Archive of SID

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶
http://jwsc.gau.ac.ir

تعیین پارامترهای نمودارهای کمیت– شدت پتاسیم در یک ردیف توپوگرافی

سیدمسعود هاشمی‌مفرد[۱]، علیرضا حسین‌پور[۲] و *حمیدرضا متقیان[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد، [۲]استاد گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد،
[۳]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهرکرد

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: تغییرات مکانی ویژگی‌های خاک تابع عوامل محیطی مانند اقلیم، ویژگی‌های زمین‌نما شامل موقعیت زمین‌نما، توپوگرافی، درجه شیب، ارتفاع، مواد مادری و پوشش گیاهی می‌باشد. تغییرات توپوگرافی و به‌دنبال آن فرآیندهای خاک‌سازی در امتداد اراضی شیب‌دار، باعث تغییر معنادار ویژگی‌های خاک می‌شود. توپوگرافی بر مقدار عناصر غذایی از جمله پتاسیم در خاک تأثیر می‌گذارد. بنابراین، آگاهی از تغییرپذیری قابلیت استفاده پتاسیم در خاک‌ها برای دستیابی به تولید بیش‌تر و مدیریت بهتر و پایدار ضروری است. روابط کمیت به‌شدت (Q/I) اطلاعات نسبتاً کاملی از وضعیت پتاسیم خاک ارائه می‌دهد. پژوهش حاضر برای بررسی تأثیر توپوگرافی بر پارامترهای نمودارهای کمیت- شدت پتاسیم با استفاده از شش خاکرخ (در دو عمق) بر روی یک توالی پستی و بلندی در دشت شهرکرد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: نمونه‌های خاک پس از هوا خشک شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک توسط روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. در این نمونه‌ها، پارامترهای روابط کمیت- شدت پتاسیم (نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR^0)، پتاسیم به آسانی قابل تبادل (ΔK^0)، گنجایش بافری بالقوه پتاسیم (PBC^K) و پتاسیم به کندی قابل تبادل (Kx))، به‌علاوه شکل‌های پتاسیم تعیین شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تأثیر توپوگرافی بر پارامترهای نمودار کمیت- شدت، در هر دو عمق معنادار بود ($P<۰/۰۵$). دامنه تغییرات نسبت فعالیت پتاسیم در افق‌های سطحی خاک‌ها ۰/۰۱۲–۰/۰۵۷ $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$ است. پتاسیم لبایل در افق‌های سطحی خاک‌ها در دامنه (۰/۳٤–۱/٤٦ $mmol\ kg^{-1}$) می‌باشد. دامنه ظرفیت بافری پتاسیم در افق‌های سطحی $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$ / $(mmol\ kg^{-1})$ ۲۲/۵٤–۳٦/۷۹ است. دامنه تغییرات پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx) در افق سطحی خاک‌ها ($mmol\ kg^{-1}$) ۰/۱۰–۲/۳۹ متغیر بود. در خاک‌های قرار گرفته در شیب کم‌تر، مقدار ΔK^0 (۱/٤٦–۰/۹۰ $mmol\ kg^{-1}$) و AR^0 ($(mmol\ L^{-1})^{0.5}$) ۰/۰۵۵–۰/۰۳۵ بیش‌تر از خاک‌های قرار گرفته در شیب بیش‌تر (ΔK^0 با دامنه ($mmol\ kg^{-1}$) ۰/۵۳–۰/۳٤ و AR^0 با دامنه $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$) ۰/۰۱٤–۰/۰۱۱ بود. اما PBC^K و

* مسئول مکاتبه: motaghian.h@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

AR^0 در شیب‌های مختلف مقادیر متفاوتی داشت. مطالعه همبستگی بین پارامترهای Q/I و ویژگی‌های خاک، بیانگر همبستگی معناداری در افق سطحی بین AR^0 با کربن آلی ($r=۰/۷٤^{**}$)، CEC ($r=۰/۷۸^{**}$) و درصد رس ($r=۰/٦۲^{**}$) همچنین ΔK^0 با CEC ($r=۰/۸۰^{**}$) و درصد رس ($r=۰/٦٦^{**}$) در خاک‌ها بود. در افق تحتانی همبستگی معناداری بین PBC^K با CEC ($r=۰/٥٦^{*}$) و درصد رس ($r=۰/۷۰^{**}$) و نیز همبستگی معنادار بین ΔK^0 با پتاسیم تبادلی ($r=۰/۸۳^{**}$) و کربن آلی($r=۰/۸۹^{**}$) در خاک‌ها بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش نشان داد که توپوگرافی با تغییر ویژگی‌های خاک به‌ویژه درصد رس، کربن آلی و CEC می‌تواند بر پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم تأثیر گذارد.

واژه‌های کلیدی: شکل‌های پتاسیم، پارامترهای کمیت- شدت، توپوگرافی

مقدمه

خاک‌ها تحت‌تأثیر پنج عامل خاک‌ساز شامل مواد مادری، توپوگرافی، اقلیم، زمان و موجودات زنده تکامل می‌یابند. بر اساس ردیف‌های خاک‌سازی که تأثیر یک عامل خاک‌ساز را بیش از چهار عامل دیگر منعکس می‌کنند، می‌توان اثر عامل غالب را بررسی کرد. ردیف توپوگرافی، اثر عامل پستی و بلندی را به‌عنوان مؤثرترین عامل در تشکیل و تکامل خاک منعکس می‌کند (۱۳ و ۲۲). توپوگرافی با تأثیر بر فرآیندهای خاکسازی و ویژگی‌های خاک، رشد و عملکرد گیاهان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (٤٥). توپوگرافی یکی از عواملی است که تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله رنگ، مقدار رس، ماده آلی، pH خاک، کربنات کلسیم، کانی‌شناسی، مقدار رطوبت و غلظت عناصر غذایی مثل آهن و پتاسیم دارد (۲۲). پتاسیم از عناصر غذایی ضروری است که می‌تواند تحت‌تأثیر عوامل خاکساز تغییر کند. پتاسیم در خاک به شکل‌های ساختمانی، غیرتبادلی، تبادلی و محلول یافت می‌شود و بین این شکل‌ها رابطه شبه تعادلی وجود دارد که این رابطه تعادلی در تغذیه گیاه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (۳۸). قابلیت استفاده پتاسیم برای گیاهان به‌شدت، ظرفیت و سرعت تجدید آن در خاک بستگی دارد. ظرفیت (کمیت)، مقدار کل پتاسیم قابل استفاده در فاز جامد است که وارد محلول خاک می‌شود و سرعت تجدید بیان‌کننده سرعت انتقال پتاسیم از فاکتور کمیت به فاکتور شدت است (۷). شواهد نشان می‌دهد که جذب پتاسیم توسط گیاهان از محلول خاک به غلظت کلسیم و منیزیم نیز بستگی دارد (۱۷). برای تعیین پتاسیم قابل استفاده گیاه از عصاره‌گیرهای دارای کاتیون‌های جانشین‌شونده استفاده می‌شود، که از همه متداول‌تر روش استات آمونیوم یک مولار است. در عین‌حال، بر اساس بعضی گزارش‌ها در خاک‌هایی که دارای مقادیر زیاد کانی‌های میکای آب‌دار و ورمی‌کولیت هستند، مقدار پتاسیم تبادلی بیش‌تر از مقدار واقعی آن ارزیابی شد. این موضوع احتمالاً یکی از دلایل همبستگی ضعیف بین پتاسیم عصاره‌گیری‌شده با استات آمونیوم و عکس‌العمل گیاه به کودهای پتاسیمی در این گونه خاک‌هاست (۲٦ و ۲۷). در ارزیابی وضعیت پتاسیم در خاک از روابط بین پارامترهای کمیت و شدت نیز استفاده می‌شود. تعیین رابطه کمیت- شدت پتاسیم در خاک، که نخستین بار توسط بکت (۱۹٦٤a) ارائه گردید، روش دیگری برای ارزیابی وضعیت فراهمی این عنصر در خاک‌هاست. در این روش، تغییر غلظت پتاسیم در محلول خاک (عامل شدت) در اثر تغییر غلظت پتاسیم در فاز تبادلی (عامل کمیت) ارزیابی می‌شود (۸). بنابراین، نسبت به روش عصاره‌گیری پتاسیم خاک با

www.SID.ir

Archive of SID

استات آمونیوم، اطلاعات بیش‌تری از وضعیت حاصل‌خیزی خاک در ارتباط با پتاسیم ارائه می‌کند. با استفاده از نمودارهای کمیت- شدت پتاسیم می‌توان، پتاسیم لبایل (ΔK^0)، نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR^0)، پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx) و ظرفیت بافری پتاسیم (PBC^K) را به‌دست آورد (۳٤). شارما و همکاران (۲۰۰٦) نشان دادند که در برخی از خاک‌ها در منطقه هیمالیای پنجاب، توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم در آن‌ها به شکل زمین منطقه بستگی دارد و همچنین تغییرات شکل‌های پتاسیم در سطوح مختلف خاک می‌تواند با کانی‌شناسی توضیح داده شود (۳۵). آموکوا و فریمپونگ (۲۰۱۳) بیان کردند که پتاسیم محلول و پتاسیم تبادلی در یک ردیف توپوگرافی همبستگی مثبت و معناداری با ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد اشباع بازی دارد (۵). برای آگاهی بیش‌تر از وضعیت حاصل‌خیزی خاک‌های کشاورزی، روابط کمیت- شدت جهت اندازه‌گیری قابلیت استفاده پتاسیم در خاک‌ها استفاده می‌شود (٤۵). توپوگرافی یکی از عوامل مؤثر بر تشکیل و تکامل خاک‌هاست که می‌تواند با تأثیر بر ویژگی‌های خاک بر قابلیت استفاده عناصر غذایی از جمله پتاسیم مؤثر باشد. از بهترین روش‌های مورد استفاده در بیان قابلیت استفاده پتاسیم در نظر گرفتن مقدار آن در فازهای جامد و محلول می‌باشد. با توجه به عدم پژوهش‌های کافی در مورد اثر این عامل خاک‌سازی بر نمودارهای کمیت- شدت پتاسیم، در این پژوهش به بررسی اثر ردیف توپوگرافی بر پارامترهای نمودار کمیت- شدت پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه واقع در دشت شهرکرد (″۳۱/٤۸ ′۳۵ °۳۲ تا ″٤۰/۳۲ ′۸۱ °۳۲ شمالی و ″۱۳/٦۸ ′۸۵ °٤۷ تا ″۸۲/۳۱ ′۸۵ °۵۰ شرقی) در استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. ارتفاع از سطح دریا ۲۰٦۱ متر، میانگین بارندگی سالیانه در این منطقه ۳۲۰ میلی‌متر و میانگین سالانه دمای هوا ۱۱/۵ درجه سانتی‌گراد است. رژیم رطوبتی این منطقه زریک و رژیم حرارتی آن مزیک می‌باشد. شش خاکرخ بر روی یک توالی پستی و بلندی با فاصله تقریبی ۷۵۰ متر، تشریح و نمونه‌برداری از افق‌های A و B انجام گرفت. ویژگی‌های توپوگرافی در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های توپوگرافی محل‌های خاکرخ‌ها.

Table 1. Properties of topography of the profiles positions.

نقاط Points	درصد شیب Percent slope	جهت شیب Direction slope	شکل شیب Shape slope	ارتفاع (متر) Height (m)	واحد فیزوگرافی Physiographic unit
1	3-4	شمالی North	محدب Convex	2104	دشت دامنه‌ای Piedmont plain
2	3-4	جنوب‌غربی Southwest	مقعر Concave	2081	دشت دامنه‌ای Piedmont plain
3	3-4	غربی Western	محدب Convex	2072	دشت دامنه‌ای Piedmont plain
4	3-4	شمال‌شرقی Northeast	محدب Convex	2076	دشت دامنه‌ای Piedmont plain
5	5-6	شمال‌شرقی Northeast	محدب Convex	2093	آبرفت‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار Coarse alluvial fan-shaped
6	>12	جنوبی Southern	محدب Convex	2158	واریزه Debris

www.SID.ir

Archive of SID

نمونه‌ها پس از هوا خشک‌کردن از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. pH در سوسپانسیون ۲ به ۱ آب به خاک (٤۲)، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره ۲ به ۱ آب به خاک (۳۱)، بافت به روش هیدرومتر (۱۲)، ماده آلی به روش اکسایش تر (٤۳)، ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) با استفاده از استات سدیم (۱٤)، پتاسیم محلول در عصاره‌های ۱۰:۱ (خاک: آب)، پتاسیم قابل تبادل با استفاده از استات آمونیوم ۱ مولار و کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار (۱۱) و پتاسیم غیرتبادلی با اسید نیتریک ۱ مولار و جوشان (۳)، استخراج شدند. سپس، مقدار پتاسیم در عصاره‌ها با استفاده از فلیم‌فتومتر (مدل کورنینگ ۱٤۰) اندازه‌گیری شد.

روابط کمیت- شدت (Q/I) پتاسیم: برای رسم منحنی‌ها و تعیین پارامترهای Q/I پتاسیم، ۲/۵ گرم از هر نمونه خاک افق‌های A و B (در سه تکرار) درون لوله‌های سانتریفیوژ ۵۰ میلی‌لیتری ریخته‌شد و به آن ۲۵ میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار که غلظت پتاسیم (از منبع KCl) در آن به‌ترتیب ۰، ۰/۲، ۰/٤، ۰/۸، ۱/٦، ۲/٤ و ۳/۲ میلی‌مولار بود، اضافه شد. لوله‌ها به‌مدت ۲٤ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با ۱۵۰ دور در دقیقه تکان داده شد. سپس، سوسپانسیون با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت پنج دقیقه سانتریفیوژ و محلول صاف رویی جدا شد (۱۹ و ۲۰).

در عصاره‌های صاف‌شده، غلظت پتاسیم با فلیم‌فتومتر، غلظت کلسیم + منیزیم به روش تیتراسیون با Na_2EDTA و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) عصاره‌های صاف‌شده به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری شد. برای محاسبه نسبت فعالیت پتاسیم ($AR^K=a_k/(a_{Ca}+_{Mg})^{0.5}$) ابتدا قدرت یونی محلول‌ها (I) با استفاده از رابطه تجربی $I=0.013\times EC$ محاسبه و سپس ضرایب فعالیت یون‌ها (γ_i) با استفاده از معادله دی‌بای هاکل توسعه‌یافته $\log\gamma_i = -0.509\times Z_i^2\times I^{0.5}/(1+I^{0.5})$ محاسبه شد (٤۰). آن‌گاه فعالیت یون‌ها با استفاده از رابطه $a_i= \gamma_i C_i$ و غلظت اندازه‌گیری‌شده (C_i) برای هر یون محاسبه شد. مقدار ΔK یا تغییر در پتاسیم تبادلی از تفاوت غلظت پتاسیم در محلول اولیه و محلول تعادلی به‌دست آمد. با برازش ΔK در مقابل AR^K نمودارهای کمیت- شدت رسم و پارامترهای این نمودارها تعیین شد (۱۸ و ٤۵).

تجزیه و تحلیل‌های آماری: در این پژوهش برای مقایسه ویژگی‌های مختلف در افق‌های سطحی و تحتانی از روش t-test مستقل استفاده شد. در حالی‌که مقایسه پارامترهای نمودار کمیت- شدت پتاسیم بین افق‌های سطحی یا تحتانی خاکرخ‌ها با استفاده از طرح کاملاً تصادفی (تجزیه واریانس یک‌طرفه) با در نظر گرفتن خاکرخ‌ها برای هر افق به‌عنوان تیمار و نرم‌افزار Statistica 8.0 انجام گرفت. اثر توپوگرافی بر شاخص‌های کمیت- شدت پتاسیم در خاکرخ‌ها، پس از بررسی فرضیات تجزیه واریانس شامل نرمال‌بودن داده‌ها (باقی‌مانده‌ها) و همگنی واریانس‌ها انجام شد. سپس، مقایسه میانگین‌ها با روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین، ضریب همبستگی پیرسون بین ویژگی‌های خاک با پارامترهای نمودار کمیت- شدت محاسبه شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های نمونه‌برداری‌شده در موقعیت‌های مختلف ردیف توپوگرافی در جدول ۲ نشان داده شده است. کم‌ترین درصد کربنات کلسیم معادل مربوط به خاکرخ ۲ و بیش‌ترین درصد آن در خاکرخ ۳ بود. بیش‌ترین مقدار رس مربوط به خاکرخ ۱ و کم‌ترین مقدار آن در خاکرخ ٦ بود. گنجایش تبادل کاتیونی (CEC) در

www.SID.ir

Archive of SID

خاکرخ ۱ بیش‌ترین و خاکرخ ٦ کم‌ترین مقدار را داشت. خاکرخ ۱ بیش‌ترین مقدار و خاکرخ ٦ کم‌ترین مقدار pH را داشت. قابلیت هدایت الکتریکی در خاکرخ ۲ بیش‌ترین و خاکرخ ٦ کم‌ترین مقدار بود. مقدار کربن آلی در خاک افق سطحی خاکرخ ٤ بیش‌ترین و خاکرخ ٦ کم‌ترین مقدار ماده آلی را دارا بود.

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

Table 2. Selected physical and chemical characteristics of the studied soils.

خاکرخ Profile	افق Horizon	عمق depth (cm)	پ‌هاش pH	قابلیت هدایت الکتریکی EC	کربن آلی OC	کربنات کلسیم معادل CCE	گنجایش تبادل کاتیونی CEC	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
				dSm^{-1}	٪	٪	$cmol_{(+)}\ Kg^{-1}$	٪	٪	٪
1	Ap	0-15	8.3	0.23	1.24	23	22.8	36	23	41
	B_{K1}	15-61	8.3	0.18	0.81	33	23.3	22	34	46
2	Ap	0-20	8.2	0.35	2.30	13	22.3	25	38	37
	B_{K1}	20-50	8.3	0.27	2.00	18	23.8	27	30	43
3	Ap	0-25	8.0	0.29	1.40	34	20.1	32	42	26
	B_{K1}	25-60	8.3	0.21	0.85	53	21.6	24	35	41
4	Ap	0-15	7.8	0.27	2.84	30	22.9	24	38	38
	B_{K1}	15-60	7.6	0.37	1.46	32	25.1	21	34	45
5	Ap	0-25	8.2	0.25	1.48	31	21.3	25	41	34
	B_{K1}	25-70	8.3	0.26	0.89	47	22.4	22	32	46
6	A	0-20	7.4	0.22	0.81	27	19.1	30	44	26
میانگین افق سطحی Average of Surface horizon			7.98^a	0.26^a	1.67^a	26^b	21.4^b	29^a	37^a	34^b
میانگین افق تحتانی Average of subsurface horizon			8.20^a	0.25^a	1.20^b	37^a	23.2^a	23^b	33^b	44^a

برای هر ویژگی حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار بر اساس آزمون t-test در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letter for each properties indicate significant difference according to t-test at probability level of 5 percent.

در افق تحتانی، کم‌ترین درصد کربنات‌کلسیم معادل مربوط به خاکرخ ۲ و بیش‌ترین درصد آن در خاکرخ ۳ بود. بیش‌ترین مقدار رس افق تحتانی مربوط به خاکرخ‌های ۱ و ۵ و کم‌ترین مقدار آن در خاکرخ ۳ بود. گنجایش تبادل کاتیونی در خاکرخ ٤ بیش‌ترین و خاکرخ ۳ کم‌ترین مقدار را دارا بود. خاکرخ ۵ بیش‌ترین و خاکرخ ٤ کم‌ترین مقدار pH را داشت. قابلیت هدایت الکتریکی در خاکرخ ٤ بیش‌ترین و خاکرخ ۱ کم‌ترین مقدار را داشت. خاکرخ ۲ بیش‌ترین و خاکرخ ۱ کم‌ترین مقدار کربن آلی را داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج مقایسه میانگین ویژگی‌های خاک در افق‌های سطحی و تحتانی بر اساس آزمون t-test در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقدار ماده آلی در افق سطحی به‌صورت معناداری بیش‌تر از افق تحتانی بود (P<۰/۰۵). میانگین درصد رس در افق سطحی (۳٤ درصد) کم‌تر از افق تحتانی (٤٤ درصد) بود. به همین صورت میانگین گنجایش تبادل کاتیونی در افق‌های سطحی (۲۱/٤ سانتی‌مول بر کیلوگرم) کم‌تر از افق‌های تحتانی (۲۳/۲ سانتی‌مول بر کیلوگرم) بود. با توجه به این‌که مقدار کربن آلی با افزایش عمق کاهش می‌یابد، گنجایش تبادل کاتیونی به نوع و مقدار رس‌های خاک نیز بستگی دارد (۳۰) و به‌نظر می‌رسد که در خاک‌های مورد مطالعه بیش‌تر تحت‌تأثیر مقدار رس خاک می‌باشد. کربنات‌کلسیم در افق سطحی (۲٦ درصد) کم‌تر از افق تحتانی (۳۷ درصد) بود. دلیل این موضوع شستشوی کربنات‌کلسیم از نیم‌رخ خاک می‌باشد. ابطحی (۱۹۸۰) بیان می‌کند که در فصول سرد و بارانی، آهک موجود در افق‌های خاک حل شده و به اعماق پایین‌تر حمل می‌گردد و در فصول گرم وخشک در آن‌جا رسوب می‌نماید (۲).

شکل‌های مختلف پتاسیم: نتایج مربوط به شکل‌های مختلف پتاسیم (محلول، تبادلی و غیرتبادلی) در خاک‌های مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است. دامنه تغییرات پتاسیم محلول در خاک‌های افق سطحی منطقه مورد مطالعه، ۱۳/۷-۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین مقدار پتاسیم محلول مربوط به خاک افق سطحی، خاکرخ ۲ و کم‌ترین مقدار در خاکرخ ۱ مشاهده شد. دامنه تغییرات پتاسیم محلول در خاک‌های افق تحتانی ٦/۱-۱/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، بیش‌ترین مقدار پتاسیم محلول مربوط به خاکرخ ۲ و کم‌ترین مقدار آن مربوط به خاکرخ ۱ بود. مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های مورد مطالعه با تغییر موقعیت شیب در موقعیت دشت بیش‌ترین مقدار را داشت. مقدار پتاسیم محلول در افق‌های سطحی بیش‌تر از افق‌های عمقی است که مرتبط با ماده آلی و گنجایش تبادل کاتیونی بیش‌تر افق‌های سطحی و هوادیدگی کانی‌های پتاسیم‌دار و آزادشدن پتاسیم موجود در ساختار آن‌ها می‌باشد. ماده آلی باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب می‌شود. غلظت پتاسیم محلول خاک متأثر از واکنش تعادلی و سینتیکی بین شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک است و همچنین مقدار رطوبت خاک و غلظت کاتیون‌های دوظرفیتی در فازهای محلول و تبادلی، این غلظت را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۳۸). در این مطالعه، پتاسیم تبادلی با دو روش عصاره‌گیری متفاوت استخراج شد. دامنه تغییرات پتاسیم تبادلی عصاره‌گیری‌شده با روش استات آمونیوم یک مولار در افق سطحی خاک‌ها ۲۹۸-۱۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۳)، با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین مقدار پتاسیم تبادلی مربوط به افق سطحی خاکرخ ۲ و کم‌ترین مقدار مربوط به خاکرخ ۱ بود. دامنه پتاسیم تبادلی عصاره‌گیری‌شده با روش کلریدکلسیم ۰/۰۱ مولار در افق سطحی خاک‌ها ۳۱-۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۳)، که بیش‌ترین مقدار پتاسیم تبادلی مربوط به خاکرخ ۲ افق سطحی و کم‌ترین مقدار مربوط به خاکرخ ۱ می‌باشد. دامنه تغییرات پتاسیم تبادلی عصاره‌گیری‌شده با روش استات آمونیوم یک مولار در افق تحتانی ۱۹۹-۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین مقدار پتاسیم تبادلی در خاکرخ ۲ و کم‌ترین آن در خاکرخ ۳ مشاهده شد. در خاکرخ ۲ بیش‌ترین مقدار گنجایش تبادل کاتیونی در افق تحتانی مشاهده شد که به‌علت مقدار ماده آلی بالاتر است. نجفی و همکاران (۲۰۱۱) ارتباط معناداری بین گنجایش تبادل کاتیونی و مقدار پتاسیم تبادلی گزارش کردند (۲۹).

www.SID.ir

Archive of SID

دامنه تغییرات پتاسیم تبادلی عصاره‌گیری‌شده با روش کلرید کلسیم ۰/۰۱ مولار در افق تحتانی خاک‌ها ۱۸-٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۳). که بیش‌ترین مقدار پتاسیم تبادلی مربوط به خاکرخ ۲ و کم‌ترین مقدار مربوط به خاکرخ ۱ می‌باشد. مقدار پتاسیم تبادلی خاک‌های مورد مطالعه با تغییر موقعیت شیب در موقعیت دشت دارای بیش‌ترین مقدار است و در افق‌های سطحی بیش‌تر از افق‌های عمقی است. مقادیر بیش‌تر پتاسیم تبادلی در این خاک‌ها را می‌توان به گنجایش تبادل کاتیونی و رس بیش‌تر آن نسبت داد. دامنه تغییرات پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های افق سطحی منطقه مورد مطالعه ۱۵۵۲-۱۰۳۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (جدول ۳). با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین مقدار پتاسیم غیرتبادلی در خاکرخ ۲ افق سطحی و کم‌ترین مقدار در خاکرخ ۱ می‌باشد. دامنه تغییرات پتاسیم غیرتبادلی در خاک‌های افق تحتانی منطقه مورد مطالعه ۱۳۸۹-۸۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (جدول ۳). بیش‌ترین مقدار پتاسیم غیرتبادلی مربوط به خاکرخ ۲ و کم‌ترین مقدار مربوط به خاکرخ ۳ می‌باشد. تفاوت بین میانگین پتاسیم غیرتبادلی در افق‌های سطحی و تحتانی معنی‌دار نبود ($P>0/05$).

جدول ۳- شکل‌های پتاسیم در خاک‌های مطالعه شده (میلی‌گرم بر کیلوگرم).

Table 3. Forms of potassium in the studied soil (mg kg^{-1}).

خاکرخ Profile	افق Horizon	محلول Soluble	تبادلی با استات آمونیوم Exchange with ammonium acetate	تبادلی با کلریدکلسیم Exchange with calcium chloride	غیرتبادلی Non-Exchangeable
1	Ap	3.7	131	11	1037
	B_{K1}	1.5	67	6	897
2	Ap	13.7	298	31	1552
	B_{K1}	6.1	199	18	1371
3	Ap	7.0	181	20	1214
	B_{K1}	3.7	52	12	810
4	Ap	12.6	241	30	1474
	B_{K1}	5.9	123	14	1389
5	Ap	9.2	200	23	1269
	B_{K1}	4.8	120	16	1096
6	A	10.4	239	28	1383
میانگین افق سطحی Average of Surface horizon		9.4^{a}	215^{a}	24^{a}	1321^{a}
میانگین افق تحتانی Average of subsurface horizon		4.4^{b}	112^{b}	13^{b}	1113^{a}

برای هر ویژگی حروف متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار بین افق‌های سطحی و تحتانی بر اساس آزمون t-test در سطح احتمال ۵ درصد است.

Different letter for each properties indicate significant difference according to t-test at probability level of 5 percent.

www.SID.ir

Archive of SID

روابط کمیت- شدت پتاسیم (Q/I): نتایج تجزیه واریانس اثر توپوگرافی بر پارامترهای نمودارهای کمیت- شدت در دو عمق (جداگانه) نشان داد که تأثیر توپوگرافی بر پارامترهای نمودار کمیت- شدت، در هر دو عمق معنادار بود ($P<۰/۰۵$). پارامترهای نمودارهای کمیت- شدت پتاسیم در جدول ٤ نشان داده شده است. تفسیرهای متعدی از پارامترهای نمودار Q/I به‌دست آمده است. قسمت خطی این منحنی، به جذب غیراختصاصی پتاسیم نسبت داده شده است (۹ و ۲۱)، در حالی‌که، بخش غیرخطی آن به جذب اختصاصی دارای تمایل شدید به جذب پتاسیم، نسبت داده می‌شود (۹، ۱۰، ۲۱، ۲۳، ۲٤ و ۳۲). مکان‌های غیراختصاصی به سطوح کانی‌ها (۹) در حالی‌که مکان‌های اختصاصی به لبه‌های کریستال‌های رسی و مکان‌های گوه‌ای میکاهای هوادیده نسبت داده شده است (٤، ۱۰ و ۳۲). نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR^0) معرف شدت پتاسیم لبایل در حال تعادل (نه جذب و نه آزادشدن) در خاک است. بکت (۱۹٦٤a) بیان نمود که شدت پتاسیم در یک خاک در حال تعادل با محلول خاک به بهترین شکل با استفاده از نسبت فعالیت پتاسیم قابل تعریف است (۸). دامنه نسبت فعالیت پتاسیم در افق‌های سطحی خاک‌ها $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$ ۰/۰۵۷-۰/۰۱۲ بود (جدول ٤). کم‌ترین مقدار این پارامتر در خاکرخ ٦ و بیش‌ترین مقدار این پارامتر در خاکرخ ٤ بود. در خاکرخ ٦ درصد کربن آلی (جدول ۲) کم‌تر از سایر خاک‌ها بود و در نتیجه مقدار AR^0 کم‌ترین مقدار است. در خاکرخ ٤ درصد کربن آلی (جدول ۲) بیش‌تر از سایر خاک‌ها می باشد که مقدار AR^0 بیش‌ترین مقدار است. دامنه تغییرات نسبت فعالیت پتاسیم در افق‌های تحتانی $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$ ۰/۰۱۹-۰/۰۰۲۰ بود. کم‌ترین مقدار این پارامتر در خاکرخ‌های ۱ و ۵ بود و بیش‌ترین مقدار این پارامتر در خاکرخ ۲ بود. در مطالعه انجام شده به‌وسیله ایوانگلو و همکاران (۱۹۸٦) نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل، تحت‌تأثیر مقدار ماده آلی خاک بوده، به‌طوری‌که این مقدار در خاک‌هایی با ماده آلی بالا حدودا سه برابر آن در خاک‌هایی با ماده‌آلی کم بوده است (۱٦). اسپارکس و لیبهارت (۱۹۸۱) عنوان کردند اگر AR^0 خاکی کم‌تر از $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$ ۰/۰۳۱ باشد، پتاسیم عمدتاً در لبه کانی‌های رسی و اگر بیش‌تر از $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$ ۳/۱ باشد جذب سطوح کانی رسی می‌شود (۳۹). بنابراین، می‌توان گفت که در لایه سطحی خاکرخ‌های ۵ و ٦ و لایه‌های عمقی پتاسیم عمدتاً در لبه کانی‌های رسی نگه‌داری می‌شود. در تمام خاکرخ‌های مورد مطالعه میزان AR^0 دارای روندی کاهشی با افزایش عمق می‌باشد. وانگ و همکاران (۲۰۰٤) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند، آن‌ها کاهش مقادیر AR^0 با افزایش عمق خاک را در ارتباط با تغییرات پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم در طول پروفیل خاک می‌دانند (٤۵). همچنین، لامبانراجا و ایوانگلو (۱۹۹۲) در مطالعه خاک‌های کنتاکی، کاهش مقادیر AR^0 با افزایش عمق خاک را گزارش و عنوان کردند احتمالاً به‌دلیل پتاسیم تبادلی و مواد آلی بیش‌تر در خاک سطحی، مقادیر AR^0 بیش‌تر از خاک زیر سطحی است (۲۵). بهمنی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که AR^0 به CEC و پتاسیم تبادلی وابسته بوده؛ به این‌صورت که در خاک‌های دارای CEC کم‌تر AR^0 بیش‌تر بود (٦).

نتایج مقایسه میانگین جدول ٤ نشان می‌دهد که نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR^0) در طول ردیف توپوگرافی در افق سطحی خاکرخ‌های مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

دارای تفاوت معناداری ($P<0/05$) است و با افزایش درصد شیب در خاکرخ‌های افق سطحی مقدار AR^0 کاهش یافت. مقدار AR^0 در خاکرخ‌های افق سطحی که شیب کم‌تری دارند بیش‌تر از خاکرخ‌هایی با شیب بیش‌تر است. بیش‌ترین مقدار در خاکرخ ٤ است که در شیب شمال‌شرقی قرار دارد. مقدار AR^0 در خاکرخ ١ که شیب آن رو به شمال است بیش‌تر از خاکرخ ٦ دارای شیب رو به جنوب می‌باشد. مقدار کم‌تر AR^0 در افق سطحی خاکرخ ٣ نسبت به خاکرخ ٤ می‌تواند به‌دلیل کشت و کار بیش‌تر در خاکرخ ٣ باشد. عباس‌لو و ابطحی (٢٠٠٨) بیان کردند که کشت و کار شدید سبب کاهش مقادیر AR^0 می‌گردد، این پژوهشگران کاهش مقادیر AR^0 را به سبب کاهش پتاسیم لبایل می‌دانند و در ادامه بیان می‌کنند، افزایش در مکان‌های جذب سطحی پتاسیم خاک‌ها هم می‌تواند دلیل این کاهش باشد (١). بنابراین، می‌توان گفت در این خاک‌ها در صورت کشت متراکم احتمال کمبود پتاسیم برای گیاهان زراعی وجود دارد. اسلام و همکاران (٢٠١٧) گزارش کردند امکان نگهداری پتاسیم بیش‌تر بر سطوح تبادلی خاک به‌دلیل اشباع شدن مکان‌های تبادلی کاهش می‌یابد (٢٠).

عرض از مبدأ بخش خطی نمودار Q/I به‌عنوان پتاسیم به راحتی قابل دسترس یا لبایل تعریف شده است. پتاسیم لبایل (ΔK^0) تخمینی از پتاسیم جذب‌شده در محل‌های غیراختصاصی بوده و نشان‌دهنده پتاسیم به راحتی قابل‌جذب می‌باشد. مقادیر ΔK^0 نه تنها به نوع کانی‌های رسی خاک، بلکه به مقدار پتاسیم تبادلی و نیز مقدار پتاسیم کودی مصرف شده وابسته است (٣٧). دامنه تغییرات پتاسیم لبایل در افق‌های سطحی خاک‌های این منطقه ١/٤٦-٠/٣٤ میلی‌مول بر کیلوگرم بود. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این پارامتر به‌ترتیب در خاکرخ‌های ٦ و ٢ می‌باشد (جدول ٤). دامنه تغییرات پتاسیم لبایل در افق‌های تحتانی خاک‌های این منطقه ٠/٨٣-٠/١٠ میلی‌مول بر کیلوگرم بود. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این پارامتر در افق تحتانی به‌ترتیب در خاکرخ‌های ٥ و ٢ می‌باشد. نتایج نشان داد که پتاسیم لبایل (ΔK^0) دارای روندی کاهشی با افزایش عمق در طول خاکرخ می‌باشد (جدول ٤).

نتایج مقایسه میانگین جدول ٤ نشان می‌دهد که پتاسیم به آسانی قابل دسترس (ΔK^0) در طول ردیف توپوگرافی خاکرخ‌ها دارای تفاوت معناداری می‌باشد و مقدار ΔK^0 در افق سطحی خاکرخ‌هایی که درصد شیب کم‌تر دارند بیش‌تر از خاکرخ‌هایی با شیب بیش‌تر است. افق سطحی خاکرخ ١ که شیب رو به شمال دارد مقدار ΔK^0 بیش‌تری از خاکرخ ٦ دارای شیب رو به جنوب است. شیب با تأثیر بر فرسایش و جهت شیب بر توزیع اقلیم خرد در شکل زمین منجر به تفاوت در ویژگی‌های خاک‌ها می‌شوند، همچنین با کاهش شیب میزان فرسایش خاک و رواناب سطحی کاهش می‌یابد (٢٢). شیب بخش خطی نمودار Q/I پتاسیم که سنجشی از توانایی خاک در حفظ فعالیت (شدت) پتاسیم در محلول خاک است، ظرفیت پتانسیل بافری پتاسیم (PBC^K) نامیده می‌شود. PBC^K نشان‌دهنده تغییر فاکتور کمیت برای هر واحد تغییر در فاکتور شدت است. دامنه تغییرات PBC^K در افق‌های سطحی خاک‌ها $(mmol\ kg^{-1})\ /\ (mmol\ L^{-1})^{0.5}$ ٣٦/٧٩-٢٢/٥٤ بود. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این پارامتر برای افق‌های سطحی به‌ترتیب در خاکرخ ٤ و ٥ بود. دامنه تغییرات PBC^K در افق تحتانی خاک‌ها $(mmol\ kg^{-1})\ /\ (mmol\ L^{-1})^{0.5}$ ٥٧/٠٤-٤٠/٨٩ بود. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار این پارامتر برای افق

www.SID.ir

Archive of SID

تحتانی به‌ترتیب در خاکرخ‌های ۳ و ۱ بود. ایوانگلو و بلوینز (۱۹۸۵) معتقدند که با افزایش مواد آلی ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش می‌یابد ولی ظرفیت بافری پتاسیم تغییر نمی‌کند. افق تحتانی در پروفیل‌های ۱ و ٤ دارای بیش‌ترین مقدار PBC^K و بیش‌ترین درصد رس و CEC بود (۱۵). لروکس و سامنر (۱۹٦۸) گزارش نمودند که خاک‌هایی با PBC^K بالا، توانایی بالاتری در ارائه پتاسیم به خاک دارند و بر عکس خاک‌هایی با PBC^K پایین، نیاز به توصیه کود پتاسیم خواهند داشت (۳۲). مقادیر بیش‌تر PBC^K، بیانگر وضعیت مناسب‌تر خاک‌ها از نظر قابلیت استفاده می‌باشد (٤٤). به‌عبارت دیگر، در خاک‌هایی با PBC^K بالاتر، فعالیت پتاسیم محلول از نوسان کم‌تری برخوردار بوده و بهتر بافر می‌گردد (۳۳). نتایج پارامتر ظرفیت بافری پتاسیم (PBC^K) **در** افق‌های سطحی و تحتانی خاک‌ها در تمام پروفیل‌های مورد مطالعه روندی افزایشی با افزایش عمق در خاکرخ را نشان می‌دهد (جدول ٤). PBC^K بیش‌تر در خاک تحتانی نسبت به خاک سطحی توسط پژوهشگران دیگر نیز تأیید شده است (۲۰، ٤٤ و ٤۵). کانی‌های رسی مختلف و فاکتورهای تأثیرگذار بر پویایی پتاسیم غیرتبادلی می‌توانند کنترل‌کننده مقادیر PBC^K در خاک سطحی و زیر سطحی باشند (٤۱ و ٤٤). شارما و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که همبستگی مثبت و معناداری بین PBC^K و مقدار رس خاک گزارش کردند (۳٦). نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که مقدار رس افق تحتانی بیش‌تر از افق سطحی است. بنابراین بیش‌تر بودن PBC^K در خاک زیرین نسبت به خاک سطحی مرتبط با مقدار رس است.

نتایج مقایسه میانگین جدول ٤ نشان می‌دهد که ظرفیت بافری پتاسیم در طول ردیف توپوگرافی خاکرخ‌ها دارای تفاوت معناداری می‌باشد و مقدار PBC^K در طول ردیف توپوگرافی متغیر است. در افق سطحی خاکرخ ۵ بیش‌ترین PBC^K مشاهده شده ممکن است به‌دلیل شکل شیب مقعر باشد، تحدب و تقعر شیب با کنترل حرکت آب و رواناب و تأثیر بر زهکشی و نگه‌داری آب در خاک تأثیر زیادی بر تغییرپذیری ویژگی‌های خاک در اراضی شیب‌دار دارند (۲۲). در افق سطحی خاکرخ ۱ که در شیب رو به شمال می‌باشد، مقدار PBC^K کم‌تر از خاکرخ ٦ دارای شیب رو به جنوب است.

اختلاف عرض از مبدا بخش خطی نمودار Q/I و عرض از مبدا بخش غیرخطی نمودار Q/I به‌عنوان پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx) تعریف شده است (جدول ٤). این مقدار از پتاسیم به‌صورت اختصاصی جذب شده است (۱۰ و ۱۷). از روش‌های دیگر برای تعیین پتاسیم به سختی قابل تبادل استفاده از اختلاف پتاسیم لبایل (ΔK^0) و پتاسیم عصاره‌گیری‌شده با استات آمونیوم یک مولار (Kx_2) است (جدول ٤). پتاسیم سخت تبادل به نوع کانی‌های رسی منطقه بستگی دارد. در خاک‌هایی که دارای کانی‌های با مکان‌های جذب اختصاصی بیش‌تر برای پتاسیم هستند، پتاسیم با انرژی زیاد جذب و به راحتی تبادل نمی‌شود. در نتیجه در چنین خاک‌هایی مقدار Kx بیش‌تر می‌باشد. به‌عبارت دیگر، Kx در ارتباط با نوع کانی‌های رسی بوده و پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم یک مولار ارتباط معناداری با Kx ندارد (۱۹). دامنه تغییرات پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx_1) در افق سطحی خاک ۲/۳۹-۰/۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم بود. دامنه تغییرات پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx_2) در افق‌های سطحی خاک ٦/۱۸-۲/۱۸ میلی‌مول بر کیلوگرم بود. بیش‌ترین مقدار پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx_1) در خاکرخ ۵ و Kx_2 خاکرخ

www.SID.ir

Archive of SID

۲ مشاهده شد. مقدار Kx_2 در همه خاک‌ها بیش‌تر از مقدار Kx_1 می‌باشد.

دامنه تغییرات پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx_1) در افق تحتانی خاک ۱/۰۶-۰/۴۰ میلی‌مول بر کیلوگرم بود. دامنه تغییرات پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx_2) در افق‌های تحتانی خاک ٤/۲۵-۱/۲ میلی‌مول بر کیلوگرم بود. کم‌ترین مقدار پتاسیم به سختی قابل تبادل برای Kx_1 و Kx_2 به‌ترتیب برای خاکرخ‌های ۱ و ۳ است و بیش‌ترین مقدار پتاسیم به سختی قابل تبادل برای Kx_1 خاکرخ ۵ و Kx_2 خاکرخ ۲ مشاهده شد. مقدار Kx_2 در تمام خاکرخ‌ها بیش‌تر از مقدار Kx_1 می‌باشد. حسین‌پور و کلباسی (۲۰۰۰) گزارش کردند که Kx با نوع کانی رسی در ارتباط بوده و با پتاسیم عصاره‌گیری شده به‌وسیله استات آمونیوم یک مولار ارتباط معناداری نداشت (۱۹). نتایج در خاک‌ها نشان می‌دهد که پارامتر پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx) بین افق‌های سطحی و تحتانی خاک‌ها در افق سطحی بیش‌تر از افق تحتانی است. نتایج مقایسه میانگین جدول ٤ نشان می‌دهد که پتاسیم به سختی قابل تبادل (Kx) در طول ردیف توپوگرافی دارای تفاوت معناداری می‌باشد. مقدار Kx_1 در افق‌های سطحی خاکرخ‌هایی که شیب بیش‌تری دارند (خاکرخ‌های ۵ و ٦) بیش‌تر از پروفیل‌هایی دارای شیب کم‌تری است (خاکرخ‌های ۱، ۲ و ۳) که این می‌تواند به‌دلیل تفاوت در نوع کانی‌های رسی باشد. صمدی (۲۰۰٦) در پژوهشی در خاک‌های استان آذربایجان‌غربی گزارش کرد که پتاسیم به سختی قابل تبادل به‌جزء یک مورد از پتاسیم لبایل بیش‌تر می‌باشد و دلیل آن را حضور رس‌های با مکان‌های جذب اختصاصی پتاسیم بیش‌تر در این خاک‌ها دانست (۳۳).

در خاک‌های مورد مطالعه همبستگی مثبت و معناداری بین ΔK^0 با گنجایش تبادل کاتیونی ($r=0/78^{**}$)، ماده آلی ($r=0/72^{**}$) و درصد رس ($r=0/66^{**}$) در افق سطحی وجود داشت همچنین ارتباط معناداری در افق تحتانی بین ΔK^0 با کربن آلی ($r=0/89^{**}$)، پتاسیم تبادلی عصاره‌گیری‌شده با استات آمونیوم ($r=0/83^{**}$) وجود داشت. بنابراین مقدار ΔK^0 با مقدار رس، CEC و ماده آلی خاک در ارتباط است. مقادیر ΔK^0 خاک نه تنها به نوع کانی‌های رسی خاک، بلکه به مقدار پتاسیم تبادلی و نیز مقدار پتاسیم کودی مصرف شده وابسته است (۳۷). وانگ و همکاران (۲۰۰٤) همبستگی معناداری بین پتاسیم تبادلی و پتاسیم به آسانی قابل دسترس گزارش کردند. در مطالعه آن‌ها ارتباط معناداری در افق تحتانی بین PBC^K با رس ($r=0/70^{*}$) و گنجایش تبادل کاتیونی ($r=0/56^{*}$) وجود داشت (٤٤). AR^0 با کربن آلی در افق‌های سطحی ($r=0/74^{**}$) و افق‌های تحتانی ($r=0/87^{**}$) همبستگی معناداری داشت. در مطالعه انجام شده به‌وسیله ایوانگلو و همکاران (۱۹۸٦) نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل، به‌شدت تحت‌تأثیر مقدار ماده آلی خاک بوده، به‌طوری‌که این مقدار، در خاک‌هایی با ماده آلی بالا حدوداً سه برابر آن در خاک‌هایی با ماده آلی کم بوده است (۱٦). ارتباط معناداری در افق تحتانی بین پتاسیم به سختی قابل تبادلی که از اختلاف عرض از مبدا بخش خطی از غیرخطی (Kx_1) به‌دست آمد با رس ($r=0/57^{*}$) وجود داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین پارامترهای نمودار کمیت- شدت پتاسیم.

Table 4. The mean comparisons of K quantity- intensity parameters.

Kx_2 (mmol kg^{-1})	Kx_1 (mmol kg^{-1})	AR^0 $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$	ΔK^0 (mmol kg^{-1})	PBC^K ((mmol kg^{-1}) / $(mmol\ L^{-1})^{0.5}$)	خاکرخ Profile
		افق سطحی Surface horizon			
2.18 f	0.10 e	0.048 c	1.17 c	24.61 d	1
6.18 a	0.23 e	0.049 b	1.44 a	29.54 b	2
3.88 e	0.91 c	0.036 d	0.91 d	25.07 d	3
4.89 c	1.19 bc	0.057 a	1.27 b	22.43 e	4
4.82 d	2.39 a	0.014 e	0.52 e	36.79 a	5
6.02 b	1.47 b	0.012 e	0.34 f	28.84 c	6
		افق تحتانی Subsurface horizon			
1.60 c	0.40 c	0.002 c	0.13 cd	57.04 a	1
4.25 a	0.51 c	0.020 a	0.83 a	41.70 d	2
1.20 d	0.43 c	0.004 b	0.15 c	40.89 d	3
3.09 b	0.79 b	0.003 b	0.18 b	54.70 b	4
3.07 b	1.06 a	0.002 c	0.10 d	45.97 c	5
4.66 A	1.04 A	0.036 A	0.94 A	27.88 B	میانگین افق سطحی Average of Surface horizon
2.64 B	0.63 B	0.031 B	0.27 B	48.06 A	میانگین افق تحتانی Average of subsurface horizon

PBC^K: ظرفیت پتانسیل بافری پتاسیم. ΔK^0: پتاسیم لبایل. AR^0: نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل

Kx_1: پتاسیم به سختی قابل تبادل که از تفاضل عرض از مبدا معادله کل با عرض از مبدا معادله بخش خطی به‌دست آمد.

Kx2: پتاسیم به سختی قابل تبادل که از تفاضل ΔK^0 از پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم به‌دست آمد.

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار برای هر افق بر اساس آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنادار بر اساس آزمون t-test در سطح احتمال ۵ درصد است.

PBC^K: potential buffering capacity. ΔK^0: labile K. AR^0: potassium activity ratio at equilibrium.

Kx_1: the difficulty available K which calculated from the difference of intercept of total equation and intercept of the linear part of the equation.

Kx_2: the difficulty available K which calculated from the difference ΔK^0 and K extracted by ammonium acetate.

Different lowercase letters indicate significant differences for each horizon according to Duncan test at probability level of 5 percent.

Different capital letters indicate significant differences according to t-test at probability level of 5 percent.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مقدار پتاسیم محلول و تبادلی در خاک‌های مورد مطالعه با تغییر موقعیت شیب تغییر می‌کند و در موقعیت دشت بیش‌ترین مقدار را داشتند. توپوگرافی بر پارامترهای نمودار کمیت- شدت پتاسیم تأثیر داشت. عمق خاک بر روی پارامترهای نمودار کمیت- شدت پتاسیم تأثیر داشت، مقدار پتاسیم به آسانی قابل تبادل، نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

فعالیت پتاسیم در حال تعادل و پتاسیم به سختی قابل تبادل در افق سطحی بیش‌تر از افق تحتانی بود اما ظرفیت بافری پتاسیم در افق تحتانی بیش‌تر بود. نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل و پتاسیم به آسانی قابل تبادل در پروفیل‌هایی که شیب کم‌تری داشتند بیش‌تر از پروفیل‌هایی بود که شیب بیش‌تری داشتند اما تغییرات ظرفیت بافری پتاسیم و پتاسیم به سختی قابل تبادل نسبت به شیب متفاوت بود. مطالعه همبستگی بین پارامترهای Q/I و ویژگی‌های خاک، بیانگر وجود همبستگی معناداری در افق سطحی بین AR^0 با کربن آلی ($r=0/74^{**}$)، CEC ($r=0/78^{**}$) و درصد رس ($r=0/62^{**}$) همچنین ΔK^0 با CEC ($r=0/80^{**}$) و درصد رس ($r=0/66^{**}$) در خاک‌ها وجود داشت. در افق تحتانی همبستگی معناداری بین PBC^K با CEC ($r=0/56^{*}$) و درصد رس ($r=0/70^{**}$) و نیز همبستگی معنادار بین ΔK^0 با پتاسیم تبادلی ($r=0/83^{**}$) و ماده آلی ($r=0/89^{**}$) در خاک‌ها بود. نتایج این پژوهش نشان داد که توپوگرافی با تغییر ویژگی‌های خاک به‌ویژه درصد رس، کربن آلی و CEC می‌تواند بر پارامترهای کمیت- شدت پتاسیم تأثیر گذارد.

منابع

1. Abaslou, H., and Abtahi, A. 2008. Potassium Quantity-Intensity parameters and its correlation with selected soils properties in some soils of Iran. J. Appl. Sci. 8: 10. 1875-1882.
2. Abtahi, A. 1980. Soil genesis as affected by topography and time in highly calcareous parent materials under semiarid condition in Iran. Soil Sci. Soc. Amer. J. 44: 329-336.
3. Al-Kanani, T., Bartakar, N.N., and Hussien, A.J. 1991. Evaluation of potassium quantity-intensity relationships in calcareous soils. Soil Sci. 151: 167-173.
4. Al-Kanani, T., Mackenzi, A.F., and Ross, G.J. 1984. Potassium status of some Quebec soils: K release by nitric acid and sodium tetraphenylboron as related to particle size and mineralogy. Soil Sci. Soc. Amer. J. 64: 99-106.
5. Amoakwah, E., and Frimpong, K.A. 2013. Relationships between potassium forms and selected physico-chemical properties of some Ghanaian soils along a toposequence. J. Appl. Sci. 8: 525-533.
6. Bahmani, M., Arefi, I.H., and Pour, A.P. 2013. Comparison of potassium quantity- intensity parameters of vertisols in two regions of arid and semi-arid in Iran. Int. J. Agric. Res. Rev. 3: 329-338. (In Persian)
7. Barber, S.A. 1984. Soil Nutrient Bioavailability: A Mechanistic Approach. John Willey & Sons, New York, 397p.
8. Becket, P.H.T. 1964b. Studies on soil potassium. II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the Soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 15: 9-23.
9. Beckett, P.H.T. 1964a. Studies on soil potassium. I. Confirmation of the ratio law: Measurement of potassium potential. Soil Sci. Soc. Amer. J. 15: 1-8.
10. Beckett, P.H.T., and Nafady, M.H. 1967. Potassium-calcium exchange equilibria in soils: The location of non-specific (Gapon) and specific exchange sites. J. Soil Sci. 18: 244-262.
11. Benton Jones, J.Jr. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Boca Raton Landon New York Washington, D.C. CRC Press, Pp: 33-160.
12. Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. J. 54: 464-465.
13. Bybordi, M. 1981. Soil, Genesis and classification. Tehran University Press, 680p. (In Persian)
14. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. P 891-901, In: C.A. Black et al. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part II, Chemical and microbiological properties. ASA and SSSA, Madison, WI. USA.

www.SID.ir

Archive of SID

15.Evangelou, V.P., and Blevins, R.L. 1985. Soil solution phase interactions of basic cations in long term tillage systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 357-362.
16.Evangelou, V.P., and Karathanasis, A.D. 1986. Evaluation of potassium quantity-intensity relationships by a computer model employing the Gapon equation. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50: 58-62.
17.Evangelou, V.P., Wang, J., and Philips, R.E. 1994. New developments and perspectives on soil potassium quantity/intensity relationships. Adv. Agron. 52: 173-227.
18.Gawander, J.S., Gangaiya, P., and Morrison, R.J. 2002. Potassium studies on some sugarcane growing soils in Fiji. Soil Sci. Soc. Amer. J. 20: 15-21.
19.Hosseinpour, A.R., and Kalbasi, M. 2000. Potassium quantity-intensity ratio and the correlation of its parameters with soil properties in some Iranian soils. J. Sci. Technol. Agric. Nat. Res. 4: 42-56. (In Persian)
20.Islam, A., Karim, A.J.M.S., Solaiman, A.R.M., Islam, Md. Sh., and Saleque, Md. A. 2017. Eight-year long potassium fertilization effects on quantity/intensity relationship of soil potassium under double rice cropping. Soil Till. Res. 169: 99-117.
21.Jalali, M. 2007. A study of the quantity/intensity relationships of potassium in some calcareous soils of Iran. Arid Land Res. Manage. 21: 133-141.
22.Jiang, P., and Thelen, K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a north-central corn-soybean cropping system. Agron. J. 96: 252-258.
23.Jimenez, C., and Parra, M.A. 1991. Potassium quantity-intensity relationships in calcareous vertisols and Inceptisols of southern Spain. Soil Sci. Soc. Amer. J. 55: 985-989.
24.Lerox, J., and Sumner, M.E. 1968. Labile potassium in soils: I. Factors affecting the Q/I parameters. Soil Sci. 106: 35-41.
25.Lumbaranja, J., and Evangelou, V.P. 1992. Potassium quantity-intensity relationships in the presence and absence of NH^{+}_{4} for three Kentucky soils. Soil Sci. 154: 366-377.
26.Mengel, K., and Kirkby, E.A. 1980. Potassium in crop production. Adv. Agron. 33: 95-110.
27.Mengel, K., Rahmatullah, H., and Dou, H. 1998. Release of potassium from the silt and sand fraction of loss-drived soils. Soil Sci. 163: 805-813.
28.Nael, M., Khademi, H., Jalalian, A., Schulin, R., Kalbasi, M., and Sotohian, F. 2009. Effect of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz Iran. Geoderma. 152: 157-170.
29.Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., Owliaie, H.R., Hashemi, S.S., and Koohkan, H. 2011. Factors affecting potassium pools distribution in high calcareous soils of southern Iran. Arid Land Res. Manage. 25: 313-327.
30.Parfitt, R.L., Giltrap, D.J., and Whitton, J.S. 1995. Contribution of organic matter and clay minerals to the cation exchange capacity of soils. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 26: 9-10. 1343-1355.
31.Rhoades, J.D. 1996. Salinity. Electrical conductivity and total dissolved solids. P 417-435, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. (Ed). SSSA. Madison WI.
32.Rich, C.I. 1964. Effect of cation size and pH on potassium exchange in Nason soil. Soil Sci. 98: 100-106.
33.Samadi, A. 2006. Potassium exchange isotherms as a plant availability index in selected calcareous soils of Western Azarbaijan province, Iran. Turk. J. Agric. For. 30: 213-222.
34.Schindler, F.V., Woodard, H.J., and Doolittle, J.J. 2005. Assessment of soil potassium sufficiently as related to quantity - intensity in montmorillonitic soils. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 36: 2255-2270.
35.Sharma, B.D., Mukhopadhay, 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: 4. 469-476.
36.Sharma, V., Sharma, S., Arora S., and Kumar, A. 2012. Quantity–Intensity Relationships of Potassium in Soils under Some Guava Orchards on Marginal Lands. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 43: 11: 1550-1562.

www.SID.ir

Archive of SID

37.Shaviv, A., Mohsin, M., Pratt, P.F., and Mattigod, S.V. 1985. Potassium fixation characteristics of five Southern California soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 49: 1105-1109.
38.Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. P 201-276, In: R. Munson (Ed.), Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI. USA.
39.Sparks, D.L., and Liebhardt, W.C. 1981. Effect of long-term lime and potassium applications on quantity-intensity (Q/I) relationships in sandy soil. Soil Sci. Soc. Amer. J. 45: 786-790.
40.Strawn, D.G., Bohn, H.L., and O'Connor, G.A. 2015. Soil Chemistry. Wiley-Blackwell, 392p.
41.Subba Rao, A., Brar, M.S., and Sekhon, G.S. 1991. Quantity intensity relations and electro-ultrafiltration as measures of potassium availability in textural classes of tropical soils. J. Ind. Soc. Soil Sci. 39: 2. 266-270.
42.Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. P 475-483, In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soil Analysis, Chemical Methods. SSSA. Madison, Wisconsin.
43.Walkely, A. 1947. A critical examination of a rapid determining soil organic carbon in soils. Effect of variations indigestion conditions and inorganic soil constituent. Soil Sci. Soc. Amer. J. 63: 251-263.
44.Wang, J.J., and Scott, A.D. 2001. Effect of experimental relevance on potassium Q/I relationships and its implications for surface and subsurface soils. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 32: 2561-2575.
45.Wang, J.J., Harrell, D.L., and Bell, P.F. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Amer. J. 68: 654-661.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(3), 2017
http://jwsc.gau.ac.ir

Determination of K quantity- intensity parameters in a toposequence

S.M. Hashemimofrad[1], A.R. Hosseinpur[2] and *H.R. Motaghian[3]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, Shahrekord University,
[2]Professor, Dept. of Soil Science, Shahrekord University,
[3]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Shahrekord University
Received: 09/30/2016; Accepted: 09/06/2017

Abstract

Background and Objectives: Spatial variability of soil properties is related to environmental factors such as climate, slope position, topography, slope gradient, elevation, parent material and vegetation. Topography variability and soil formation cause the significant differences in soil characteristics in a hillslope. Topography affects the amount of nutrients, including potassium (K) in the soil. Therefore, knowledge of variability in soil K availability to achieve better production and sustainable management is essential. The relationship of quantity-intensity (Q/I) offers a relatively full of soil K status. The present study was to evaluate the effect of topography on K quantity- intensity parameters using the six horizons in both depths on a sequence in Shahrekord plain.

Materials and Methods: Soil samples were air dried, to pass a 2 mm sieve and then, selected physical and chemical properties of soil were measured by laboratory standard methods. In these samples Q/I parameters including activity ratio at equilibrium (AR^0), labile K (ΔK^0), potential buffering capacity (PBC^K) and hardly exchangeable K (Kx) also K forms were determined.

Results: The results showed that the effect of topography on K quantity- intensity parameters in both depths was significant ($P<0.05$). The K activity ratio in the surface soils ranged from 0.012-0.057 (mmol $L^{-1})^{0.5}$. The labile K surface soil ranged from 1.46-0.34 (mmol kg^{-1}). K potential buffering capacity was 36.79-22.54 (mmol kg^{-1}) / (mmol $L^{-1})^{0.5}$ in the surface horizons. The hardly exchangeable K (Kx) varied in soils surface 2.39-0.10 (mmol kg^{-1}). In soils located on the lower slope, the amount ΔK^0 (0.90-1.46 mmol kg^{-1}) and AR^0 (0.035-0.055 mmol $L^{-1})^{0.5}$ higher than the soil located at upper slope (ΔK^0 in the range of 0.34-0.53 (mmol kg^{-1}) and AR^0 with a range of 0.011-0.014 mmol $L^{-1})^{0.5}$, respectively. But PBC^K and AR^0 have different values at different slopes. Study the correlation between Q/I parameters and soil properties suggested that correlation was observed between AR^0 with organic carbon in surface layers (r=0.74**), CEC (r=0.78**) and clay (r=0.62**). Correlation between ΔK^0 and CEC (r=0.80**) and clay (r=0.66**) was also significant. In subsoil horizon significant correlation was found between PBC^K with CEC (r=0.56*) and clay (r=0.70**); between ΔK^0 with exchangeable K (r=0.83**) and organic carbon (r=0.89**).

Conclusion: The results showed that topography caused changes in the soil properties, especially clay, organic carbon and CEC, therefore, can affect the quantity-intensity potassium.

Keywords: Potassium forms, Quantity-intensity parameters, Topography

* Corresponding Author; Email: motaghian.h@yahoo.com

www.SID.ir