Arch

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و ششم، شماره پنجم، ۱۳۹۸
۱۳۱-۱۴۷
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.16163.3143

ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های آهکی جنوب‌شرقی ایران

اصغر ایرندگانی[۱]، *محمد رحمانیان[۲] و حمیدرضا اولیایی[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج، [۲]استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج،
[۳]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۱

چکیده

سابقه و هدف: پتاسیم در شکل‌های مختلف در خاک وجود دارد. رفتار پتاسیم قابل‌استفاده در خاک، به‌دلیل تعامل آن با ویژگی‌های ذاتی خاک، دشوار است. اگرچه بیش‌تر خاک‌ها حاوی مقادیر زیادی پتاسیم هستند، اما اغلب خاک‌ها قادر به تامین مقادیر مناسب آن برای تغذیه گیاهان نیستند تا واکنش‌های تعادلی که بین شکل‌های مختلف پتاسیم رخ می‌دهد تأثیر عمیقی بر تغذیه پتاسیم داشته باشند. این پژوهش با هدف بررسی ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم (محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی) با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مناطق مرکبات‌کاری شهرستان‌های ایرانشهر و خاش در استان سیستان و بلوچستان انجام شد.

مواد و روش‌ها: ابتدا بر اساس مطالعات قبلی، ۳۰ نمونه از خاک‌های شهرستان‌های ایرانشهر و خاش با ویژگی‌های متفاوت مشخص گردید. سپس از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک‌ها نمونه‌برداری انجام شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و شکل‌های مختلف پتاسیم (محلول، تبادلی، غیرتبادلی و ساختمانی) به همراه پتاسیم کل اندازه‌گیری و ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم با یکدیگر و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی شد.

یافته‌ها: خاک‌های مورد مطالعه دارای بافت سبک، غیرشور و آهکی بودند. مقادیر کربن آلی در خاک‌ها در دامنه ۰/٦ تا ۱/٦ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی در دامنه ۷/۱ تا ۱۰/۵ سانتی‌مول بار در کیلوگرم و pH در دامنه ۷/۰ تا ۷/٤ متغیر بودند. مقادیر شکل‌های مختلف پتاسیم در شهرستان ایرانشهر، پتاسیم محلول از ۱/٤ تا ۲۰/٤، تبادلی از ۱۲۲ تا ۳۱۵، غیرتبادلی از ۱۷۷ تا ۳۸۸، ساختمانی از ۵۷۰۹ تا ۱۳۹۸۷ و کل از ۸٤۲۰ تا ۱٤۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متغیر بود. در شهرستان خاش مقادیر پتاسیم محلول از ۵/۷ تا ۱٤/۳، تبادلی از ۱۲۹ تا ۲۷۳، غیرتبادلی از ۲۹۳ تا ٤۳۹، ساختمانی از ۵٤۱۲ تا ۱٤۰۸۵ و پتاسیم کل از ۹۸۹۲ تا ۱۳۸۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم قرار داشت. آزمون همبستگی نشان داد پتاسیم محلول با شن همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۵*) و با سیلت همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۵*) داشت. بین پتاسیم تبادلی با کربن آلی همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۷*)، با رس همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۵*) و

* مسئول مکاتبه: m.rahmanian@yu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

با ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۷*) به‌دست آمد. بین پتاسیم غیرتبادلی با کربنات کلسیم معادل همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۸*) بدست آمد. بین شکل‌های مختلف پتاسیم همبستگی مثبت و معنادار وجود داشت که نشان‌دهنده برقرای تعادل سریع بین این شکل‌های پتاسیم است.

نتیجه‌گیری: مقدار پتاسیم قابل‌دسترس گیاه (پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی) در مناطق مرکبات‌کاری در استان سیستان و بلوچستان در شهرستان‌های ایرانشهر و خاش خوب بوده در نتیجه نیاز به کود پتاسیم در این دو منطقه نیست.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، استان سیستان و بلوچستان، شکل‌های پتاسیم، مرکبات، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

مقدمه

پتاسیم یک عنصر ضروری و مهم برای رشد گیاهان و تولید محصولات کشاورزی است (۵ و ۵۰). پتاسیم از نظر فراوانی هفتمین عنصر و به‌عنوان عنصر غذایی چهارمین عنصر شیمیایی در لیتوسفر می‌باشد (۲٤). پتاسیم خاک براساس قابل‌جذب بودن برای گیاه به ٤ گروه پتاسیم محلول، پتاسیم تبادلی، پتاسیم غیرتبادلی و پتاسیم ساختمانی تقسیم می‌شوند. پتاسیم محلول به‌طور مستقیم برای گیاه و ریز جانداران قابل‌جذب است، هم‌چنین، پتانسیل بالقوه‌ای برای آبشویی دارد. پتاسیم تبادلی توسط پیوندهای الکترواستاتیکی به سطح کانی‌های خاک متصل می‌شوند (۷). این دو شکل از پتاسیم به‌عنوان پتاسیم به آسانی قابل‌جذب برای گیاه بیان می‌شوند، با این‌حال مقدار آن در خاک نسبتاً کم می‌باشد (۱۲ و ٤۱). توزیع پتاسیم تبادلی در سطح رس‌ها بستگی به نوع و مقدار کاتیون‌های همراه، ویژگی‌های کاتیون‌های تبادلی و غلظت آنیون‌ها دارد (٤۱). پتاسیم قابل‌تبادل که با جایگزینی آمونیوم از استات آمونیوم تعیین می‌شود، توسط بارهای منفی ذرات رس و مواد آلی نگه‌داری می‌شوند و به سهولت برای گیاه قابل‌جذب است (۱۰). هر چند شکل‌های غیرتبادلی پتاسیم به سرعت در دسترس گیاه قرار نمی‌گیرد اما با برداشت محصول مشاهده شد که مقدار این شکل در خاک کاهش یافت (٤٤). پتاسیم ساختمانی بخش عمده پتاسیم را شامل می‌شود به‌طوری‌که در حدود ۹۸ درصد پتاسیم کل خاک را شامل می‌شود، مقدار پتاسیم در خاک وابسته به ترکیب سنگ مادر و مرحله تکامل خاک است (٤۲).

به‌دلیل وجود تفاوت‌های زیاد در مواد مادری خاک‌ها و تأثیر هوادیدگی بر این مواد، مقدار فراهمی پتاسیم خاک‌ها متفاوت است (۲۳). مقدار پتاسیم خاک بستگی به مواد مادری، درجه هوادیدگی، پتاسیم موجود در کودهای حیوانی و شیمیایی و هدررفت آن به‌دلیل جذب توسط گیاهان، فرسایش و آبشویی دارد (۳). عوامل مختلفی بر شکل‌های مختلف پتاسیم اثر می‌گذارند. از جمله این عوامل می‌توان به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل توزیع اندازه‌ای ذرات، قابلیت هدایت الکتریکی، کربنات کلسیم معادل و ظرفیت تبادل کاتیونی و غیره اشاره کرد (۲٦ و ٤۵). مقدار پتاسیم با بافت خاک ارتباط دارد و در خاک‌هایی با بافت یکسان مقدار پتاسیم به جنس سنگ مادری و نوع کانی‌های آن وابسته است (۲٦). مقدار پتاسیم در خاک‌های رسی بیش‌تر از خاک‌های

www.SID.ir

Archive of SID

شنی است که ناشی از ظرفیت تبادلی بالای خاک و تثبیت بیش‌تر پتاسیم در کانی‌های رسی است. این امر سبب نگه‌داری پتاسیم به شکل‌های قابل‌تبادل و غیرقابل‌تبادل می‌شود (۲۷). شارما و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند تمام شکل‌های مختلف پتاسیم با درصد رس و سیلت نسبت مستقیم و با درصد شن نسبت عکس دارد. علت همبستگی منفی شکل‌های پتاسیم با آهک و شن به این دلیل است که رس جایگاه اصلی نگه‌داری پتاسیم بوده و با افزایش شن مقدار آن کاهش می‌یابد. خاک‌های غنی از رس معمولاً از نظر پتاسیم غنی هستند. بافت خاک عامل مهمی در تعیین آبشویی پتاسیم زیر ناحیه ریشه است، بنابراین، خاک‌های ریزبافت در مقایسه با خاک‌های درشت‌بافت برای ایجاد نسبت فعالیت پتاسیم و عملکرد مشابه نیازمند مقادیر پتاسیم تبادلی بیش‌تر می‌باشند (۳٦). وانگ و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات مواد آلی خاک بر روی جذب پتاسیم توسط اجزاء خاک پرداختند. نتایج نشان داد که حذف ماده آلی باعث کاهش شدید جذب پتاسیم توسط اجزاء خاک شد. به‌علاوه حذف ماده آلی خاک باعث شد که سرعت جذب پتاسیم توسط خاک نیز کاهش یابد (٤٨). ظرفیت تبادل کاتیونی تا حدی زیاد به بافت خاک و نوع کانی‌های رس موجود در خاک بستگی دارد. نسبتی از کمپلکس تبادلی که با پتاسیم اشباع شده است به‌عنوان یکی از شاخص‌های ارزیابی قابلیت جذب پتاسیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای خاک‌های با ظرفیت تبادل کاتیونی کم تا متوسط، مقدار اشباع پتاسیم تبادلی که وضعیت تغذیه‌ای مناسبی از پتاسیم را نشان می‌دهد ۳ تا ٤ درصد برآورد شده است و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک مقادیر مناسب اشباع پتاسیم با سرعت کم‌تری افزایش می‌یابد (۳۲).

خاک‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک معمولاً دارای مقادیر زیادی پتاسیم به شکل‌های تبادلی و غیرتبادلی هستند. در سال‌های اخیر نشانه‌ای از کمبود پتاسیم و پاسخ گیاهی به کاربرد کود پتاسیم در این نواحی مشاهده شده است که این علت افزایش سیستم‌های کشت آبی و استفاده فشرده از اراضی و عدم توازن در کاربرد کودهای مختلف می‌باشد. از آن‌جایی‌که روابط بین شکل‌های مختلف پتاسیم با برخی ویژگی‌های خاک در پیش‌بینی وضعیت حاصلخیزی پتاسیم خاک‌ها و چرخه پتاسیم در خاک و در نتیجه مدیریت این عنصر در خاک دارای اهمیت می‌باشد، بنابراین، هدف از این مطالعه اندازه‌گیری پتاسیم در خاک و ارتباط شکل‌های مختلف پتاسیم با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در خاک‌های مناطق جنوب شرقی ایران در استان سیستان و بلوچستان در شهرستان‌های ایرانشهر و خاش بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و روش نمونه‌برداری: از مناطق مورد مطالعه در شمال و جنوب مرکزی استان سیستان و بلوچستان در شهرستان‌های ایرانشهر و خاش نمونه‌برداری انجام شد. شهرستان ایرانشهر در قسمت مرکزی استان سیستان و بلوچستان، بین طول‌های ′٤ °٦٠ تا ′٤١ °٦٠ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′١١ °٢٧ تا ′٥٣ °٢٨ شمالی و با ارتفاع ٥١٩ متر از سطح دریا و شهرستان خاش در دامنه جنوبی قله تفتان بین طول‌های ′٥ °٦٠ تا ′٤٥ °٦٠ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′٥٠ °٢٧ تا ′٤٥ °٢٨ شمالی و با ارتفاع ١٤١٠ متر از سطح دریا واقع شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: در مجموعه تعداد ۳۰ نمونه خاک (۱۰ نمونه از ۱۰ باغ لیمو، ۱۰ نمونه از ۱۰ باغ پرتقال و ۱۰ نمونه از ۱۰ باغ لیمو عمانی) از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از مناطق موردمطالعه تهیه شد. همه نمونه‌ها به‌منظور انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی هوا خشک گردید و سپس بعد از کوبیده شدن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. هدایت الکتریکی خاک، پ‌هاش (pH) و درصد اشباع در عصاره اشباع (۳۳)، بافت خاک به روش هیدرومتر (۱۷)، کربنات کلسیم معادل (CCE) به روش تیتراسیون (۳۳)، کربن آلی خاک به روش اکسایش‌تر (۲۸) و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) با استفاده از استات آمونیوم یک مولار در pH=۸/۲ اندازه‌گیری شد (۱۰).

اندازه‌گیری شکل‌های مختلف پتاسیم: پتاسیم محلول خاک در عصاره اشباع، پتاسیم تبادلی به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم نرمال در pH=۷، پتاسیم غیرتبادلی به روش عصاره‌گیری با اسید نیتریک مولار جوشان و پتاسیم کل نیز به‌وسیله هضم نمونه مخلوطی از اسیدهای هیپوکلریک، نیتریک و فلوریدیک تعیین شدند (۲۰ و ۲۲). پتاسیم ساختمانی نیز با کم کردن پتاسیم کل از عصاره‌گیری شده با اسید نیتریک جوشان به‌دست آمد. پتاسیم موجود در عصاره‌ها با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شدند. ضریب همبستگی بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با شکل‌های مختلف پتاسیم با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS در سطح احتمال ۵ درصد تعیین شدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: جدول‌های (۱ و ۲) ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان‌های ایرانشهر و خاش در استان سیستان و بلوچستان را نشان می‌دهد. خاک‌های مورد مطالعه از مواد مادری آهکی و آهکی کچی نشأت گرفته‌اند. کاربری همه خاک‌ها باغ میوه مرکبات بود. شاید مهم‌ترین ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه کربنات کلسیم آن‌ها باشد. این خاک‌ها به‌طور عمده دارای مواد مادری آهکی بوده و درصد کربنات کلسیم در همه خاک‌ها بیش‌تر از ۱۰ درصد می‌باشد. مقادیر کربنات کلسیم در شهرستان ایرانشهر از ۱۵ تا ۳۹/۵ (میانگین ۲۸/٦ درصد) و در شهرستان خاش از ۱۰ تا ۳٦/۵ (میانگین ۱۱/۷ درصد) می‌باشد. مقدار زیاد کربنات کلسیم ممکن است به‌دلیل ماهیت مواد مادری، بارندگی کم و درجه حرارت زیاد باشد (۳۹). مقدار کم کربنات کلسیم ممکن است به‌دلیل تفاوت در مواد مادری و فرآیندهای پدوژنتیکی در تشکیل و تکامل این خاک‌ها باشد. کربنات کلسیم در مناطق جنوبی (خشک و نیمه‌خشک) کشور بیش‌تر از مناطق شمالی (مرطوب و نیمه‌مرطوب) می‌باشد. دلیل این امر بارش کم در این مناطق و شستشویی کم آهک از سطح خاک می‌باشد. با افزایش بارندگی می‌توان گفت مقدار آهک در این مناطق کم می‌شود (۲۹). مقدار کربن آلی در شهرستان ایرانشهر در دامنه ۰/٦ تا ۱/٦ درصد (میانگین ۱/۰ درصد) و در شهرستان خاش از ۱/۰ تا ۱/٤ درصد (میانگین ۱/۲ درصد) بود. مقادیر زیاد کربن آلی ممکن است به‌دلیل بقایای طبیعی گیاهی و اضافه کردن کود سبز باشد (٤۰).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه شهرستان ایرانشهر.

Table 1. Physical and chemical characteristics of the soils studied in the Iranshahr city.

	شماره خاک Soil number	عمق (Depth) cm	شن (Sand) (%)	سیلت (Silt) (%)	رس (Clay) (%)	کربن آلی (OC) (%)	کربنات‌کلسیم معادل $CaCo_3$ (%)	رطوبت اشباع SP (%)	pH	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC ($cmol_c kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)
لیمو Lemon	1	0-30	76	13	11	0.6	26.5	32.9	7.2	7.9	0.3
	2	0-30	68	17	15	1.6	35	30.7	7.3	8.1	0.3
	3	0-30	66	22	12	1.2	28	36.9	7.3	8.9	0.3
	4	0-30	56	29	15	0.7	39.5	40.5	7.3	8.1	0.2
	5	0-30	83	7	11	1.2	34	36.5	7.3	9.3	0.4
پرتقال Orange	1	0-30	62	22	16	1.2	22.5	33.3	7.2	9.1	0.4
	2	0-30	65	20	15	1.0	20	33.6	7.1	8.8	0.4
	3	0-30	71	17	11	1.0	33	32.9	7.4	9.6	0.2
	4	0-30	58	28	14	1.0	37	35.1	7.4	10.5	0.3
	5	0-30	64	24	12	1.6	15	29.7	7.1	7.7	0.3
لیمو عمانی Lemon Omani	1	0-30	56	30	15	1.2	19.5	36.5	7.0	8.8	0.4
	2	0-30	75	13	12	1.2	27.5	52.4	7.3	9.2	0.5
	3	0-30	69	20	11	1.1	20	37.5	7.2	8.5	0.3
	4	0-30	60	26	14	0.9	38.5	29.2	7.1	8.9	0.2
	5	0-30	74	14	12	1.0	25	31	7.0	8.2	0.3
	6	0-30	69	16	15	1.2	25.5	32.7	7.2	9.9	0.2
	7	0-30	70	18	13	0.7	21	30.5	7.2	7.4	0.3
	8	0-30	73	15	12	0.9	38	37.6	7.2	7.6	0.3
	9	0-30	51	32	17	1.1	36.5	38.1	7.3	7.7	0.3
	10	0-30	71	15	14	1.2	31.5	28.8	7.2	9.1	0.2
		کمینه Minimum	51	7	11	0.6	15	28.8	7.0	7.4	0.2
		بیشینه Maximum	83	32	17	1.6	39.5	52.4	7.4	10.5	0.5
		میانگین Average	66	20	14	1.0	28.6	33.3	7.2	7.3	0.3

OC: Organic carbon, SP: Saturation percent, CEC: Cation exchange capacity, EC: Electrical conductivity.

مقادیر کم کربن آلی ممکن است به‌دلیل عدم وجود بقایای گیاهی طبیعی، تجزیه ضعیف به‌دلیل بارندگی و اکسیداسیون زیاد به‌دلیل درجه حرارت زیاد تابستان و فرسایش بادی باشد. هم‌چنین، اضافه نکردن کود سبز برای مدت زمان طولانی ممکن است یکی دیگر از دلایل مقدار کم کربن آلی در این خاک‌ها باشد (۲۵). قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع نمایانگر مقدار شوری خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان ایرانشهر در دامنه ۰/۲ تا ۰/۵ دسی‌زیمنس بر متر (میانگین ۰/۳ دسی‌زیمنس بر متر) و در شهرستان خاش در دامنه ۰/۱ تا ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر (میانگین ۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر) متغیر بود. مقدار هدایت الکتریکی در خاک‌های مورد مطالعه در هر دو منطقه اختلاف زیادی نداشت که ممکن است به‌دلیل ماهیت مواد مادری این خاک‌ها، درجه حرارت زیاد، بارندگی کم و مقدار کم مواد آلی باشد (۱ و ۳٤). دامنه ظرفیت تبادل کاتیونی در شهرستان ایرانشهر از ۷/٤ تا ۱۰/۵ سانتی‌مول بار در کیلوگرم (میانگین ۷/۳

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌مول بار در کیلوگرم) و در شهرستان خاش از ۷/۰ تا ۹/٦ سانتی‌مول بار در کیلوگرم (میانگین ۸/۳ سانتی‌مول بار در کیلوگرم) می‌باشد. مقادیر زیاد ظرفیت تبادل کاتیونی را می‌توان به کودهای آلی و شیمیایی اضافه شده به خاک که باعث افزایش مقادیر مواد آلی و رس در مناطق خشک می‌شود نسبت داد (٤٦). در حالی‌که مقادیر کم ظرفیت تبادل کاتیونی می‌تواند به‌دلیل مقدار کم مواد آلی، بافت درشت، بارندگی کم و اضافه نکردن کودهای آلی و شیمیایی باشد (۱۱).

دامنه تغییرات و میانگین رس، سیلت و شن در شهرستان ایرانشهر به‌ترتیب از ۱۱ تا ۱۷ درصد و میانگین ١٤ درصد، از ۷ تا ۳۲ درصد و میانگین ۲۰ درصد و از ۵۱ تا ۸۳ درصد و میانگین ٦٦ درصد و در شهرستان خاش از ۱۰ تا ۲۱ درصد و میانگین ١٤ درصد، از ۸ تا ۲۷ درصد و میانگین ۱۹ درصد و از ۵۲ تا ۸۱ درصد و میانگین ٦٧ درصد متغیر بودند. بافت خاک در هر دو شهرستان از شنی‌لومی تا شنی بود که نشان‌دهنده غالبیت شن در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. تجزیه و تحلیل اندازه ذرات اندازه ذرات خاک نشان داد که این خاک‌ها ممکن است از مواد آبرفتی شکل گرفته باشند و در نتیجه دارای بافت درشت به‌دلیل تکامل ضعیف پروفیل خاک هستند (۲۱). همان‌طور که در (جدول‌های ۱ و ۲) مشاهده می‌شود همه خاک‌ها دارای واکنش قلیایی ضعیف هستند که به‌دلیل آهکی بودن این خاک‌ها می‌باشد. دامنه تغییرات pH در شهرستان ایرانشهر از ۷/۰ تا ۷/٤ (میانگین ۷/۲) و در شهرستان خاش ۷/۰ تا ۷/٤ (میانگین ۷/۱) می‌باشد (جدول‌های ۱ و ۲). pH نسبتاً بالای این خاک‌ها ممکن است به‌دلیل اثر متوسط تا زیاد اشباع سدیم بر هیدرولیز به‌دلیل تولید یون‌های هیدروکسیل و مقادیر زیاد کربنات و بی‌کربنات باشد (۳۷). دامنه تغییرات درصد اشباع در خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان ایرانشهر از ۲۸/۸ تا ٥٤/٤ درصد (میانگین ۳۲/۳ درصد) و در شهرستان خاش از ۲۷/٦ تا ٤۳/۲ درصد (میانگین ۳٤/۳ درصد) بود. درصد سیلت و کربن آلی در خاک‌های شهرستان خاش دارای میانگین بیش‌تر در مقایسه با خاک‌های شهرستان ایرانشهر است. هم‌چنین، میانگین درصد رطوبت اشباع در خاک‌های شهرستان خاش در مقایسه با خاک‌های شهرستان ایرانشهر بیش‌تر بود که این نتایج نشان می‌دهد درصد رطوبت اشباع در این شهرستان بیش‌تر تحت‌تأثیر درصد ماده آلی قرا دارد.

مقادیر شکل‌های مختلف پتاسیم: بررسی مقدار شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان‌های ایرانشهر و خاش در جدول‌های (۳ و ٤) نشان داده شده است. دامنه تغییرات مقدار پتاسیم محلول در شهرستان ایرانشهر از ۱/٤ تا ۲۰/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۰/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در شهرستان خاش از ۵/۷ تا ١٤/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. در شهرستان ایرانشهر پتاسیم محلول ۰/۱ تا ۰/۲ درصد (میانگین ۰/۱ درصد) و در شهرستان خاش ۰/۱ تا ۰/۲ درصد (میانگین ۰/۱ درصد) از پتاسیم کل را شامل می‌شود. پتاسیم محلول منبع اصلی تغذیه گیاه، چرخه غذایی در اکوسیستم‌ها، تشکیل آلودگی و انتقال در خاک است (۲). پتاسیم محلول به‌طور مستقیم توسط گیاه جذب می‌شود، اگرچه مقدار آن به‌طورکلی در خاک‌ها کم است. غلظت پتاسیم در خاک بر سرعت فراهمی و حرکت آن به‌سمت ریشه از طریق انتشار و جریان توده‌ای و در نتیجه جذب آن توسط گیاهان اثر می‌گذارد (۲۳). مقادیر زیاد پتاسیم محلول به‌دلیل اضافه کردن کود حیوانی و کود سبز و جذب کم‌تر آن به‌وسیله گیاه در نتیجه برداشت کم‌تر محصول است (۳۸)، در حالی‌که مقادیر کم‌تر پتاسیم محلول به‌دلیل خروجی بیش‌تر (جذب بیش‌تر توسط گیاه) آن در مقابل ورودی آن به خاک یا شستشوی آن به لایه‌های پایینی است (٤۹).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه شهرستان خاش.

Table 2. Physical and chemical properties of soils studied in the Khash city.

	شماره خاک Soil number	عمق (Depth) cm	شن (Sand) (%)	سیلت (Silt) (%)	رس (Clay) (%)	کربن آلی (OC) (%)	کربنات کلسیم معادل $CaCo_3$ (%)	رطوبت اشباع SP (%)	pH	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)
لیمو Lemon	1	0-30	61	20	19	1.2	26.3	35.8	7.1	7.9	0.7
	2	0-30	57	26	17	1.3	26.0	43.2	7.1	8.5	0.2
	3	0-30	70	15	15	1.2	24.0	35.4	7.1	8.5	0.2
	4	0-30	81	8	11	1.1	20.5	27.6	7.0	7.2	0.1
	5	0-30	70	19	11	1.1	26.4	30.2	7.1	8.1	0.2
پرتقال Orange	1	0-30	52	27	21	1.1	9.5	36.7	7.1	7.9	0.2
	2	0-30	77	12	10	1.0	36.5	32.1	7.1	9.1	0.1
	3	0-30	71	16	13	1.4	18.5	34.6	7.4	9.6	0.3
	4	0-30	70	18	11	1.1	19.5	35.3	7.2	7.0	0.2
	5	0-30	60	26	12	1.2	27.0	32.6	7.3	8.8	0.2
	کمینه Minimum		52	8	10	1.0	9.5	27.6	7.0	7.0	0.1
	بیشینه Maximum		81	27	21	1.4	36.5	43.2	7.4	9.6	0.7
	میانگین Average		67	19	14	1.2	11.7	34.3	7.1	8.3	0.2

OC: Organic carbon, SP: Saturation percent, CEC: Cation exchange capacity, EC: Electrical conductivity.

پتاسیم تبادلی در شهرستان ایرانشهر در دامنه ۱۲۲ تا ۳۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۹٤ میلی‌گرم در کیلوگرم) و در شهرستان خاش از ۱۲۹ تا ۲۷۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۹٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) متغیر بود. پتاسیم تبادلی در شهرستان ایرانشهر ۱/۲ تا ۲/۸ درصد (میانگین ۱/۷ درصد) و در شهرستان خاش ۱/۱ تا ۲/۱ درصد (میانگین ۱/٤ درصد) از پتاسیم کل در خاک‌ها را تشکیل می‌دهد. پتاسیم تبادلی نقش مهمی در رشد گیاهان دارد زیرا پتاسیم محلول و تبادلی تنها منابع پتاسیم به آسانی در دسترس گیاهان هستند. مقادیر زیاد پتاسیم تبادلی به‌دلیل وجود بافت ریز در خاک و رس حاوی کانی‌های میکا (ایلایت)، اسمکتایت و ورمی‌کولایت است. علاوه بر این، میکا غالب‌ترین کانی رسی در بخش رس درشت خاک است که ممکن است به فراهمی پتاسیم کمک کند. بنابراین، با توجه به تاریخ کاشت این منطقه افزایش ماده آلی در خاک، باعث افزایش کمپلکس‌های رس- هوموس و ماده آلی شده و احتمالاً مکان‌های تبادلی بیش‌تر برای دسترسی به پتاسیم ایجاد می‌شود (۳۵). مقادیر کم‌تر پتاسیم تبادلی را می‌توان به مقدار کم‌تر ماده آلی، بافت درشت خاک و اضافه نکردن کودهای آلی و شیمیایی پتاسیم‌دار به خاک نسبت داد (۱٤).

پتاسیم غیرتبادلی در شهرستان ایرانشهر در دامنه ۱۷۷ تا ۳۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۳۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در شهرستان خاش در دامنه ۲۹۳ تا ٤۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۳٦٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشت. در شهرستان ایرانشهر پتاسیم غیرتبادلی ۱/٤ تا ۳/۸ درصد (میانگین ۲/۹ درصد) و در شهرستان خاش ۱/۲ تا ۳/٦ درصد (میانگین ۲/۸ درصد) از پتاسیم کل خاک را شامل می‌شود. پتاسیم غیرتبادلی که با اسید نیتریک استخراج می‌شود یکی از اجزاء مهم پتاسیم کل در خاک است. پتاسیم غیرتبادلی در ساختارهای کریستالی ذرات معدنی خاک وجود ندارد. این شکل از پتاسیم در بین لایه‌های تتراهدرال میکاهای دی‌اکتاهدرال و تری‌اکتاهدرال و ورمی‌کولایت وجود دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان ایرانشهر.

Table 3. Distribution of potassium-shaped forms in studied soils in the Iranshahr city.

شکل‌های پتاسیم Potassium forms (%)					شکل‌های پتاسیم Potassium forms (mg kg^{-1})						
ساختمانی Structural	غیرتبادلی Non-exch	تبادلی Exch	محلول Solut	کل Total	ساختمانی Structural	غیرتبادلی Non-exch	تبادلی Exch	محلول Solut	عمق (Depth) cm	شماره خاک Soil number	
95.8	3.8	1.2	0.0	9958	9540	387	137	15.5	0-30	1	
95.0	2.8	2.0	0.2	10861	10552	309	220	20.4	0-30	2	
97.1	1.4	1.4	0.1	9245	9707	286	130	6.8	0-30	3	لیمو Lemon
95.8	2.9	1.3	0.0	9999	8995	177	122	1.4	0-30	4	
96.1	2.5	1.2	0.0	12871	12537	334	157	4.8	0-30	5	
94.7	3.3	1.9	0.1	11292	5709	380	215	10.5	0-30	1	
94.7	3.1	2.5	0.1	12189	11801	388	315	6.9	0-30	2	
95.1	2.9	1.9	0.1	12225	11751	362	238	6.2	0-30	3	پرتقال Orange
93.9	3.2	2.8	0.1	10646	11626	347	301	6.7	0-30	4	
96.5	2.0	1.5	0.0	11902	12441	246	187	4.2	0-30	5	
95.6	2.9	1.4	0.1	10933	10608	324	155	5.7	0-30	1	
95.9	2.7	1.2	0.1	11507	11193	313	141	15.1	0-30	2	
96.3	1.7	2.0	0.1	9999	9821	292	194	7.5	0-30	3	
95.4	3.1	1.4	0.1	11112	10767	345	165	6.6	0-30	4	
96.7	3.0	1.3	0.1	10933	10600	332	150	9.5	0-30	5	
93.7	3.5	2.7	0.1	8420	8118	301	232	4.0	0-30	6	لیموعمانی Lemon Omani
95.1	2.8	2.0	0.0	10358	10060	298	208	16.7	0-30	7	
95.5	2.5	1.9	0.1	11902	11575	306	228	9.9	0-30	8	
95.5	2.7	1.7	0.0	10538	10251	286	186	4	0-30	9	
96.6	2.0	1.3	0.1	14200	13987	293	198	14.2	0-30	10	
93.7	1.4	1.2	0.1	8420	5709	177	122	1.4	کمینه Minimum		
96.7	3.8	2.8	0.2	14200	13987	388	315	20.4	بیشینه Maximum		
95.2	2.9	1.7	0.1	11054	10582	315	194	10.9	میانگین Average		

Solut: Solution, Exch: Exchangeable, Non-exch: Non-exchangeable.

مقادیر زیاد پتاسیم غیرتبادلی می‌تواند به‌دلیل مقدار زیاد کانی رسی ایلایت، حذف کم‌تر این شکل از پتاسیم توسط جذب گیاه از طریق سیستم کشت و وجود مقادیر زیاد رس و ماده آلی باشد (۹). مقادیر کم‌تر پتاسیم غیرتبادلی می‌تواند به‌دلیل جذب توسط گیاه، pH خاک، غلبه کانی‌های ۲:۲ بر میکا، آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی برای تامین و جبران پتاسیم محلول و تبادلی جذب‌شده توسط گیاه و آبشویی شده باشد. خاک‌های رسی دارای مقادیر بیش‌تری از این شکل پتاسیم نسبت به خاک‌های شنی آهکی هستند (۸). گزارش شده که بیش‌تر خاک‌های تشکیل شده بر رسوبات آبرفتی و رسوبات فرسایشی دارای مقداری میکای هوادیده حاوی مقادیر زیادی پتاسیم غیرتبادلی هستند (٦).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- توزیع شکل‌های مختلف پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان خاش.

Table 4. Distribution of potassium-shaped forms in the soils studied in the Khash city.

شکل‌های پتاسیم Potassium forms (%)					شکل‌های پتاسیم Potassium forms ($mg\ kg^{-1}$)						
ساختمانی Structural	غیرتبادلی Non-exch	تبادلی Exch	محلول Solut	کل Total	ساختمانی Structural	غیرتبادلی Non-exch	تبادلی Exch	محلول Solut	عمق (Depth) cm	شماره خاک Soil number	
95.4	2.9	1.8	0.1	10035	9735	300	182	14.3	0-30	1	لیمو Lemon
95.2	3.1	1.5	0.1	9892	9585	307	152	12.0	0-30	2	
96.7	1.2	1.2	0.1	13123	12814	306	161	12.6	0-30	3	
96.1	2.8	1.1	0.1	11938	11600	343	129	5.7	0-30	4	
96.3	3.3	1.3	0.1	11399	5412	387	157	10.3	0-30	5	
94.8	3.6	1.5	0.1	13625	10686	502	216	6.3	0-30	1	پرتقال Orange
96.7	2.1	1.0	0.1	13805	12441	293	141	13.1	0-30	2	
95.1	2.7	1.2	0.1	12871	14085	360	273	10.0	0-30	3	
94.4	3.4	1.2	0.1	12728	13198	439	271	10.9	0-30	4	
94.6	3.2	2.1	0.1	12117	12288	398	259	6.4	0-30	5	
94.4	1.2	1.1	0.1	9892	5412	293	129	5.7	کمینه Minimum		
96.7	3.6	2.1	0.1	13850	14085	439	273	14.3	بیشینه Maximum		
95.5	2.8	1.4	0.1	13440	11184	364	194	10.1	میانگین Average		

Solut: Solution, Exch: Exchangeable, Non-exch: Non-exchangeable.

مقادیر پتاسیم ساختمانی در شهرستان ایرانشهر از ٥٧٠٩ تا ١٣٩٨٧ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ١٠٥٨٢ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در شهرستان خاش از ٥٤١٢ تا ١٤٠٨٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ١١١٨٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشت. در شهرستان ایرانشهر پتاسیم ساختمانی ٩٣/٧ تا ٩٦/٧ درصد (میانگین ٩٥/٢ درصد) و در شهرستان خاش ٩٤/٤ تا ٩٦/٧ درصد (میانگین ٩٥/٥ درصد) از پتاسیم خاک را تشکیل داد. این شکل از پتاسیم به‌عنوان شکل به سختی قابل‌جذب برای گیاه در نظر گرفته شده و نشان‌دهنده بزرگ‌ترین شکل پتاسیم در خاک است. مقادیر زیاد پتاسیم ساختمانی نشان می‌دهد که این خاک‌ها از مواد مادری غنی از میکا تشکیل و تکامل یافته‌اند (١٦). مقادیر کم‌تر پتاسیم ساختمانی به‌دلیل بافت درشت خاک، استفاده کم‌تر کودهای آلی و شیمیایی و سیستم کاشت و برداشت فشرده در خاک است (٣٨).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- ضریب همبستگی (r) بین شکل‌های مختلف پتاسیم با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان ایرانشهر.

Table 5. Correlation coefficient (r) between different forms of potassium with physical and chemical properties of soils studied in the Iranshahr city.

	پتاسیم ساختمانی	پتاسیم کل	پتاسیم محلول	پتاسیم غیرتبادلی	پتاسیم تبادلی	هدایت الکتریکی	ظرفیت تبادل کاتیونی	اسیدیته	رطوبت اشباع	کربنات کلسیم معادل	مواد آلی	شن	سیلت	رس
	$K_{Structural}$	K_{total}	K_{So}	K_{N-exch}	K_{exch}	EC	CEC	pH	SP	$CaCo_3$	OM	Sand	Silt	Clay
رس (Clay)	-0.4^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.5^{*}	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.2^{ns}	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.7^{**}	0.6^{**}	1
سیلت (Silt)	-0.2^{ns}	-0.3^{ns}	-0.5^{*}	-0.3^{ns}	0.1^{ns}	-0.2^{ns}	0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.9^{**}	1	
شن (Sand)	0.3^{ns}	0.3^{ns}	0.4^{*}	0.3^{ns}	-0.1^{ns}	0.2^{ns}	0.1^{ns}	0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	1		
مواد آلی (OM)	0.2^{ns}	0.2^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.7^{*}	0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.2^{ns}	1			
کربنات کلسیم معادل ($CaCo_3$)	0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	-0.5^{**}	0.1^{ns}	0.5^{**}	0.1^{ns}	1				
رطوبت اشباع (SP)	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.2^{ns}	-0.3^{ns}	0.5^{**}	0.1^{ns}	0.3^{ns}	1					
اسیدیته (pH)	-0.1^{ns}	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.2^{ns}	-0.1^{ns}	-0.2^{ns}	0.2^{ns}	1						
ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)	0.1^{ns}	0.1^{ns}	-0.2^{ns}	0.4^{ns}	0.3^{ns}	-0.1^{ns}	1							
هدایت الکتریکی (EC)	-0.1^{ns}	0.1^{ns}	0.2^{ns}	0.3^{ns}	-0.2^{ns}	1								
پتاسیم تبادلی (K_{exch})	0.1^{ns}	0.2^{ns}	0.1^{ns}	0.7^{*}	1									
پتاسیم غیرتبادلی (K_{N-exch})	-0.1^{ns}	0.6^{*}	0.3^{ns}	1										
پتاسیم محلول (K_{So})	0.1^{ns}	0.1^{ns}	1											
پتاسیم کل (K_{total})	0.7^{**}	1												
پتاسیم ساختمانی ($K_{Structural}$)	1													

^{ns} معنادار نیست و * و ** به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد آماری معنادار است.

^{ns} Not significant, *, ** Significant at the 0.05, 0.01 probability level, K_{So}: $K_{Sclution}$, K_{exch}: $K_{exchangeable}$, K_{N-exch}: $K_{Non-exchangeable}$, OM: Organic matter, SP: Saturation percent, CEC: Cation exchangabeale capacity, EC: Electrical conductivity.

www.SID.ir

جدول ٦- ضریب همبستگی (r) بین شکل‌های مختلف پتاسیم با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه در شهرستان خاش.

Table 6. Correlation coefficient (r) between different forms of potassium with physical and chemical properties of soils studied in the Khash city.

	پتاسیم ساختمانی	پتاسیم کل	پتاسیم محلول	پتاسیم غیرتبادلی	پتاسیم تبادلی	هدایت الکتریکی	ظرفیت تبادل کاتیونی	اسیدیته	رطوبت اشباع	کربنات کلسیم معادل	مواد آلی	شن	سیلت	رس
	$K_{Structural}$	K_{total}	K_{So}	K_{N-exch}	K_{exch}	EC	CEC	pH	SP	$CaCo_3$	OM	Sand	Silt	Clay
رس (Clay)	-0.2 ns	-0.2 ns	0.1 ns	0.2 ns	0.1 ns	0.5 ns	-0.1 ns	-0.4 ns	0.6*	-0.5 ns	0.3 ns	-0.8**	0.7*	1
سیلت (Silt)	-0.3 ns	-0.3 ns	0.1 ns	0.4 ns	0.3 ns	0.3 ns	0.1 ns	-0.1 ns	0.7*	-0.5 ns	0.2 ns	-0.1**	1	
شن (Sand)	0.3 ns	0.2 ns	0.1 ns	-0.4 ns	-0.3 ns	-0.4 ns	-0.1 ns	0.1 ns	-0.7*	0.5 ns	-0.2 ns	1		
مواد آلی (OM)	-0.3 ns	0.2 ns	0.2 ns	-0.2 ns	0.6*	0.2 ns	0.5 ns	0.5 ns	0.5 ns	-0.3 ns	1			
کربنات کلسیم معادل ($CaCo_3$)	-0.2 ns	-0.1 ns	0.4 ns	-0.8**	0.5 ns	-0.1 ns	0.2 ns	0.1 ns	-0.3 ns	1				
رطوبت اشباع (SP)	-0.3 ns	0.1 ns	0.4 ns	-0.1 ns	0.2 ns	0.2 ns	0.2 ns	0.1 ns	1					
اسیدیته (pH)	-0.1 ns	0.3 ns	0.1 ns	-0.1 ns	0.6*	0.1 ns	0.4 ns	1						
ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)	0.2 ns	0.2 ns	0.2 ns	-0.3 ns	0.7*	-0.1 ns	1							
هدایت الکتریکی (EC)	-0.5 ns	-0.2 ns	0.4 ns	-0.1 ns	0.2 ns	1								
پتاسیم تبادلی (K_{exch})	0.2 ns	-0.5 ns	-0.2 ns	0.6*	1									
پتاسیم غیرتبادلی (K_{N-exch})	0.4 ns	-0.1 ns	-0.6*	1										
پتاسیم محلول (K_{So})	-0.3 ns	-0.1 ns	1											
پتاسیم کل (K_{total})	0.5*	1												
پتاسیم ساختمانی ($K_{Structural}$)	1													

ns معنادار نیست و * و ** به‌ترتیب در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد آماری معنادار است.

Ns: Not significant, *,**: Significant at the 0.05, 0.01 probability level, K_{So}: $K_{Solution}$, K_{exch}: $K_{exchangeable}$, K_{N-exch}: $K_{Non-exchangeable}$, OM: Organic matter, SP: Saturation percent, CEC: Cation exchangabeale capacity, EC: Electrical conductivity.

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

پتاسیم کل در شهرستان ایرانشهر در دامنه ۸٤۲۰ تا ۱٤۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۱۰٥٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و در شهرستان خاش در دامنه ۹۸۹۲ تا ۱۳۸٥۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم (میانگین ۱۳٤٤۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) قرار داشت. پتاسیم کل در خاک بستگی به وجود کانی‌های اولیه و ثانویه پتاسیم‌دار دارد. مینرالوژی رس یک فاکتور کلیدی مهم مؤثر بر پویایی پتاسیم در خاک است (۱۸). مینرالوژی رس در خاک‌های متفاوت ممکن است پاسخ متفاوتی به کاربرد کودهای پتاسیم‌دار داشته باشد (٤). مقادیر زیاد پتاسیم کل در خاک‌ها را می‌توان به بافت ریز، مینرالوزی مخلوط رس غالب و وجود کانی‌های پتاسیم‌دار در خاک نسبت داد (۳٥). مقادیر کم‌تر پتاسیم کل در خاک‌ها را می‌توان به مواد مادری سنگی و درجه هوادیدگی آن‌ها نسبت داد. اخیراً گزارش شده است که مینرالوژی رس ویژه بر ظرفیت تثبیت پتاسیم و کند و سریع آزاد شدن پتاسیم در خاک‌های مختلف اثر می‌گذارد (٤۷). قلی‌زاده و همکاران (۲۰۱٦) شکل‌های مخلف پتاسیم را در خاک‌های توتون کاری شمال کشور را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد مقادیر پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی، ساختمانی، کل به‌ترتیب از صفر تا ۳۸/۲، تبادلی از ۷ تا ٥۱۳، غیرتبادلی از ٤٤ تا ۱۹۳۳، پتاسیم ساختمانی از ٤۱۱٤ تا ۱٥٦۰۷ و پتاسیم کل از ٤۱٦٦ تا ۱٦۱٥۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بودند (۱۹). در بررسی فرشادی‌راد و همکاران (۲۰۱۱) مقادیر پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی و کل در تعدادی از خاک‌های لسی و شبه لسی استان گلستان به‌ترتیب از ۱٥ تا ۲۳، ۱۰۳ تا ٤۷٦، ٦۳۲ تا ۱۲۰۰ و ۱۲۰۰۰ تا ۱۷۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک متغیر بود (۱٥). در مطالعه صدری و همکاران (۲۰۱٥) مقادیر شکل محلول پتاسیم در خاک‌های مورد مطالعه از ۲/٤ تا ٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم، تبادلی از ۲۳۰ تا ٤۳٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم، غیرتبادلی از ۲۸۲ تا ۱۲۳٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم و کل از ۹۲۰۱ تا ۲۳۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم قرار داشتند (۳۱). دردی‌پور و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی قابلیت استفاده و شکل‌های مختلف پتاسیم خاک مناطق گرگان نشان دادند که مقدار پتاسیم محلول در خاک‌های مورد مطالعه از ۱۱/۸ تا ٤۰/۳، پتاسیم تبادلی از ٥۳/۰ تا ۲۱۹/٥، غیرتبادلی از ٦۹٥/٤ تا ۱۳۱٦/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و پتاسیم کل از ۱/۹ تا ۲/۳ درصد متغیر بوده است (۱۳).

همبستگی شکل‌های مختلف پتاسیم با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک: ضرایب همبستگی (r) بین شکل‌های مختلف پتاسیم با ویژگی‌های خاک‌های مورد مطالعه در جدول‌های ٥ و ٦ در هر دو شهرستان نشان داده شده است. در شهرستان ایرانشهر پتاسیم محلول با شن همبستگی مثبت معنادار ($r=۰/٥^{*}$) و با سیلت همبستگی منفی معنادار ($r= -۰/٥^{*}$) در سطح احتمال ٥ درصد نشان داد. در شهرستان خاش پتاسیم محلول با پتاسیم غیرتبادلی همبستگی منفی معنادار ($r= -۰/٦^{*}$) در سطح احتمال ٥ درصد نشان داد. در شهرستان ایرانشهر پتاسیم تبادلی با کربن آلی همبستگی مثبت معنادار ($r=۰/۷^{*}$) داشت که می‌تواند به‌دلیل آزاد شدن یون پتاسیم از بخش‌های در حال تجزیه ماده آلی و انتقال آن از طریق مکان‌های تبادلی باشد. بین پتاسیم تبادلی با رس همبستگی مثبت معنادار ($r=۰/٥^{*}$) وجود داشت. در شهرستان خاش پتاسیم تبادلی با کربن آلی همبستگی مثبت معنادار ($r=۰/٦^{*}$) داشت. بین پتاسیم تبادلی با ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی مثبت معنادار ($r=۰/۷^{*}$) وجود داشت. وجود همبستگی‌های مثبت و معنادار بین پتاسیم تبادلی با رس و ظرفیت تبادل کاتیونی را می‌توان به افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش جذب کاتیون‌هایی مانند پتاسیم با افزایش مقدار ماده آلی خاک نسبت داد (۳٥). هم‌چنین، همبستگی مثبت

www.SID.ir

Archive of SID

و معنادار (r=۰/٦*) بین pH و پتاسیم تبادلی به‌دست آمد. پتاسیم غیرتبادلی در شهرستان ایرانشهر با پتاسیم تبادلی همبستگی مثبت و معنادار (r=۰/۷*) و در شهرستان خاش همبستگی مثبت و معنادار (r=۰/٦*) داشت (۳۰). هم‌چنین، در شهرستان خاش بین پتاسیم غیرتبادلی با کربنات کلسیم معادل همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۸*) به‌دست آمد. پتاسیم ساختمانی در شهرستان ایرانشهر با پتاسیم کل همبستگی مثبت و معنادار (r=۰/۷**) و در شهرستان خاش همبستگی مثبت و معنادار (r=۰/۵*) داشت که نشان‌دهنده برقرای تعادل سریع بین این شکل‌های پتاسیم است (۳۰).

در شهرستان ایرانشهر رس با سیلت همبستگی معنادار (r=۰/٦**) و با شن همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۷*) در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. سیلت با شن همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۹*) در سطح احتمال ۱ درصد داشت. بین کربنات کلسیم معادل با pH همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۵**) و با هدایت الکتریکی همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۵**) در سطح احتمال ۱ درصد به‌دست آمد. رطوبت اشباع با هدایت الکتریکی همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۵**) در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد. در شهرستان خاش رس با سیلت همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۷**)، با شن همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۸**) در سطح احتمال ۱ درصد و با رطوبت اشباع همبستگی مثبت معنادار (r=۰/٦*) در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. بین سیلت با شن همبستگی منفی معنادار (r= -۰/۹**) در سطح احتمال ۱ درصد و با رطوبت اشباع همبستگی مثبت معنادار (r=۰/۷*) در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت. همبستگی بین شن با رطوبت اشباع (r= -۰/۷*) در سطح احتمال ۵ درصد منفی و معنادار بود.

خاک‌های مناطق خشک و آهکی نیازمند اطلاعات بیش‌تری در خصوص ماهیت و وضعیت پتاسیم هستند. بیش‌تر خاک‌های مورد مطالعه حاوی مقادیر کم تا متوسط پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادلی به‌دلیل هوادیدگی کم کانی‌های پتاسیم‌دار به‌ویژه کانی‌های میکایی، برداشت محصول و pH خاک بالا، غلبه کانی‌های ۲:۲ بر میکا، آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی برای تامین و جبران پتاسیم محلول و تبادلی جذب‌شده توسط گیاه و آبشویی شده می‌باشند. جذب پتاسیم در طول رشد گیاه یک فرایند پویا در مدت زمان کاهش پتاسیم در ناحیه ریشه و آزاد شدن پتاسیم غیرتبادلی به فازهای تبادلی و محلول توسط کانی‌های پتاسیم‌دار خاک می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش به‌طورکلی نشان داد که خاک‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک ایران دارای منابع غنی از پتاسیم هستند. بین شکل‌های مختلف پتاسیم رابطه تعادلی وجود دارد. به‌نظر می‌رسد در این خاک‌ها مقدار کربنات کلسیم از عوامل اصلی تعیین‌کننده مقدار شکل‌های پتاسیم می‌باشد. از طرف دیگر تأثیر مواد آلی نیز در خاک‌های آهکی نباید نادیده گرفته شود. این تأثیر با توجه به مقدار آهک و املاح محلول بر مقدار تعادل بین شکل‌های مختلف پتاسیم با توجه به شرایط عوامل خاکسازی اثرگذار می‌باشد. مقادیر شکل‌های مختلف پتاسیم محلول، تبادلی، غیرتبادلی، ساختمانی و کل در هر دو شهرستان نشان داد که دامنه تغییرات آن‌ها در خاک‌های مورد مطالعه نسبتاً زیاد بود. بیش‌ترین مقدار تغییرات در پتاسیم ساختمانی و کل مشاهده شد. دلیل آن را هم می‌توان به بافت خاک‌های شنی این مناطق و بارندگی و هوادیدگی کم نسبت داد که موجب افزایش پتاسیم ساختمانی و کل می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

1. Abu-Zahra, T.R., and Tahboub, A.B. 2008. Effect of organic matter sources on chemical properties of the soil and the yield of strawberry under organic farming conditions. World Appl. Sci. J. 5: 383-388.
2. Agbenin, J.O. 2003. Soil saturation extract composition and sulphate solubility in a tropical semiarid. Soil Sci. Soc. Amer. J. 67: 1133-1139.
3. Ajiboye, A.G., Jamiu, O.A., and Akinwande, J.O. 2015. Potassium forms and quantity intensity relationships in some wetland soils of Abeokuta, south western Nigeria. Archives of Agronomy and Soil Science. 61: 10. 1393-1400.
4. Akhtar, M.S., and Dixon, J.B. 2013. Mineralogical characteristics and potassium quantity/intensity relation in three indus river basin soils. Asia. J. Chem. 21: 3427-3442.
5. Alfaro, M.A., Jarvis, S.C., and Gregory, P.J. 2003. The effect of grassland soil managements on soil potassium availability. J. Soil Sci. Plant Nutr. 3: 2. 31-41.
6. Al-Zubaidi, A., Yanni, S., and Bashour, I. 2008. Potassium status in some Lebanese soils. Lebanese Sci. J. 9: 81-97.
7. Barre, P., Montagnier, C., Chenu, C., Abbadie, L., and Velde, B. 2008. Clay minerals as a soil potassium reservoir: observation and quantification through X-ray diffraction. Plant and Soil. 302: 213-220.
8. Bedrossian, S., and Singh, B. 2004. Potassium adsorption characteristics and potassium forms in soils of New South Wales soils in relation to early senescence in cotton. Austr. J. Soil Res. 42: 747-753.
9. Bhaskar, B.P., Vadivelu, S., Baruah, U., Bhutte, P.S., and Dutta, D.P. 2001. Distribution of potassium forms and chars and marshy soils of Brahmaputra valley, Jorhat district, Assam. Amer. J. Potato Res. 17: 1-4. 39-47.
10. Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. In: C.A. Black (ed), Methods of soil analysis, Part 2. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
11. Dan, S., Khurana, H.S., and Thind, S.S. 2004. Forms of soil potassium and their contributions to plant potassium in typic ustipsament loamy sand soil under potato. Amer. J. Potato Res. 20: 28-33.
12. Davatgar, N., Kavoosi, M., Alinia, M.H., and Peykan, M. 2005. Evaluation of potassium statue and the effect of soil physicochemical properties in paddy soils of Guilan Province. J. Water Soil Sci. 4: 71-88. (In Persian)
13. Dordipour, E., Khormali, F., and Alaeddin, M.Z. 2012. Investigating the availability and different forms of potassium in Gorgan region. Research Publication, No. 90-2-354. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
14. Dovalti, B., Samadi, A., and Oustan, Sh. 2010. Effects of long-term continuous cropping of sunflower on potassium forms in calcareous soils of western Azerbaijan Province Iran. J. Agric. Sci. 16: 71-82.
15. Farshadirad, A., Dordipour, E., Khormali, F., and Kiani, F. 2011. Potassium forms in soil and its separates in some loess and loess-like soils of Golestan providence. J. Soil Water Cons. 18: 3. 1-16. (In Persian)
16. Gangopadhyay, S.K., Sarkar, D., Sahoo, A.K., and Das, K. 2005. Forms and distribution of potassium in some soils of Ranchi plateau. J. Ind. Soc. Soil Sci. 53: 3. 413-416.
17. Gee, G.H., and Bauder, J.W. 1986. Partial size analysis. P 383-411, In: A. Klute (ed), Methods of soil analysis, Part 2: Physical properties. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. USA.
18. Ghiri, M.N., Abtahi, A., Owliaie, H., Sadat, S., and Hashemi, Koohkan, H. 2011. Factors affecting potassium pools distribution in calcareous soils of southern Iran. Arid Land Research and Management. 25: 4. 313-327.
19. Gholizadeh, A.G., Karimi, A.R., Khorasani, R., and Khormali, F. 2016. Different forms of soil potassium in tobacco cultivated areas of northern Iran. J. Soil Water Cons. 23: 4. 1-23. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

20. Helmke, P.A., and Sparks, D.L. 1996. Lithium, sodium and potassium, P 551-574, In: D.L. Sparks et al. (eds), Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. Soil Science Society of America. Wisconsin, USA.
21. Jalali, M. 2005. Release kinetics of nonexchangeable potassium in calcareous soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36: 1903-1917.
22. Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium. P 225-246, In: A.L. Page et al. (eds), Methods of Soil Analysis, Part 2, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
23. Kumar, S., Gulati, I.J., Yadav, S.R., Manisha, Moharana, P.C., Meena, R.L., Nogiya, M., and Singh, R.S. 2017. Assessing of potassium reserve and their relationship with soil properties in western plain of arid India. Inter. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 6: 9. 1-19.
24. McLean, E.O., and Watson, M.E. 1985. Soil measurements of plant available potassium. P 277-308, In: R.D. Munson (ed), Potassium in Agriculture, ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
25. Meena, M.D., and Biswas, D.R. 2014. Phosphorus and potassium transformations in soil amended with enriched compost and chemical fertilizers in a wheat-soybean cropping system. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 45: 624-652.
26. Nabiollahy, K., Khormali, F., Bazargan, K., and Ayoubi, Sh. 2006. Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. Clay Minerals. 41: 3. 739-749.
27. Najafi-Ghiri, M., Abtahi, A., and Jaberian, F. 2010. Factors affecting potassium release in calcareous soils of southern Iran. Austr. J. Soil Res. 49: 529-537.
28. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. P 961-1010, In: D.L. Sparks (ed), Methods of soil analysis. Part 3: Chemical properties. Soil Science Society of America, Madison. Wisconsin. USA.
29. Pashaie, A. 1999. Quantitative and qualitative evaluation of clay minerals of loess materials in Gorgan and Rasht region. Proceeding of 6th Iranian Soil Congress, Mashad Ferdowsi of University. Pp: 68-69.
30. Prasad, J. 2010. Forms of potassium in shallow soils of different origin and land uses in Nagpur district of Maharashtra. J. Ind. Soc. Soil Sci. 58: 3. 327-330.
31. Sadri, N., Owliaie, H.R., Adhami, E., and Najafi Ghiri, M. 2015. Investigation of different forms of potassium as a function of clay mineralogy and soil evolution in some soils of Fars Province. J. Water Soil. 30: 1. 172-185.
32. Salardini, A.A. 2003. Soil fertility. Tehran University Press, 410p.
33. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Handbook No. 60. Washington (DC): United States Department of Agriculture (USDA).
34. Sarwar, G.H., Schmeisky, M.A., Tahir, Y.I., and Sabah, N.U. 2010. Application of green compost for improvement in soil chemical properties and fertility status. J. Anim. Plant Sci. 20: 258-260.
35. Sharma, A., Jalali, V.K., Vivek, M.A., and Rai, P. 2009. Distribution of various forms of potassium in soils representing intermediate zone of Jammu region. J. Ind. Soc. Soil Sci. 57: 2. 205-207.
36. Sharma, R.R., Mukhopadhyay, S.S., and Sawhney, J.S. 2006. Distribution of potassium fractions in relation to landform in a Himalayan catena. Archives of Agronomy and Soil Science. 52: 4. 469-476.
37. Singh, J.P., Singh, S., and Singh, V. 2010. Soil potassium fractions and response of cauliflower and onion to potassium. J. Ind. Soc. Soil Sci. 58: 4. 384-387.
38. Singh, K., and Bansal, S.K. 2009. Different fractions of soil potassium, Olsen phosphorus and available sulfur status of intensively cultivated berpura soil series of India and nutrient indexing of rice crop. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 40: 1983-1994.

www.SID.ir

Archive of SID

39. Singh, R.S., Dubey, P.N., Sen, T.K., and Maji, A.K. 2006. Distribution of potassium in soils of anipur encompassing physiographic and hydrothermal variations. J. Ind. Soc. Soil Sci. 54: 2. 197-202.
40. Singh, S.K., Kumar, M., Sharma, B.K., and Tarfadar, J.C. 2007. Depletion of organic carbon, phosphorus and potassium stock under pearl millet based cropping sequence in arid environment of India. Arid Land Research and Management. 21: 119-131.
41. Sparks, D.L. 1987. Potassium dynamics in soils. Advances in Soil Science. 6: 1-63.
42. Sparks, D.L., and Huang, P.M. 1985. Physical chemistry of soil potassium. Potassium in Agriculture. 16: 238-249.
43. Srinivasarao, C.R., Singh, N., Ganeshamurthy, A.N., Singh, G., and Masood, A. 2007. Fixation and recovery of added phosphorus and potassium in different soil types of pulsegrowing regions of India. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 38: 449-460.
44. Srinivasarao, C., Subba Rao, A., and Rupa, T.R. 2000. Plant mobilization of soil reserve potassium from fifteen smectitic soils in relation to soil test potassium and mineralogy. Soil Sci. Soc. Amer. J. 165: 7. 578-586.
45. Srinivasarao, C., Swarup, A., Subba Rao, A., and Raja Gopal, V. 1999. Kinetics of nonexchangeable potassium release from a Tropaquept as influenced by long-term cropping, fertilization and manuring. Austr. J. Soil Res. 33: 317-328.
46. Srinivasarao, C.S., Kundu, B.K., Ramachandrappa, S., Reddy, R., Lal, B., Venkateswarlu, K.L.S., and Naik, R.P. 2014. Potassium release characteristics, potassium balance and finger millet (*Eleusine coracana* G.) yield sustainability in a 27- year long experiment on an Alfisol in the semiarid tropical. Plant and Soil. 374: 315-330.
47. Wakeel, A.M., and Gul, M.S. 2013. Potassium dynamics in three alluvial soils differing in clay contents. Emirates J. Food Agric. 25: 39-44.
48. Wang, H.Y., Shen, Q.H., Zhou, J.M., Wang, J., Du, C.W., and Chen, X.Q. 2011. Plants use alternative strategies to utilize nonexchangeable potassium in minerals. Plant and soil. 343: 1-2. 209-220.
49. Yaduvanshi, N.P.S., and Swarup, A. 2006. Effect of long-term fertilization and manuring on potassium balance and nonexchangeable K release in a reclaimed sodic soil. J. Ind. Soc. Soil Sci. 54: 2. 203-207.
50. Zhang, Q.C., Wang, G.H., Feng, Y.K., Qian, P., and Schoenau, J.J. 2011. Effect of potassium fertilization on soil potassium pools and rice response in an intensive cropping system in China. J. Plant Nutr. Soil Sci. 174: 73-80.

www.SID.ir

Archive of SID

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 26(5), 2020
http://jwsc.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jwsc.2019.16163.3143

Relationship between different forms of potassium with physical and chemical properties calcareous soils of southeast of Iran

A. Irandgani[1], *M. Rahmanian[2] and H.R. Owliaie[3]
[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Yasouj, [2]Assistant Prof., Dept. of Soil Science, University of Yasouj, [3]Associate Prof., Dept. of Soil Science, University of Yasouj
Received: 02.11.2019; Accepted: 07.23.2019

Abstract

Background and Objectives: Potassium occurs in soils in various forms. The behavior of potassium in soil can be difficult due to its interaction with the intrinsic properties of the soil. Although most soils contain large quantities of potassium, but most soils are not able to provide proper amounts for plant nutrition, so that the equilibrium reactions occurring between different forms of potassium have a profound effect on potassium nutrition. This research was carried out with the aim of investigating the relationship between different forms of potassium (soluble, exchangeable, non- exchangeable and construction) with physical and chemical properties of soils in citrus areas of Iranshahr and Khash towns in Sistan and Baluchestan province.

Materials and Methods: First, according to previous studies, 30 samples of soils in Iranshahr and Khash towns with different characteristics. Then samplings were taken from depths of 0 to 30 cm. Physical and chemical properties of soil and various forms of potassium (soluble, exchangeable, non- exchangeable and construction) with total potassium were measured and relationship between different forms of potassium with each other and physical and chemical properties of soil were investigated.

Results: Soils were in general light in texture, non-saline and calcareous. Organic carbon values in soils ranged from 0.6 to 1.6 percent, cation exchange capacity ranged from 7.0 to 10.5 centimoles per kilogram, and the pH ranged from 7.0 to 7.4. The amounts of different forms of potassium in the city of Iranshahr, potassium soluble ranged from 1.4 to 20.4, exchangeable from 122 to 315, non- exchangeable from 177 to 388, construction from 5709 to 13987 and a total 8420 to 14200 mg kg^{-1} soil. In Khash city, potassium soluble ranged from 5.7 to 14.3, exchangeable from 129 to 273, non- exchangeable from 293 to 493, construction from 5412 to 14085 and a total 9892 to 13850 mg kg^{-1} soil. Correlation test showed that there was a significant positive correlation between soluble potassium and sand (r=0.5*) and negative correlation with silt (r= -0.5*). There was a significant positive correlation between exchangeable potassium and organic matter (r=0.7*), significant positive correlation with clay (r=0.5*) and significant positive correlation with cation exchange capacity (r=0.7*). Between non- exchangeable potassium and calcium carbonate there was a significant negative correlation (r= -0.8*). Significant positive relationships among various fractions of soil K indicated existence of a dynamic equilibrium between different forms of K.

Conclusion: The amount of potassium available in the plant (soluble, exchangeable, non-exchangeable potassium) is good in citrus growing areas in Sistan and Balouchestan province of Iranshahr and Khash, and therefore does not require potassium fertilizers in these two regions.

Keywords: Citrus, Potassium forms, Sistan and Balouchestan province, Soil physical and chemical properties

* Corresponding Author; Email: m.rahmanian@yu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir