتاسیم تبادلی

عملیات باغداری مستمر و آبیاری طولانی‌مدت در ۶۰ درصد زیرگروه‌ها مقدار پتاسیم تبادلی را کاهش داده و در ۴۰ درصد باقی‌مانده افزایش داده است (جدول ۳). از لحاظ آماری نیز رفتار کاهشی در مقدار پتاسیم تبادلی در زیرگروه‌ها به‌جز زیرگروه‌های *Vertic Endoaquepts* و *Typic Halaquepts* معنی‌دار ($p < 0.05$) بوده است. مهم‌ترین علت کاهش پتاسیم تبادلی، جذب پتاسیم توسط درختان سبب است که عموماً منطقه مورد مطالعه تحت این کاربری است و از نیاز پتاسیم بالایی برخوردار می‌باشد اگرچه فرسایش لایه سطحی خاک نیز مؤثر می‌باشد (Rezapor & Samadi, 2012). مقادیر بالاتر پتاسیم تبادلی در زیرگروه‌های *Vertic Endoaquepts* و *Typic Halaquepts* نیز می‌تواند ناشی از نسبت هوادیدگی بالای کانی‌های حاوی پتاسیم و آزادسازی آن، کاربرد کودهای پتاسیم در خاک سطحی باشد. همچنین درختان سبب که عموماً ریشه‌های عمیق دارند احتمالاً از طریق فرآیند سیکل بیولوژیکی یا پمپ بیولوژیکی می‌توانند باعث افزایش پتاسیم تبادلی در بخش سطحی خاک‌های ذکر شده باشند. بدین‌ترتیب که این درختان از طریق سیستم

ریشه‌ای عمیق، پتاسیم را از اعماق خاک جذب کرده و سپس به اندام‌های هوایی منتقل می‌کنند و با ریزش برگ‌ها و اندام‌های هوایی و نهایتاً تجزیه آن‌ها پتاسیم جذب شده از افق‌های پایینی به سطح خاک اضافه می‌شوند. از آنجایی که پتاسیم تبادلی در همه زیرگروه‌ها بیش از ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم است خاک‌های این مطالعه براساس مطالعات سرینی واسارو و همکاران (Srinivasan et al., 2006) در کلاس پتاسیم زیاد (*high*) قرار دارد. در این سیستم‌های طبقه‌بندی چنانچه خاکی دارای کمتر از ۵۰ mg/kg پتاسیم تبادلی باشد در کلاس پایین (*low*)، اگر مابین ۵۰-۱۲۰ mg/kg باشد در کلاس متوسط (*medium*) و اگر بیش از ۱۲۰ mg/kg پتاسیم تبادلی واقع باشد، در کلاس پتاسیم بالا (*high*) قرار می‌گیرد. توزیع پتاسیم تبادلی در زیرگروه‌های زراعی به‌صورت توالی $Vertic < Typic Halaquepts < Endoaquepts < Fluventic Haploxerepts < Typic Endoaquepts < Calcixerepts$ بود در حالی که در خاک‌های غیر زراعی به‌صورت $Typic Halaquepts < Fluventic Haploxerepts < Endoaquepts < Calcixerepts < Typic Endoaquepts$ بود. نکته قابل‌توجه در این رفتارها این است که در *Vertic Endoaquepts* خاک غیر زراعی با این‌که کمترین مقدار پتاسیم تبادلی را داشته در خاک زراعی هم‌جوار به مقدار معنی‌داری افزایش یافته است که احتمالاً نشان دهنده این است که در این خاک عملیات باغداری ضمن افزایش هوادیدگی باعث افزایش مکان‌های تبادلی برای نگهداری پتاسیم شده است. کاهش مقادیر پتاسیم تبادلی با کاهش مقادیر ماده آلی به موازات هم اتفاق افتاده است. احتمالاً کاربری‌های مستمر به‌همراه آبیاری طولانی‌مدت باعث تسریع تجزیه مواد آلی و کاهش مقدار آن شده است و به تبع آن پتاسیم تبادلی کاهش یافته است. این نتایج با نتایج تحقیقات شارپلی (Sharpley, 1989) مطابقت دارد.

پتاسیم قابل‌استفاده

در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار، مقدار پتاسیم قابل‌استفاده در ۸۰ درصد زیرگروه‌ها کاهش یافته و در ۲۰ درصد باقی‌مانده افزایش یافته است (جدول ۳). از لحاظ آماری نیز به‌طور معنی‌دار ($p < 0.05$) به استثنای زیرگروه‌های *Vertic Endoaquepts* و *Typic Halaquepts*

آنجایی که مقدار پتاسیم تبادلی و قابل‌استفاده این خاک‌ها در کلاس بالا (*high*) قرار دارند به‌نظر می‌رسد قادر به تأمین نیازهای محصولات این منطقه باشند. بر اساس یک سیستم نسبتاً جدید برای کلاس‌بندی پتاسیم غیرتبادلی خاک (Srinivasarao *et al.*, 2007)، خاک‌های این مطالعه به استثنای *Typic Halaquepts* در کلاس متوسط قرار دارند. در این سیستم طبقه‌بندی چنان‌چه خاکی در کمتر از 300 mg kg^{-1} پتاسیم غیرتبادلی واقع باشد در کلاس پایین (*low*)، اگر ما بین $300-600 \text{ mg kg}^{-1}$ باشد در کلاس متوسط (*medium*) و اگر بیشتر از 600 mg kg^{-1} باشد در کلاس پتاسیم بالا قرار می‌گیرد. مقدار پتاسیم غیرتبادلی بیشتر از 600 میلی‌گرم در کیلوگرم است و در کلاس پتاسیم بالا قرار می‌گیرد.

نسبت جذب پتاسیم و درصد پتاسیم تبادلی

تغییرات در مقدار نسبت جذب پتاسیم (PAR) و درصد پتاسیم تبادلی (EPP) نیز به‌ترتیب مانند پتاسیم محلول و پتاسیم تبادلی است. به‌طور متوسط مقدار نسبت جذب پتاسیم در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) در دامنه $30/59$ درصد (با فاکتور تخلیه نسبی $0/69$) در زیرگروه *Typic Calcixerepts* تا $73/27$ درصد (با فاکتور تخلیه نسبی $0/27$) در زیرگروه *Vertic Endoaquepts* نشان داده است (جدول ۳).

در مقدار درصد پتاسیم تبادلی (EPP) در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار به استثنای زیرگروه *Vertic Endoaquepts* از لحاظ آماری کاهش معنی‌داری ($p < 0.05$) مشاهده شد (جدول ۳). نکته قابل‌توجه در شکل‌های پتاسیم این است که تغییرات پتاسیم محلول، تبادلی، قابل‌استفاده، PAR و EPP به موازات هم اتفاق افتاده است و این موضوع نشان می‌دهد که دینامیک این شکل‌های پتاسیم در ارتباط با هم هستند. محققان نشان دادند شکل‌های پتاسیم در یک حالت تعادل دینامیکی قرار دارند که با نتایج حاصله مطابقت دارد (2008; Sharma *et al.*, 2006; Samadi *et al.*). دلیل کاهش نسبت جذب پتاسیم می‌تواند:

الف) کاهش میزان پتاسیم محلول خاک و نیز افزایش میزان کلسیم محلول در خاک باشد. ب) مقدار کلسیم منیزیم در آب آبیاری منطقه مطالعه شده نسبتاً بالا است

مقدار پتاسیم قابل‌استفاده کاهش یافته است. این رفتار کاهشی در مقدار پتاسیم قابل‌استفاده در نتایج دولتی و همکاران (Dovlati *et al.*, 2010) نیز مشاهده شده است. بسیاری از محققان طی تحقیقات خود اظهار داشتند که عدم استفاده از کودهای پتاسه در طی عملیات زراعی طولانی‌مدت و نیز تشدید تولیدات کشاورزی می‌تواند مقدار پتاسیم قابل‌استفاده را تغییر دهد (Sing & Goulding, 1997). از آنجایی که پتاسیم قابل‌استفاده در همه زیرگروه‌ها بیشتر از 201 mg/kg است در کلاس پتاسیم خیلی زیاد قرار دارد (جدول ۳). این دامنه بر اساس روش استات آمونیوم بوده و کلاس بهینه آن 130 تا 170 میلی‌گرم در کیلوگرم است (Mallarino *et al.*, 2003). مریچ و همکاران (Merbach *et al.*, 1999) نیز گزارش دادند که در اثر عدم مصرف کود پتاسیم‌دار مقدار پتاسیم قابل‌استفاده در ده سال اولیه از مقدار اولیه 90 میلی‌گرم در کیلوگرم به 50 میلی‌گرم در کیلوگرم رسید و این مقدار در طول 30 سال به‌طور تدریجی کاهش یافت. در بین زیرگروه‌های مطالعه شده، بیشترین افزایش مقدار پتاسیم تبادلی و قابل‌استفاده بعد از عملیات زراعی در زیرگروه *Vertic Endoaquepts* مشاهده شد. این زیرگروه در مقایسه با سایر زیرگروه‌ها دارای بیشترین مقدار رس است و احتمالاً باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی این زیرگروه و پتاسیم تبادلی و قابل‌استفاده در مقایسه با سایر زیرگروه‌ها شده است و از طرف دیگر ممکن است که عملیات باغداری از طریق شخم و آبیاری ضمن تسریع فرایند هوازدگی (در مقایسه با خاک غیر زراعی) باعث افزایش مقدار رس شده باشد. البته در زیرگروه *Typic Halaquepts* نیز مقدار کمتری پتاسیم قابل‌استفاده تخلیه شده است که می‌تواند مربوط به بالا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی این زیرگروه باشد.

پتاسیم غیر تبادلی

در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار، پتاسیم غیر تبادلی در همه زیرگروه‌های خاک زراعی به غیر از زیرگروه *Typic Calcixerepts* در دامنه‌ای $2/58$ درصد (فاکتور تخلیه نسبی $0/97$) در زیرگروه *Typic Halaquepts* تا $11/33$ درصد (فاکتور تخلیه نسبی $0/89$) در زیرگروه *Vertic Endoaquepts* کاهش یافته است اگرچه این کاهش‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است (جدول ۳).

و باعث کاهش نسبت جذب پتاسیم شده است (جدول ۱). سبب افزایش این کاتیون‌ها (کلسیم و منیزیم) و در نتیجه باعث کاهش نسبت جذب پتاسیم شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین $\pm$ انحراف معیار شکل‌های پتاسیم اندازه‌گیری شده در زیرگروه‌های مورد مطالعهTable 3- The mean $\pm$ SD of measured potassium forms of the studied subgroups

پارامتر Parameter	زراعی Cultivate	غیرزراعی Uncultivated	درصد تغییرات (% Δ change)	فاکتور تخلیه یا غنی شدن نسبی DFR or EFR
<i>Typic Calcixerepts</i>				
پتاسیم محلول (mmol l^{-1}) Soluble k	0.3050 $\pm$ 0.09	0.3775 $\pm$ 0.26	-19.20*	0.81
پتاسیم تبادلی (mg kg^{-1}) Exchangeable k	211.59 $\pm$ 64.97	305.26 $\pm$ 140.62	-30.69**	0.69
پتاسیم قابل استفاده (mg kg^{-1}) Available k	238.78 $\pm$ 75.37	333.88 $\pm$ 163.18	-28.48*	0.71
پتاسیم غیر تبادلی (mg kg^{-1}) Non-exchangeable k	568.18 $\pm$ 85.56	569.21 $\pm$ 107.24	0.01	1.00
نسبت پتاسیم جذبی ($\text{mmol l}^{0.5}$) Potassium Absorption Ratio	0.2570 $\pm$ 0.08	0.3962 $\pm$ 0.30	-30.59*	0.69
درصد پتاسیم تبادلی (%) ExchangeablePotassium Percentage	2.2962 $\pm$ 0.70	3.6138 $\pm$ 1.62	-36.46*	0.64
<i>Fluventic Haploxerepts</i>				
پتاسیم محلول (mmol l^{-1}) Soluble k	0.2700 $\pm$ 0.16	0.5888 $\pm$ 0.58	-54.14*	0.88
پتاسیم تبادلی (mg kg^{-1}) Exchangeable k	220.62 $\pm$ 126.43	260.11 $\pm$ 128.35	-15.18	0.85
پتاسیم قابل استفاده (mg kg^{-1}) Available k	226.04 $\pm$ 98.92	271.38 $\pm$ 130.15	-16.70	1.15
پتاسیم غیر تبادلی (mg kg^{-1}) Non-exchangeable k	566.34 $\pm$ 92.40	617.84 $\pm$ 55.08	-8.34	1.27
نسبت پتاسیم جذبی ($\text{mmol l}^{0.5}$) Potassium Absorption Ratio	0.2375 $\pm$ 0.15	0.4750 $\pm$ 0.43	-50.00*	1.41
درصد پتاسیم تبادلی (%) ExchangeablePotassium Percentage	2.3712 $\pm$ 1.35	3.0475 $\pm$ 1.58	-22.19*	1.05
<i>Typic Endoaquepts</i>				
پتاسیم محلول (mmol l^{-1}) Soluble k	0.3217 $\pm$ 0.23	0.7417 $\pm$ 0.67	-56.63*	0.43
پتاسیم تبادلی (mg kg^{-1}) Exchangeable k	211.90 $\pm$ 112.55	315.38 $\pm$ 191.91	-32.80*	0.67
پتاسیم قابل استفاده (mg kg^{-1}) Available k	218.83 $\pm$ 130.85	313.45 $\pm$ 130.41	-30.19*	0.70
پتاسیم غیر تبادلی (mg kg^{-1}) Non-exchangeable k	619.33 $\pm$ 68.86	698.43 $\pm$ 286.71	-11.33	0.89
نسبت پتاسیم جذبی ($\text{mmol l}^{0.5}$) Potassium Absorption Ratio	0.2567 $\pm$ 0.27	0.5533 $\pm$ 0.45	-53.61*	0.46
درصد پتاسیم تبادلی (%) ExchangeablePotassium Percentage	2.0550 $\pm$ 1.10	3.1233 $\pm$ 1.68	-34.20	0.66

ادامه جدول ۳- مقایسه میانگین $\pm$ انحراف معیار شکل‌های پتاسیم اندازه‌گیری شده در زیرگروه‌های مورد مطالعهContinue Table 3- The mean $\pm$ SD of measured potassium forms of the studied subgroups

پارامتر Parameter	زراعی Cultivate	غیرزراعی Uncultivated	درصد تغییرات (% Δ change)	فاکتور تخلیه یا غنی شدن نسبی DFR or EFR
<i>Typic Halpaquepts</i>				
پتاسیم محلول (mmol l ⁻¹) Soluble k	0.3350 $\pm$ 0.32	1.3933 $\pm$ 1.06	-75.96**	0.24
پتاسیم تبادلی (mg kg ⁻¹) Exchangeable k	373.42 $\pm$ 187.61	371.96 $\pm$ 260.79	0.39	1.00
پتاسیم قابل استفاده (mg kg ⁻¹) Available k	379.46 $\pm$ 222.33	396.93 $\pm$ 223.56	-4.40	0.96
پتاسیم غیر تبادلی (mg kg ⁻¹) Non-exchangeable k	607.77 $\pm$ 189.03	623.88 $\pm$ 136.03	-2.58	0.97
نسبت پتاسیم جذبی (mmol l ^{0.5}) Potassium Absorption Ratio	0.0530 $\pm$ 0.01	0.1500 $\pm$ 0.01	-64.67**	0.35
درصد پتاسیم تبادلی (%) Exchangeable Potassium Percentage	4.4617 $\pm$ 1.88	4.6600 $\pm$ 2.80	-4.26	0.96
<i>Vertic Endoaquepts</i>				
پتاسیم محلول (mmol l ⁻¹) Soluble k	0.0550 $\pm$ 0.01	1.2100 $\pm$ 0.01	-95.45***	0.04
پتاسیم تبادلی (mg kg ⁻¹) Exchangeable k	247.33 $\pm$ 130.73	156.20 $\pm$ 87.78	58.34*	1.58
پتاسیم قابل استفاده (mg kg ⁻¹) Available k	275.63 $\pm$ 125.40	184.30 $\pm$ 77.40	49.55*	1.50
پتاسیم غیر تبادلی (mg kg ⁻¹) Non-exchangeable k	566.50 $\pm$ 78.48	602.60 $\pm$ 61.38	-5.10	0.94
نسبت پتاسیم جذبی (mmol l ^{0.5}) Potassium Absorption Ratio	0.2900 $\pm$ 0.26	1.0850 $\pm$ 0.81	-73.27***	0.27
درصد پتاسیم تبادلی (%) Exchangeable Potassium Percentage	2.1850 $\pm$ 1.15	1.3100 $\pm$ 0.74	66.79*	1.66

نتیجه‌گیری کلی

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

۱- عملیات باغداری طولانی‌مدت باعث کاهش پتاسیم محلول و نسبت جذب پتاسیم شده است که شستشو و حرکت احتمالی پتاسیم به اعماق، کشت و کار متراکم و برداشت توسط گیاهان زراعی 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.

۲- در مقایسه با خاک‌های غیر زراعی هم‌جوار، عملیات باغداری باعث کاهش معنی‌دار میزان پتاسیم تبادلی و درصد پتاسیم تبادلی و میزان پتاسیم قابل استفاده 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 به دلیل عدم استفاده از کودها و تشدید عملیات زراعی حدود ۸۰ درصد کاهش یافته است.

۳- در مقدار پتاسیم غیر تبادلی با عملیات باغداری مستمر کاهش غیر معنی‌داری اتفاق افتاد. از آنجایی که مقدار پتاسیم تبادلی و قابل استفاده این خاک‌ها در کلاس بالا (high) قرار دارند به نظر می‌رسد قادر به تأمین نیازهای محصولات این منطقه باشند.

References

- Abbasi MK, Zafar M and Razaq Khan S. 2007. Influence of different land-cover types on changes of selected soil properties in the mountain region of Rawalakot Azad Jammu and Kashmir. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78: 97-110.
- Andrist-Rangel Y. 2008. Quantifying mineral sources of potassium in agricultural soils. PhD Thesis No. 53, Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Uppsala. pp: 1475-2743.
- Bouyoucos GJ. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- Brady NC and Weil R. 1999. Global soil quality as affected by human activities. In: *The nature and properties of soils*, pp: 788-813.
- Chapman HD. 1965. Cation exchange capacity. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2*. (eds). Black CA, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. pp: 891-900.
- 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 of Agricultural Sciences*, 16: 71-82 (in Persian).
- Fageria NK. 1989. Tropical soils and physiological aspects of crops. Brasilia, Goiania, Brazil, EMBRAPA/CNPAP, Document No. 18.
- Gamian N. 2000. Review and in order to update semi-detailed soil southern plains of Urmia. *Agriculture Research Center of West Azerbaijan*, pp: 79-102. (in Persian).
- Hinsinger P, Elsass F, Jaillard B and Robert M. 1993. Root-induced irreversible transformation of trioctahedral mica in the rhizosphere of rape. *Journal of Soil Science*, 44: 535-545.
- Jalali M. 2005. Release kinetics of non-exchangeable potassium in calcareous soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1903-1917.
- Jalali M and Zarabi M. 2006. Kinetics of nonexchangeable-potassium release and plant response in some calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 169: 194-204.
- Khandagale, M.T. 1977. Effect of various levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, yield and quality of Thompson seedless grape (*Vitis vinifera* L.) MSc. Thesis, Mahatma Phule Krishi Vishwa Vidyalyaya, Rahuri. pp: 517-536.
- Kittrick J A and Hope EW. 1971. A procedure for particale size separation of soil for X-ray diffraction. *Soil Science Society of America Journal*, 35: 621-626.
- Kunze GW and Dixon JB. 1996. Pretreatment for mineralogical analysis. In: Klute A (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 1*. Soil Science Society of America, Madison WI. USA. pp: 331-358.
- Loeppert RH and Sparks DL. 1996. Carbonate and gypsum. In Sparks DL (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. pp: 437-474.
- Malakouti MJ and Homaei M. 2003. Soil fertility of arid and semi-arid areas (problems and solutions), Tarbiat Modares University Press, 494p. (in Persian).
- Mallarino AP, Witty DJ and Barbagelata PA. 2003. New soil test interpretation classes for potassium. *Better Crops*, 87: 12-14.
- Mengel K and Kirkby EA. 2001. Potassium in crop production. *Advance in Agronomy*. 33: 59-110.
- Merbach W, Schmidt L and Wittenmayer L. 1999. *Die Dauerdu ngungsversuche in Halle*. Teubner, BG, Stuttgart-Leipzig. pp: 56-65.
- NajafiGhiri M, Abtahi A, Jaberian F and Owliaie HR. 2010. Relationship between soil potassium forms and mineralogy in highly calcareous soils of Southern Iran. *Australian Journal of Applied Science*, 4: 434-441.
- NajafiGhiri M, Abtahi A, Owliaie HR, Sadat Hashemi S and Koohkan SH. 2011. Factors affecting potassium pools distribution in calcareous soils of Southern Iran. *Arid Land Research and Management*, 25(4): 313-327 (in Persian).
- Nelson DW and Sommers LE. 1982. Total carbon, organic carbon, and orgqnic matter. In Page AL (eds). *Methods of Soil Analysis, Part 2*. Soil Science Society of America, Madison, WI, USA. pp: 539-580.
- Rezapour S and Samadi A. 2012. Assessment of inceptisols Soil quality following long-term cropping in a calcareous environment. *Environmental Science*, 184: 1311-1323.

- Rezapour S and Samadi A. 2011. Soil quality response to long-term wastewater irrigation in Inceptisols from a semi-arid environment. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 91: 269-280.
- Rezapour S, Jafarzadeh AA, Samadi A and Oustan SH. 2009. Impacts of clay mineralogy and physiographic units on the distribution of potassium forms in calcareous soils in Iran. *Clay Minerals*, 44: 329-339.
- Rezapour S, Taghipour A and Samadi A. 2013. Modifications in selected soil attributes as influenced by long-term continuous cropping in a calcareous semiarid environment. *Natural Hazards*, 69: 1951-1966.
- Samadi A, Dovlati B and Barin M. 2008. Effect of continuous cropping on potassium forms and potassium adsorption characteristics in calcareous soils of Iran. *Australian Journal of Soil Research*, 46: 265-272.
- Sun B, Zhub S and Zhao Q. 2003. Evaluation of spatial and temporal changes of soil quality based on geostatistical analysis in the hill region of subtropical China. *Geoderma*, 115: 85-99.
- Sharma BD, Mukhopadhyay SS and Sawhney JS. 2006. Distribution of potassium fractions in relation to landforms in a Himalayan catena. *Achieves in Agronomy and Soil Science* 52: 469-476.
- Sharpely AN, 1989. Relationship between potassium forms and mineralogy. *Soil Science Society of America Journal*, 52: 1023-1028.
- Singh B, and Goulding WT. 1997. Changes with time in the potassium content and phyllosilicates in the soil of the Broadbalk continuous wheat experiment at Rothamsted. *European Journal of Soil Science*, 48: 651-659.
- Smith JL and Doran JW. 1996. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis. In: *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, Madison, USA, 49: 169-185.
- Sparks DL. 1987. Potassium dynamics in soils. *Agriculture in Soil Science*. 6: 1-63.
- Srinivasan, C. and Muthukrishnan, C.R. 1970. Effect of potassium on the development of buds in grape varieties Anab-e-Shahi. *Madras Agriculture Journal*, 57: 700-703.
- Srinivasarao CH, Rupa TR, Subba Rao A, Ramesh G and Bansal SK. 2007. Release kinetics of nonexchangeable potassium by different extractants from soils of varying mineralogy and depth. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 473-491.
- Thomas GW. 1982. Exchangeable cations. In: *Methods of Soil Analysis*, Part 2. Page AL (eds). Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Monograph, 9: 159-165.
- Thomas GW. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks DL (eds). *Methods of Soil Analysis*, Part 3, American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. pp: 475-490.
- Walkley AY, Black TA. 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.
- Yost RS, Uehara G and Fox RL. 1982. Geostatistical analysis of soil chemical properties of large land areas: I. Semivariograms. *Soil Science Society America Journal*, 46: 1028-1032.
- Zhou HZ, Gong ZT and Lamp J. 1996. Study on soil spatial variability. *Acta Pedology Sin*, 33: 232-241 (in Chinese with English Abstract).

The effect of five-decade continuous horticultural practice on distribution of potassium forms in some soils in South of Urmia

Zahra Amirpour¹, Salar Rezapour² and Behnam Dovlati³

(Received: February 2014 Accepted: November 2014)

Abstract

Continuous horticultural practice may be manifesting some modifications on physico-chemical and different K forms of soil. To investigate this hypothesis, five soils subgroups (Typic Calcixerepts, Fluventic Haploxerepts, Typic Endoaquepts, Typic Halaquepts and Vertic Endoaquepts) of cultivated and adjoining uncultivated soils of south Urmia that have been under continuous horticultural practice for more than 5 decades were described and sampled. The soil samples were analyzed for different K forms and K adsorption properties after they were air-dried and ground to pass through a 2-mm sieve. The result showed that for most of the studied soils, continuous horticultural practices decreased the amount of different K forms as result of changes in soils types, agricultural practices and soil properties. Comparisons also showed that continuous horticultural practice significantly caused reduction in the all forms of K excluding the non-exchangeable K (NEK). Among the soluble K and NEK, respectively, showed the highest and the least changes. The continuous horticultural practice decreased 100 percent soluble K, 60 percent exchangeable K, 60 percent available K in the studied soil subgroups. Mineralogical studies also suggested that continuous horticultural practices caused changes in the relative intensity and position of the XRD pattern (peak) of illite and smectite.

Key words: South urmia, Potassium forms, Continuous horticulture practice

1- Former Graduate Student of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia

2- Associate Professor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia

3- Assistant Professor of Soil Science Department, Faculty of Agriculture, University of Urmia, (Corresponding Author):

Email: b.dovlati@urmia.ac.ir