بررسی وضعیت پتاسیم و اثر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر آن در شالیزارهای استان گیلان

ناصر دوات‌گر، مسعود کاووسی، محمدحسن علی‌نیا و مریم پیکان[۱]

چکیده

وضعیت پتاسیم و اثر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک بر آن در شالیزارهای استان گیلان با استفاده از یک صد و نه نمونه خاک سطحی از چهار ناحیه در استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم یک مولار خنثی (K-NH_4OAc)، پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک یک مولار جوشان (K-HNO_3) و پتاسیم محلول در آب اندازه‌گیری شدند. نتایج بررسی نشان داد که توزیع فراوانی جمعیت رس و ظرفیت تبادل کاتیونی نرمال بود و توزیع فراوانی جمعیت متغیرهای سیلت، کربن‌آلی و pH غیر نرمال (با چولگی و یا کشیدگی معنی‌دار) و برای شن، K-NH_4OAc و K- HNO_3 لگاریتم نرمال بود. پتاسیم محلول تحت تأثیر اثر توام شن، pH، کربن آلی و K-NH_4OAc قرار داشت (** ۰/۷۳ = R^2_a). پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم تحت تأثیر پتاسیم محلول، پتاسیم غیرقابل تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی قرار گرفت (** ۰/۷۲= R^2_a). پتاسیم قابل‌استخراج به وسیله اسید نیتریک‌جوشان تحت تأثیر پتاسیم تبادلی و جزء سیلت خاک قرار داشت (** ۰/۵۵= R^2_a). توزیع جغرافیایی داده‌های K-NH_4OAc نشان دادکه مقدار آن در گیلان مرکزی، به ویژه در حوزه آبخیز سپیدرود، بیشتر از بقیه نواحی است. در ناحیه فومنات مقدار رس، ظرفیت تبادل کاتیونی، K-NH_4OAc و K-HNO_3 کمتر از بقیه نواحی است. بر اساس بررسی وضعیت انجام شده ۶۸/۸ درصد شالیزارهای استان از نظر پتاسیم قابل جذب در وضعیت متوسط تا خیلی کم قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم محلول، پتاسیم قابل‌استخراج به وسیله استات‌آمونیوم، پتاسیم قابل‌استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان، پارامترهای توزیع فراوانی کمیت‌های مربوط به پتاسیم، توزیع جغرافیایی کمیت‌های مربوط به پتاسیم، استان گیلان

مقدمه

وضعیت یک عنصر در یک خاک معین را نمی‌توان تنها با مقدار آن مشخص نمود، چون عناصر در اشکال و وضعیت‌های متفاوتی یافت می‌شوند و علاوه بر آن تبدیل از یک شکل به شکل دیگر و اضافه نمودن و خارج شدن آنها از خاک، تماماً سبب ایجاد نظامی پویا در خاک می‌شود.

۱. به ترتیب مربی، استادیار و کارشناسان بخش خاک و تغذیه گیاه، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

مقدار کل پتاسیم در خاک از کمتر از ۰/۱ تا بیش از ۴ درصد با حداکثر فراوانی بین ۰/۳ تا ۲ درصد متغیر است. این مقدار پتاسیم در دو شکل کلی پتاسیم ذخیره و پتاسیم فعال در خاک وجود دارند. پتاسیم ذخیره شامل پتاسیم ساختمانی کانی‌های فیلوسیلیکاته یا تثبیت شده بین لایه‌های آن، پتاسیم ساختمانی تکتوسیلیکات‌ها و پتاسیم موجود در موادآلی است. پتاسیم فعال شامل پتاسیم قابل جذب که در سطح کلوئیدها و یا در محلول درونی خاک وجود دارند و پتاسیم محلول (موجود در محلول بیرونی خاک که در خارج تأثیر میدان الکتریکی سطوح باردار کلوئیدهای خاک قرار دارند) می‌باشد (۲۹).

پتاسیم قابل جذب که به وسیله استات آمونیوم یک مولار خنثی ($K\text{-}NH_4OA_c$) از خاک استخراج می‌شود، از متداول‌ترین روش‌ها برای ارزیابی توانایی خاک در تأمین نیاز گیاه به پتاسیم در بسیاری از خاک‌هاست. در این روش مجموع پتاسیم تبادلی و محلول در آب اندازه‌گیری می‌شود. پتاسیم قابل تبادل که با جایگزینی آمونیوم از استات آمونیوم تعیین می‌شود، توسط بارهای منفی ذرات رس و مواد آلی نگه‌داری می‌شود و به سهولت برای گیاه قابل استفاده است (۱۸). این شکل از پتاسیم در نتیجه تبادل با کاتیون‌های یک نمک خنثی در زمان‌های نسبتاً کوتاه از مکان‌های تبادلی آزاد می‌شود. در خاک‌های غیرشور مقدار پتاسیم محلول استخراج شده به این روش به اندازه‌ای کم است که صرف‌نظر کردن از آن خطای قابل ملاحظه‌ای را ایجاد نمی‌کند (۵).

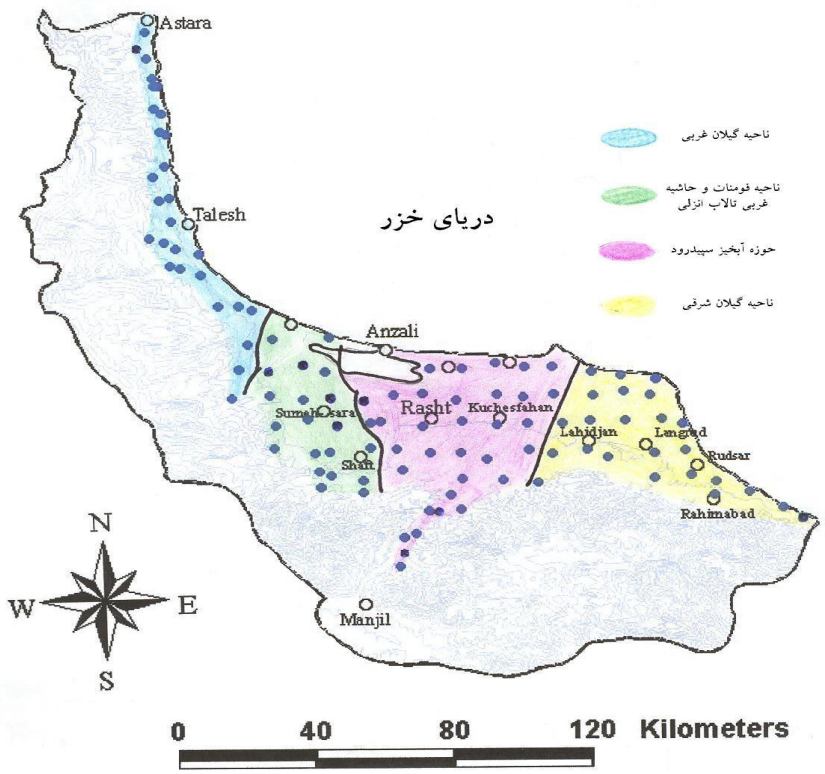
پتاسیم استخراج شده به وسیله استات آمونیوم، مقدار پتاسیم تبادلی را در خاک‌هایی که دارای مقدار زیادی ورمیکولیت و یا ایلیت هستند بیش از مقدار واقعی نشان می‌دهد زیرا آمونیوم قادر است بخشی از پتاسیم نگه‌داری شده در مواضع گوه‌ای شکل و بین لایه‌ای کانی را نیز آزاد کند (۲۵ و۳۲). برای خاک‌هایی که مقدار کانی‌های اسمکتیت، کائولینیت و ماده‌آلی آنها زیاد ولی ایلیت، ورمیکولیت و سایر کانی‌های پتاسیم‌دار آنها کم است، پتاسیم اندازه‌گیری شده به این روش شاخص مناسبی برای ارزیابی مقدار پتاسیم قابل استفاده گیاه می‌باشد (۴۰).

پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان (Boiling nitric acid-extractable K) ($K\text{-}HNO_3$) بیانگر پتاسیم قابل تبادل و پتاسیم استخراج شده از داخل ساختمان تکتوسلیکات‌ها و فیلوسلیکات‌ها و آن بخش از پتاسیم است که در مواضع گوه‌ای شکل و حفره‌های شش گوش واقع در بین لایه‌های تتراهدرال مجاور کانی‌های میکا، ورمیکولیت و سایر مینرال‌های حد واسط نگه‌داری می‌شود. این بخش از پتاسیم در مقایسه با پتاسیم محلول و تبادلی در مقادیر کمتر اما طولانی‌تری توسط گیاه می‌تواند برداشت شود. خاک‌هایی که غنی از ورمیکولیت و میکا هستند می‌توانند مقدار زیادی پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسید نیتریک داشته باشند، ولی در خاک‌های غنی از کائولینیت، کوارتز و دیگر کانی‌های سیلیکاتی مقدار پتاسیم قابل جذب و قابل تبادل کمتر است (۲۶ ۴۱).

تاکنون مطالعات بسیاری در زمینه توزیع اشکال مختلف پتاسیم خاک انجام شده است. از آن جمله می‌توان به اثر مصرف کود پتاسه در افزایش غلظت پتاسیم محلول (۴۲) و پتاسیم تبادلی و غیرتبادلی (۱۷، ۲۴ و ۴۴) اشاره نمود. شارپلی (۳۸ و۳۹) با استفاده از روابط بین اشکال مختلف پتاسیم، کانی‌های غالب و رده‌بندی خاک‌ها نسبت به پیش‌بینی نحوه واکنش کود پتاسه در خاک، شبیه‌سازی چرخه پتاسیم و برداشت آن از خاک توسط گیاه اقدام نمود. توزیع پتاسیم اضافه شده به خاک در اشکال محلول، تبادلی و غیرقابل تبادل بر تراکم بار سطحی و فضای بین لایه‌ای کانی‌های رسی بستگی دارد (۲۸). اوستان (۵) پس از مطالعه بر روی ۵۲ خاک شالیزاری شمال کشور نشان داد که پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پتاسیم غیر قابل تبادل خاک‌های شالیزاری کاهش معنی‌داری نسبت به خاک‌های غیرشالیزاری مشابه داشته‌اند. توفیقی (۹) برآورد کرد که قریب به یکصد هزار هکتار از شالیزارهای زیرکشت ارقام پرمحصول در شمال کشور دارای پتاسیم قابل استفاده سهل‌الوصول نسبتاً کم و در زیر سطح بحرانی هستند. امیری (۴) پس از آزمایش بر روی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]



شکل ۱. نقشه موقعیت خاک‌های نمونه‌برداری شده و مرز تفکیک نواحی مختلف در شالیزارهای استان گیلان

تعدادی از سری خاک‌های شرق گیلان نشان داد که این خاک‌ها از نظر پتاسیم محلول، قابل تبادل و غیر قابل تبادل در سطح پایین قرار دارد. کاوسی و کلباسی (۱۵) نتیجه گرفتند که در ۷۵ درصد از خاک‌های بررسی شده در استان گیلان پتاسیم قابل استفاده (عصاره‌گیری شده به روش استات آمونیوم) پایین‌تر از حد بحرانی ۱۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک دارند. کاوسی (۱۴) براساس مطالعات در ۲۵ مزرعه شالیزاری نشان داده‌اند که حد بحرانی پتاسیم قابل استفاده (عصاره‌گیری شده به روش استات آمونیوم) برای برنج رقم خزر، که رقم پرمحصول غالب برای کشت در استان گیلان است و بر اساس ۹۵ درصد عملکرد نسبی، ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد.

اهداف این تحقیق عبارت از : ۱) شناخت وضعیت پتاسیم از طریق برآورد روابط بین اشکال مختلف آن و به عنوان تابعی از خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و ۲) ارزیابی قابلیت تغییر و ارتباط این اشکال با شرایط فیزیوگرافی و هیدرولوژی منطقه با استفاده از توزیع فراوانی جمعیت بودند.

مواد و روش‌ها

در ابتدا براساس تشابه در مشخصه‌هایی مانند اقلیم، ردیف فیزیوگرافی و یا حوزه آبخیز، استان گیلان به چهار ناحیه گیلان شرقی، گیلان غربی، فومنات و حوزه آبخیز سپیدرود تفکیک و با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جغرافیایی از این چهار ناحیه ۱۰۹ نمونه (ناحیه گیلان شرقی ۲۴ نمونه، گیلان غربی ۲۸ نمونه، فومنات ۲۱ نمونه و حوزه آبخیز سپیدرود ۲۶ نمونه) خاک به روش تصادفی انتخاب شد (شکل ۱).

نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه در هوا خشک و بعد از عبور از الک دو میلی‌متری بافت خاک به روش هیدرومتر (۳)، کربن آلی به روش والکی بلاک (۳)، pH خاک در گل اشباع (۳) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم در pH= ۸/۲ (۲) اندازه‌گیری شدند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم یک مولار خنثی به نسبت ۱:۲۰ انجام شد. ابتدا سوسپانسیون به مدت یک ساعت در دستگاه شیکر رفت و برگشتی تکان داده شد و سپس به مدت ۱۶ ساعت در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا به تعادل برسد. عمل هم زدن سوسپانسیون مجدداً به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه شیکر ادامه یافت و سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۲ صاف گردید (۳۶). پتاسیم قابل استخراج با آب به نسبت ۱:۲۰ انجام شد. کلیه مراحل (نسبت محلول به خاک، تکان دادن، زمان و دمای تعادل و صاف نمودن سوسپانسیون) مشابه عصاره‌گیری با استات آمونیوم بود (۳۶). اسیدنیتریک مولار جوشان بر روی ۱۰ گرم خاک با نسبت ۲/۵: ۱ و قراردادن در دمای ۱۱۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۵ دقیقه انجام شد (۲۳). با توجه به کثرت نمونه‌ها و محدودیت امکانات، اندازه‌گیری نوع کانی رس مقدور نگردید، ولی بررسی منابع انجام شده از خاک‌های گیلان نشان داد که کانی غالب در بسیاری از نمونه‌ها به ترتیب اسمکتیت و بعد از آن ایلیت می‌باشند (جدول ۱).

محاسبات پارامترهای آماری و توزیع فراوانی جمعیت با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC، برازش متغیرهای مورد مطالعه بر یکدیگر از طریق روابط رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SPSS و نقشه توزیع جغرافیایی اشکال مختلف پتاسیم و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از GIS و از طریق نرم‌افزار Arc/View انجام گردید.

نتایج

پارامترهای آمار توصیفی متغیرهای مورد مطالعه در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین سیلت نسبت به شن و رس بیشتر می‌باشد. واریانس که معیاری از پراکندگی مقادیر در اطراف میانگین می‌باشد برای شن و در مقایسه با سیلت و رس بیشتر است.

pH خاک‌ها در دامنه ۵/۳ تا ۸/۲ قرار دارد و میانگین آن ۷/۰۲ است. واریانس و ضریب تغییرات آن کم و توزیع فراوانی جمعیت آن غیرنرمال است. pH در خاک‌های اسیدی بعد از غرقاب افزایش و در خاک‌های آهکی و قلیا کاهش می‌یابد. کربن آلی خاک‌ها در دامنه ۰/۱۹ تا ۷/۰۵ درصد و میانگین آن ۲/۲۶ درصد است که برای گیاه برنج مناسب می‌باشد (۱۲). ضریب تغییرات کربن آلی زیاد است. مقادیر ناچیز کربن آلی مربوط به اراضی شنی ساحلی و مقادیر زیاد آن عمدتاً در اراضی پست شالیزاری مشاهده می‌شود که احتمالاً در بخش عمده‌ای از طول سال غرقاب هستند. انطباق داده‌های توزیع اندازه ذرات معدنی خاک بر مثلث بافت خاک نشان داد که خاک‌های شالیزاری استان عمدتاً به ترتیب در کلاس‌های لوم رسی سیلتی، لوم رسی، رسی سیلتی و لوم قرار دارند.

میانگین غلظت پتاسیم محلول در خاک‌های مورد مطالعه ۴۷/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم (معادل ۱/۲ میلی‌مول درکیلوگرم) می‌باشد. میانگین پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم نرمال (۱۵۲/۶ میلی‌گرم درکیلوگرم خاک) کمی از حد بحرانی پتاسیم قابل جذب پیشنهادی کاوسی (۱۶۰ میلی‌گرم درکیلوگرم) کمتر است (۱۴). میانگین پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان نشان داد که خاک‌های مورد بررسی از نظر پتاسیم ذخیره در سطح نسبتاً کم قرار دارند.

ضریب تغییرات (CV) که معیاری از تغییرپذیری نسبی است برای متغیرهای شن، کربن آلی، پتاسیم محلول در آب، پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم و پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان در تمامی نواحی بالاتر از ۳۵ درصد است که براساس طبقه‌بندی ویلدینگ و درس (۴۳) در گروه متغیرهای با ضریب حداکثر، طبقه‌بندی می‌شوند. بالابودن ضریب تغییرات نشان‌دهنده آن است که متغیرهای فوق بیشتر تحت تأثیر عملیات مدیریتی کشت برنج قرار گرفته‌اند.

نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون معنی‌دار بودن چولگی و کشیدگی مورد بررسی قرار گرفت. از میان متغیرهای مورد بررسی فقط درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی دارای توزیع فراوانی نرمال هستند (جدول۲).

ضرایب هم‌بستگی خطی ساده بین اشکال مختلف پتاسیم و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

جدول ۱. کانی غالب و مهم‌ترین کانی همراه در خاک‌های استان گیلان

ردیف	منبع	تعداد کل نمونه‌ها	تعداد نمونه‌ها به تفکیک کانی غالب	کانی غالب	مهم‌ترین کانی همراه
۱	اوستان (۵)	۶	۵	اسمکتیت	ایلیت
			۱	اسمکتیت	ورمیکولیت
۲	امیری (۴)	۸	۳	اسمکتیت	ایلیت
			۴	اسمکتیت	ورمیکولیت
			۱	ورمیکولیت	ایلیت
۳	آمارنامه نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک‌های استان گیلان (۱)	۱۶	۵	اسمکتیت	ایلیت
			۲	اسمکتیت	کلریت
			۲	ایلیت	اسمکتیت
			۲	ایلیت	ورمیکولیت
			۲	ورمیکولیت	ایلیت
۴	ترابی گلسفیدی و کریمیان اقبال (۸)	۴	۴	اسمکتیت	کانی‌های مخلوط نامنظم
۵	بخشی‌پور (۶)	۱۶ (رس درشت)	۴	اسمکتیت	ایلیت
			۸	ایلیت	کائولینیت
			۴	ایلیت	ورمیکولیت
۶	ترابی گلسفیدی (۷)	۳۰ (رس ریز)	۲۹	اسمکتیت	ایلیت
			۱	اسمکتیت	ورمیکولیت
		۲۷ (رس درشت)	۲۰	اسمکتیت	ایلیت
			۴	ورمیکولیت	ایلیت
			۲	کلریت	---
			۱	ایلیت	کائولینیت
۷	حسین‌پور و کلباسی (۱۰)	۲	۱	اسمکتیت	کانی‌های مخلوط
			۱	میکا	کلریت
۸	رمضانپور و همکاران (۳۳)	۷	۵	اسمکتیت	ایلیت
			۲	اسمکتیت	ورمیکولیت
۹	حکیمیان (۱۹)	۱۱	۴	اسمکتیت	ایلیت
			۲	اسمکتیت	ورمیکولیت
			۲	ورمیکولیت	ایلیت
			۲	ورمیکولیت	کائولینیت
			۱	ورمیکولیت	اسمکتیت

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

جدول ۲. خلاصه آمار توصیفی اشکال پتاسیم و خواص فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده در خاک‌های مورد مطالعه

متغیر (واحد)	حداقل	حداکثر	میانگین	واریانس	ضریب تغییرات	چولگی[۴]	کشیدگی[۵]	شکل توزیع فراوانی
شن (٪)	۴	۸۸	۲۴/۳۳	۲۴۲/۸	۶۱/۷۲	۱/۴۹۷۶ **	۲/۶۳۸۸ **	لگاریتم نرمال
سیلت (٪)	۶	۶۶	۴۷/۴	۱۰۴/۰۶	۲۱/۸	-۰۸۳۹۱ **	۱/۷۵۳۲ **	
رس (٪)	۶	۵۴	۲۹/۶	۲۵/۷۸	۱۷/۶۵	۰/۰۲۵۶ ns	-۰/۵۴۹۹ ns	نرمال
کربن آلی (٪)	۰/۱۹	۷/۰۵	۲/۲۶	۱/۱۳	۴۳/۷۲	۱/۷۲۸۳ **	۵/۸۵۸۶ **	
ظرفیت تبادل کاتیونی $(\frac{Cmole}{kg})$	۱۰	۵۶	۳۲/۳۳	۸۵/۶۱	۲۸/۶	-۰/۱۴ ns	۰/۴۰۵۸ ns	نرمال
pH	۵/۳	۸/۲	۷/۰۲	۰/۳۹۷	۹/۰۲	-۰/۵۰۵۱ *	-۰/۶۷۱۶ ns	
$(^{mg}/_{kg})$ Water soluble[1]	۸	۹۲	۴۷/۸۳	۵۰۴/۹۵۱	۴۸	۰/۳۸۷۹ ns	-۰/۸۷۹ *	
$(^{mg}/_{kg})$ K- NH_4OAc[2]	۴۵	۳۴۰	۱۵۲/۶	۴۸۰۴/۰۸۴	۴۴/۸۲	۰/۹۴۹۶ **	-۰/۰۶۱۶ ns	لگاریتم نرمال
$(^{mg}/_{kg})$ K Nitric acid[3]	۲۰۰	۱۹۴۰	۶۰۰/۲۰۲	۸۹۷۶۸	۴۹/۹	۱/۷۱۰۸ **	۴/۰۶۵۶ **	لگاریتم نرمال

۱ : پتاسیم محلول در آب

۲ : پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم نرمال در pH =۷

۳ : پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان

۴ : معیاری برای سنجش عدم تقارن در تابع توزیع فراوانی

۵ : معیاری از میزان تیزی منحنی توزیع فراوانی در نقطه حداکثر آن

* : معنی‌دار در سطح پنج درصد

** : معنی‌دار در سطح یک درصد

ns : غیرمعنی‌دار

جدول ۳. ضرایب هم‌بستگی پتاسیم عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف با یکدیگر و نسبت به خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در ۱۰۹ نمونه از شالیزارهای استان گیلان

	Water Soluble K ($^{mg}/_{kg}$) [۳]	K- NH_4OAc ($^{mg}/_{kg}$) [۲]	K- HNO_3 ($^{mg}/_{kg}$) [۱]
رس (٪)	۰/۵۳ **	۰/۵۳ **	۰/۳۶ *
شن (٪)	۰/۴۷ **	۰/۳۸ **	۰/۱۸ ns
سیلت (٪)	۰/۰۸ ns	۰/۰۳ ns	۰/۱۴ ns
کربن آلی (٪)	۰/۰۸۹ ns	۰/۰۷ ns	۰/۰۲ ns
اسیدیته	۰/۴۷ **	۰/۴ **	۰/۳ **
ظرفیت تبادل کاتیونی ($\frac{Cmole}{kg}$)	۰/۱۳ ns	۰/۳۵ **	۰/۲۴ *
K- HNO_3 ($^{mg}/_{kg}$)	۰/۴۹ **	۰/۷۴ **	
K- NH_4OAc ($^{mg}/_{kg}$)	۰/۸۵ **		

۱ : پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان
۲ : پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم نرمال در pH =۷
۳ : پتاسیم محلول در آب

* : معنی‌دار در سطح پنج درصد
** : معنی‌دار در سطح یک درصد
ns : غیرمعنی‌دار

خواص فیزیکوشیمیایی خاک در کل نمونه‌ها در جدول ۳ مشخص شده است. از خواص فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده، درصد رس با K-NH_4OAc و پتاسیم محلول درآب هم‌بستگی متوسط ولی معنی‌دار نشان می‌دهند (هردو با *** r =۰/۵۳). هم‌بستگی بین K-NH_4OAc و K-HNO_3 بالا (*** r = ۰/۷۴) و بین K-NH_4OAc با پتاسیم محلول در آب (*** r = ۰/۵۵) نسبتاً بالا و معنی‌دار است. ضرایب هم‌بستگی خطی ساده به تفکیک نمونه‌ها در نواحی مختلف نشان داد که تنها در ناحیه گیلان شرقی، هم‌بستگی بین اشکال مختلف پتاسیم قوی و معنی‌دار است ولی در این ناحیه نیز هم‌بستگی هریک از اشکال با خواص فیزیکی و شیمیایی خاک ضعیف است (جدول ۴).

اثر توأم متغیرهای فیزیکوشیمیایی خاک و پتاسیم قابل استخراج به روش‌های مختلف در نمونه‌های مورد مطالعه از طریق هم‌بستگی خطی چند متغیره به صورت گام به گام پله‌ای با استفاده از ضریب هم‌بستگی (R)، ضریب تبیین تعدیل شده (R^2a) (Adjusted coefficient of determination) و ضریب رگرسیون جزئی استاندارد شده (β) (standardized partial regression coefficient) مورد برازش و بررسی قرار گرفت (جدول ۵). ضریب β بیانگر اهمیت نسبی تأثیر هریک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته است و هر متغیر مستقلی که قدر مطلق مقدار ضریب β در آن بیشتر باشد درجه تأثیر آن بر متغیر وابسته بیشتر است (۴۶). نتایج نشان می‌دهد که پتاسیم محلول در آب تحت تأثیر شن، کربن آلی، پتاسیم قابل جذب و pH قرار دارد، به طوری که با توجه به ضریب تبیین تعدیل شده (R^2a)، هفتاد و سه درصد از

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

جدول ۴. ضرایب هم‌بستگی پتاسیم عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف با یکدیگر و نسبت به خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در ۲۴ نمونه از شالیزارهای شرق گیلان

	Water soluble K ($^{mg}/_{kg}$)	K-NH ۴OAc ($^{mg}/_{kg}$)	K-HNO۳ ($^{mg}/_{kg}$)
رس (٪)	۰/۳	۰/۳۳	۰/۴۷ *
شن (٪)	−۰/۴۲ *	−۰/۳۸	−۰/۴۴ *
سیلت (٪)	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۱۷
کربن آلی (٪)	−۰/۱	۰/۰۷	۰/۱۸
اسیدیته	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۱۷
ظرفیت تبادل کاتیونی ($\frac{Cmole}{kg}$)	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۴۳ *
K-HNO۳ ($^{mg}/_{kg}$)	۰/۹ ***	۰/۹۱ ***	
K-NH ۴OAc ($^{mg}/_{kg}$)	۰/۸۸ ***		

جدول ۵. ضرایب رگراسیون خطی چند متغیره از طریق گام به گام پله‌ای برای پتاسیم عصاره‌گیری شده به روش‌های مختلف به عنوان متغیر وابسته و پارامترهای خاکی به عنوان متغیر مستقل در کل نمونه‌های مورد مطالعه

Water soluble K ($^{mg}/_{kg}$) = ۱/۳۱۷ − ۰/۵۶ Sand (%) +۵/۲۶۹ pH −۵/۴۱ O.C (%) +۰/۲۶ K-NH_4OAc ($^{mg}/_{kg}$)

ضریب β	متغیر	
−۰/۲۹۱	Sand	R = ۰/۸۶***
−۰/۲۰۷	O.C	R^2a = ۰/۷۳
۰/۱۲	pH	
۰/۶۵۷	K-NH_4OAc	

K-NH ۴OAc ($^{mg}/_{kg}$) = −۲۰/۹۹ +۱/۷۸ CEC (Cmole. Kg^{-1}) + ۰/۰۴۲ K-Nitric acid ($^{mg}/_{kg}$) +۱/۷۱Water soluble K ($^{mg}/_{kg}$)

ضریب β	متغیر	
۰/۲۳۲	CEC	R = ۰/۸۴***
۰/۱۸۲	K- Nitric acid	R^2a = ۰/۷۱۵
۰/۶۷۷	Water soluble K	

K-Nitric acid ($^{mg}/_{kg}$) = ۳۴۰/۱۳ + ۲/۵۱ K-NH_4OAc ($^{mg}/_{kg}$) −۳/۲۶Silt (%)

ضریب β	متغیر	
۰/۷۳۵	K-NH ۴OAc	R = ۰/۷۴۷***
−۰/۱۳۸	Silt	R^2a = ۰/۵۵

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

جدول ۶. وضعیت پتاسیم قابل جذب در خاک‌های شالیزاری استان گیلان

وضعیت	خیلی کم	کم	متوسط	کافی
دامنه ($^{mg}/_{kg}$)	۸۰ تا ۰	۱۲۰ تا ۸۱	۱۶۰ تا ۱۲۱	> ۱۶۱
درصد نمونه خاک‌های مورد مطالعه در دامنه‌های متفاوت	۸/۳	۳۲/۱	۲۸/۴	۳۱/۲

رفتار پتاسیم محلول در خاک را توجیه می‌نمایند و در این میان پتاسیم قابل تبادل با توجه به ضریب β از اهمیت بیشتری برخوردار است (جدول ۵).

پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم (K-NH_4OAc) تحت تأثیر پتاسیم محلول، پتاسیم غیرقابل تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی قرار دارد. این متغیرها باتوجه به ضریب تبیین تعدیل شده (R^2a)، هفتادو دو درصد از رفتار این پتاسیم را توجیه می‌نماید. با توجه به ضریب β، پتاسیم محلول به طور نسبی تأثیر بیشتری بر K-NH_4OAc دارد (جدول ۵).

پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان (K-HNO_3) تحت تأثیر سیلت و K-NH_4OAc قرار دارد. این متغیرها پنجاه وپنج درصد از رفتار K-HNO_3 را توجیه می‌نماید و در این میان K-NH_4OAc با توجه به ضریب β از اهمیت بیشتری برخوردار است (جدول ۵).

مقایسه داده‌های مربوط به ذرات رس و ظرفیت تبادل کاتیونی نشان می‌دهد که توزیع مکانی این دو متغیر به ویژه در مقادیر کم نسبتاً شبیه هم می‌باشد (شکل‌های ۲ و۳). نقشه توزیع کمیت کربن آلی نشان می‌دهد که اکثر اراضی شالیزاری استان دارای بیش از یک درصد کربن آلی هستند. در گیلان غربی نیز نمونه خاک‌های با کربن‌آلی بیش از دو درصد غالب بودند (شکل ۴). پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم دارای توزیع مکانی تقریباً مشابه با ذرات رس بوده که در آن مقادیر زیاد هر دو متغیر در حوزه آبخیز سپیدرود و مقادیر کم تا متوسط در نواحی فومنات و غرب گیلان قرار دارند. در شرق گیلان علی‌رغم کم تا متوسط بودن مقدار رس، نمونه خاک‌های با مقدار K-NH_4OAc متوسط تا زیاد، غالب هستند (شکل‌های ۲ و۵). علاوه بر آن در این ناحیه اکثر خاک‌های نمونه‌های مورد مطالعه دارای ظرفیت تبادل کاتیونی بیش از ۲۰ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم هستند (شکل ۳).

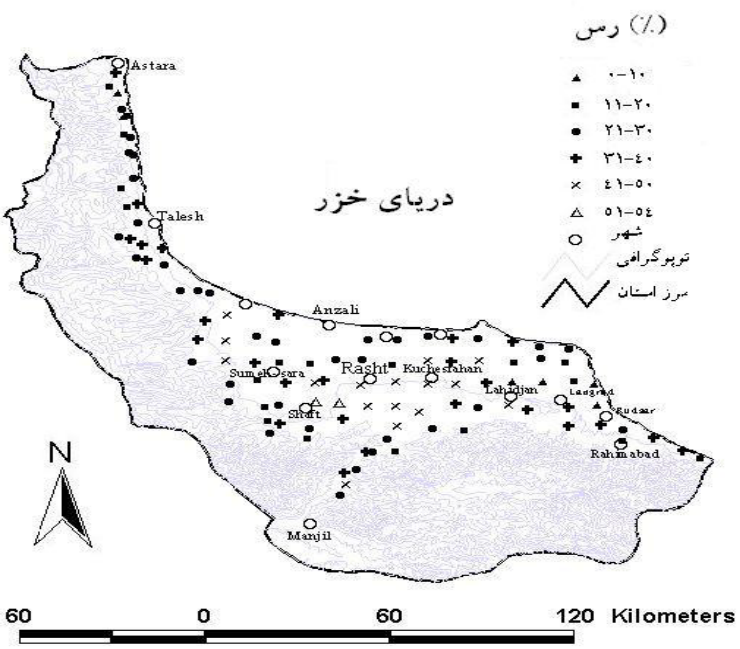
نقشه توزیع جغرافیایی کمیت پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان نشان‌دهنده آن است که مقدار این کمیت در حوزه آبخیز سپیدرود نسبت به نواحی فومنات، گیلان شرقی و غربی بیشتر است (شکل ۶). وضعیت پتاسیم قابل جذب در خاک‌های شالیزاری استان گیلان در جدول ۶ مشخص شده است. براین اساس ۸/۳ درصد خاک‌ها در وضعیت خیلی کم، ۳۲/۱ درصد خاک‌ها در وضعیت کم و ۲۸/۴ درصد خاک‌ها در وضعیت متوسط از نظر پتاسیم قابل جذب قرار دارند.

بحث

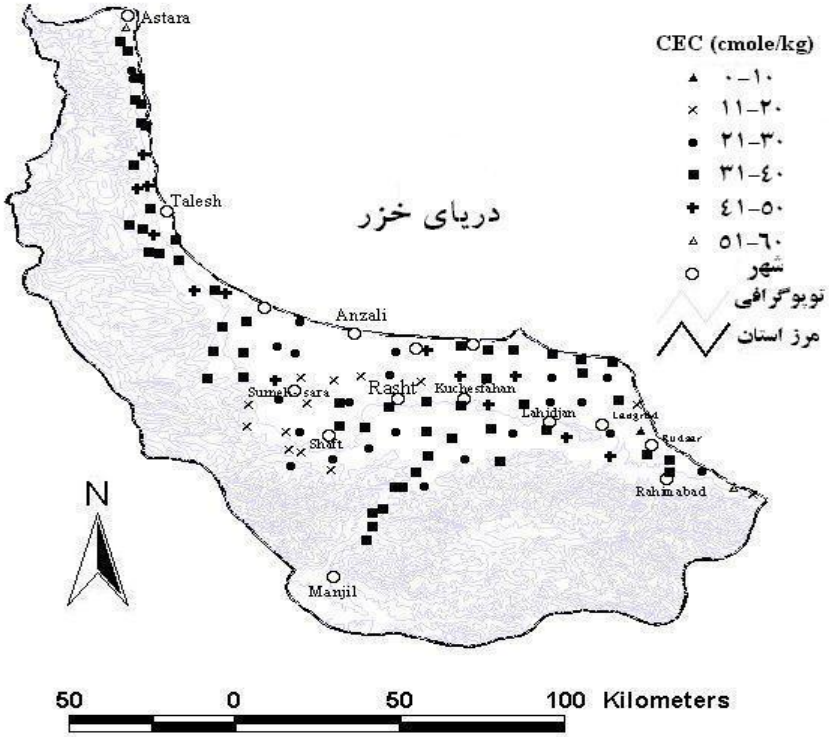
توزیع فراوانی متغیرهای رس و ظرفیت تبادل کاتیونی نرمال است. این توزیع بیانگر آن است که در جامعه نمونه‌ها، جوامع فرعی مجزا وجود ندارد، واریانس یک نواخت است و داده‌های پرت نیز وجود ندارند (۴۵). این شرایط در بسیاری از واحدهای نقشه‌ها غیرمحتمل به نظر می‌رسد مگر آن که نمونه‌برداری به صورت انتخابی، آگاهانه و از طریق یک استراتژی مشخص انجام گیرد و یا آن که شرایط اقلیمی و فرایندهای شیمیایی مؤثر بر رفتار رس و ظرفیت تبادل کاتیونی مشابه و یا مواد مادری نسبتاً یک نواخت باشند. در تحقیق حاضر نمونه‌برداری به صورت تصادفی و بدون پیش فرض مشخص انجام شد ولی شرایط اقلیمی و فرایندهای شیمیایی مؤثر (باتوجه به غرقاب بودن خاک و حاکم شدن شرایط احیایی) در رفتار این متغیرها به طور نسبی یک نواخت‌تر است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]



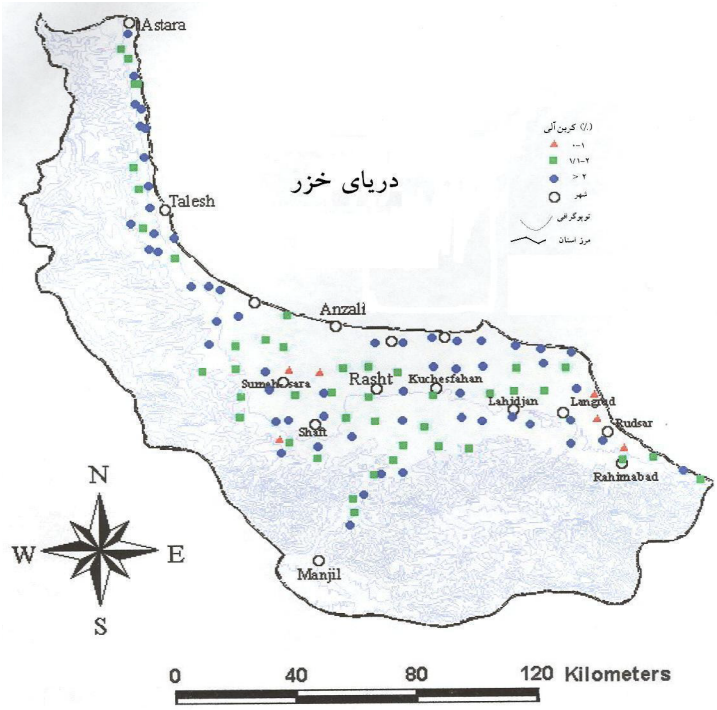
شکل ۲. توزیع جغرافیایی رس (٪) در شالیزارهای استان گیلان



شکل ۳. توزیع جغرافیایی ظرفیت تبادل کاتیونی (Cmole/kg) در خاک‌های شالیزاری استان گیلان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

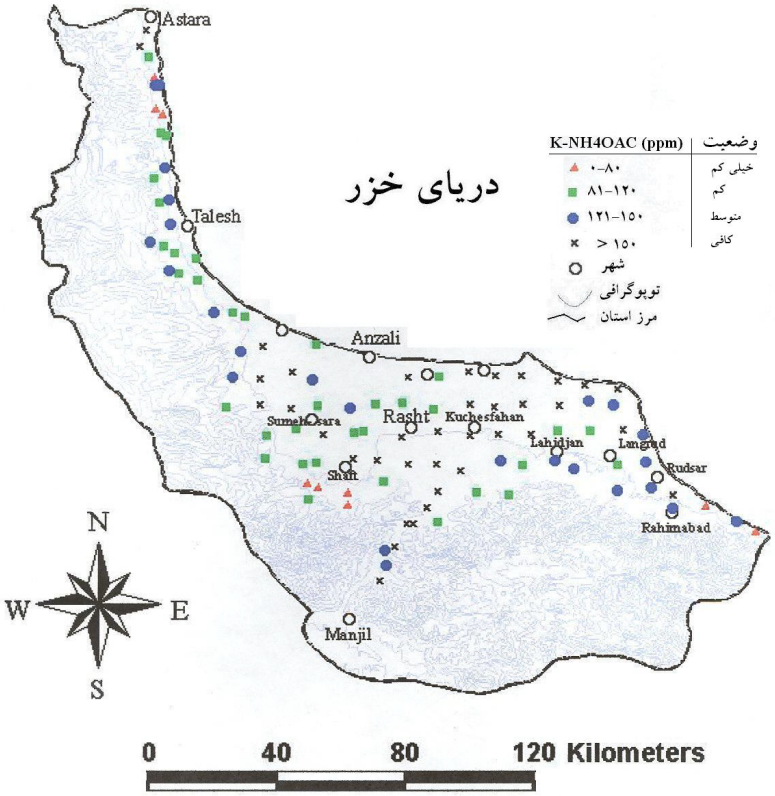


شکل ۴. توزیع جغرافیایی کربن آلی (٪) در شالیزارهای استان گیلان

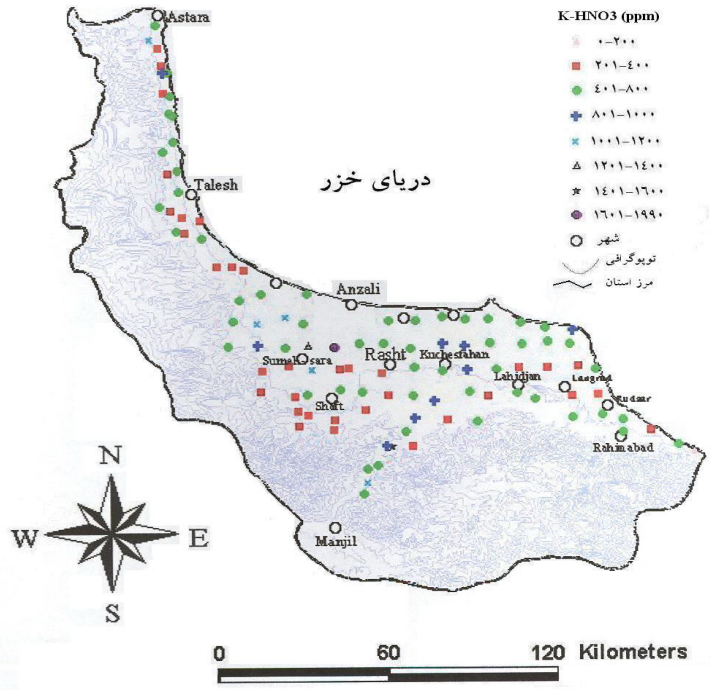
توزیع فراوانی متغیرهای سیلت، کربن آلی، پتاسیم محلول در آب و pH غیرنرمال و برای شن، K-NH_4OAc و K- HNO_3 لگاریتم نرمال می‌باشد. غیر نرمال بودن در توزیع فراوانی بیانگر تغییر در محیط‌های رسوب‌گذاری و یا آثار نامتقارن فرایندهای پدوژنیک یا هیدرولوژیک بر متغیرهای فوق است (۴۵). در نواحی گیلان غربی و شرقی، شالیزارها در شرایط فیزیوگرافی متفاوت و غیریک نواخت‌تری نسبت به گیلان مرکزی قرار دارند که سبب تفاوت در فرایند رسوب‌گذاری و در نتیجه توزیع مکانی شن و سیلت می‌گردد. از طرف دیگر کمیت‌های پتاسیم محلول، تبادلی و غیرتبادل تحت تأثیر عوامل بسیاری مانند مقدار و نوع رس، مقدار رطوبت خاک، نوع گیاه و سابقه کشت، شرایط زه‌کشی، فعالیت بیولوژیکی موجودات زنده و اضافه نمودن کودهای پتاسه به خاک قرار دارند که با توجه به تنوع و اختلاف در شدت تأثیر عوامل فوق در خاک‌های مورد مطالعه امکان انحراف توزیع فراوانی داده‌ها از نرمال وجود دارد. علاوه بر چولگی (که معیاری برای سنجش عدم تقارن در تابع توزیع فراوانی می‌باشد)، پارامتر کشیدگی (که معیاری از میزان تیزی منحنی توزیع فراوانی در نقطه حداکثر آن است) نیز در متغیرهای شن، سیلت، کربن آلی و پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک به طور معنی‌داری بزرگ‌تر از صفر است که این حالت لپتوکورتیک (Leptokurtic) نامیده می‌شود. چنین توزیع‌هایی ترکیبی از دو جامعه نرمال با واریانس متفاوت ولی میانگین مشابه است (۴۶). پتاسیم محلول درخاک دارای پارامترکشیدگی منفی و معنی‌دار است. چنین توزیعی پلیتی‌کورتیک (Platy kurtic) نامیده می‌شود. این توزیع ممکن است ترکیبی از دو جامعه با میانگین متفاوت و واریانس مشابه باشد (۴۶). واریانس شن، سیلت، کربن آلی و K-HNO_3 به تفکیک هر ناحیه محاسبه گردید (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). واریانس شن و سیلت در نمونه خاک‌های ناحیه گیلان غربی بیش از بقیه نواحی است. ناحیه گیلان غربی در شرایط فیزیوگرافی متفاوت و غیریک نواخت‌تری نسبت به بقیه نواحی قرار دارد. به نظر

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]



شکل ۵. توزیع جغرافیایی پتاسیم قابل جذب، $K\text{-}NH_4OAc$ ($^{mg}/_{kg}$)، در خاک‌های شالیزاری استان گیلان



شکل ۶. نقشه توزیع جغرافیایی پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان، $KHNO_3$ ($^{mg}/_{kg}$)، در خاک‌های شالیزاری استان گیلان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

می‌رسد با توجه به فاصله کم کوه تا ساحل و وجود شیب تند در این ناحیه نسبت به بقیه نواحی، شرایط منطقه از نظر رسوبگذاری متفاوت بوده و بر توزیع مکانی شن و سیلت اثر گذاشته است. واریانس کربن آلی و $K\text{-}HNO_3$ در ناحیه فومنات و حوزه آبخیز سپیدرود بیشتر از بقیه نواحی است. در حوزه آبخیز سپیدرود و بخش وسیعی از ناحیه فومنات آبیاری برنج از طریق رودخانه سپیدرود و شبکه‌های آبیاری منشعب از آن انجام می‌شود. از طرف دیگر شالیزارها در بخش جنوبی این نواحی که مرتفع‌تر می‌باشند، محدود به اطراف رودخانه‌ها بوده اما در بخش شمالی در دشت‌های دامنه‌ای و دشت‌های ساحلی توسعه یافته‌اند. این وضعیت سبب می‌شود که منطقه از نظر فرآیندهای هیدرولوژی، شرایط زه‌کشی و محیط‌های رسوب‌گذاری بسیار متنوع باشد و در نتیجه تاثیر عوامل فوق بر میزان پتاسیم ذخیره و تجزیه مواد آلی تغییرات بسیاری در این متغیرها مشاهده شود.

شارپلی (۳۸) و سخون و همکاران (۳۷) نشان داده‌اند که در داخل هر گروه از خاک‌های با کانی غالب مشابه (گروه‌های کائولینیت، اسمکتیت و مخلوط) هم‌بستگی بین اشکال پتاسیم (محلول در خاک، قابل تبادل و غیرقابل تبادل) و با رس، کربن آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی از بسیار ضعیف تا متوسط تغییر می‌کند اما هم‌بستگی بین اشکال مختلف پتاسیم قوی و معنی‌دار است. در ناحیه گیلان شرقی ضرایب هم‌بستگی بین پتاسیم استخراج شده به روش‌های مختلف نسبت به یکدیگر قوی و معنی‌دار است، اما هم‌بستگی هریک از این روش‌ها با خواص فیزیکوشیمیایی ضعیف می‌باشند (جدول ۴). با توجه به موارد فوق به نظر می‌رسد در ناحیه گیلان شرقی از نظر مینرالوژی شرایط همگون‌تری وجود دارد. مطالعات ترابی (۷) و بخشی‌پور (۶) این نظر را تأیید می‌کند.

در مقالات قدیمی مواضع جذبی برای پتاسیم به سه بخش سطحی، لبه‌ای و بین‌لایه‌ای تقسیم می‌شد. منگل (۲۷) معتقد است مرز بین مواضع جذب سطحی و لبه‌ای دقیقاً مشخص نیست و به دلیل آن که پتاسیم در این مواضع به صورت هیدراته جذب می‌شوند، بهتر است از اصطلاح «پتاسیم هیدراته» (Hydrated potassium) برای نشان دادن پتاسیم جذب شده در این مواضع استفاده کرد.

میانگین غلظت پتاسیم محلول در آب (۱/۲ میلی‌مول در کیلوگرم) در محدوده دامنه غلظت لازم (بین ۰/۱ تا ۱۰ میلی‌مول در کیلوگرم) برای تعادل با پتاسیم هیدراته قرار دارد (۲۷). قوی بودن ضریب هم‌بستگی پتاسیم محلول در آب با $K\text{-}NH_4OAc$ ($r = ۰/۸۵^{***}$) تأییدی بر این نظر است. روش‌هایی که برای اندازه‌گیری غلظت پتاسیم در محلول خاک پیشنهاد شده است از نظر نسبت آب به خاک، مدت زمان تماس و نحوه تکان دادن نمونه بسیار متنوع است (۱۷، ۲۳، ۲۹ و۳۶). معمولاً برای اندازه‌گیری پتاسیم محلول در خاک از آب برای عصاره‌گیری استفاده می‌شود که در روش استفاده شده در این تحقیق علاوه بر نسبت بالای آب به خاک، مدت زمان لازم برای رسیدن به تعادل در مقایسه با روش‌های دیگر طولانی‌تر است (۱۶ ساعت در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد) و در نتیجه غلظت‌های بالاتری از پتاسیم اندازه‌گیری می‌شود. به نظر می‌رسد بالابودن نسبت آب به خاک و مدت زمان طولانی تماس آب با خاک سبب می‌گردد علاوه بر اثر رقت، بخشی از پتاسیم تبادلی که دارای کمترین قدرت پیوندی و به صورت هیدراته هستند، آزاد و وارد محلول خاک شود (۲۶). با این وجود پتاسیم محلول اندازه‌گیری شده با این روش هم‌بستگی بالایی با عملکرد ($r = ۰/۸۲$) و مقدار جذب پتاسیم در کل گیاه برنج (رقم سپیدرود) ($r = ۰/۸۸$)، در یک آزمایش گلدانی داشته است (۱۳).

با توجه به نتایج تجزیه هم‌بستگی خطی چند متغیره، پتاسیم محلول تحت تأثیر اثر توأم شن، واکنش خاک (pH)، کربن آلی و $K\text{-}NH_4OAc$ قرار دارد. پتاسیم موجود در مواضع تبادلی مهم‌ترین نقش را در کنترل پتاسیم محلول در خاک دارد و در تعادل مستقیم با این شکل از پتاسیم می‌باشد. علاوه بر آن خاک‌های شالیزاری عمدتاً در چشم‌انداز اراضی دشت‌های آبرفتی و پست قرار دارد و با توجه به سابقه طولانی کشت و زه‌کشی ضعیف در اکثر مدت سال غرقاب بوده که منجر به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

تجمع و روند افزایش کربن آلی در خاک می‌گردد و در نهایت این کمیت به صورت یکی از عوامل کنترل‌کننده پتاسیم محلول در خاک درمی‌آید. در خاک‌های غنی از کربن آلی به دلیل ضعیف بودن قدرت پیوندی گروه‌های عامل کلوئیدهای آلی با یون پتاسیم، قدرت بافری کم و حساسیت آنها نسبت به آبشویی پتاسیم زیاد می‌شود (۳۱). از سوی دیگر وجود کربنات‌های آزاد در خاک‌ها سبب می‌شود تا ضمن افزایش pH، بر قابلیت استفاده پتاسیم افزوده شود. به نظر می‌رسد در این خاک‌ها بخشی از یون‌های کلسیم و منیزیم به دلیل تشکیل جفت یون و ترکیبات غیرمحلول با کربنات‌ها از رقابت با یون پتاسیم خارج و در نتیجه بر نسبت فعالیت پتاسیم افزوده می‌شود (۲۲). با افزایش درصد شن به دلیل عواملی مانند کم بودن مواضع تبادلی در این جزء معدنی، بزرگ بودن منافذ و زه‌کشی خوب آبشویی پتاسیم زیاد و از غلظت پتاسیم محلول کاسته می‌شود. در این خاک‌ها اگر آب آبیاری مورد استفاده دارای کاتیون‌های دو ظرفیتی بیشتری نسبت به پتاسیم باشد، تلفات پتاسیم محلول خاک بیشتر می‌شود و از مقدار آن کاسته خواهد شد (۲۰). سهرابی و خوش‌خواهش (۱۱) ضمن تعیین کیفیت آب آبیاری در مزارع شالیزاری تحت شبکه آبیاری گیلان و فومنات نشان دادند که مقدار کاتیون‌های کلسیم و منیزیم از پتاسیم بیشتر است که بعد از اضافه شدن به خاک منجر به خروج پتاسیم از مواضع تبادلی و ورود آن به محلول خاک می‌شود.

پتاسیم قابل استخراج به وسیله استات آمونیوم براساس نتایج تجزیه هم‌بستگی خطی چند متغیره تحت تأثیر پتاسیم محلول در آب، پتاسیم غیرقابل تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی قرار گرفت که بیانگر برقراری رابطه تعادلی مستقیم و پویا بین اشکال محلول، تبادلی و غیر قابل تبادل است، ولی سرعت تعادل و مقدار نسبی هریک از اشکال در بین خاک‌های مختلف فرق می‌کند (۲۱). با توجه به ضریب β اهمیت نسبی اثر پتاسیم محلول در آب بر $K\text{-}NH_4OAc$ بیشتر از پتاسیم غیرقابل تبادل و ظرفیت تبادل کاتیونی است.

به نظر می‌رسد در روش استفاده شده برای اندازه‌گیری پتاسیم محلول در این پژوهش علاوه بر این جزء بخشی از پتاسیم موجود در مواضع پیوندی سطوح بیرونی (موقعیت p) (External planar binding sites (P-position)) کلوئیدهای رسی نیز آزاد و سبب افزایش هم‌بستگی پتاسیم محلول در آب و $K\text{-}NH_4OAc$ می‌گردد. از طرف دیگر خاک‌های با ظرفیت تبادل کاتیونی بالا توانایی زیادی در نگه‌داری پتاسیم در مواضع تبادلی خواهند داشت. به عبارت دیگر خاک‌هایی که بار الکتریکی منفی سطحی بیشتری نسبت به واحد وزن دارند (مانند خاک‌های با رس غالب اسمکتیت که کانی غالب در اکثر شالیزارهای استان می‌باشند) قابلیت جذب بیشتری برای پتاسیم دارند (۳۸). کانی رسی غالب در شالیزارهای استان گیلان عمدتاً از گروه اسمکتیت و بعد ایلیت می‌باشند (جدول ۱). خاک‌های دارای اسمکتیت به عنوان کانی غالب قدرت بافری بیشتری نسبت به خاک‌های دارای کائولینیت یا ایلیت دارند. در این خاک‌ها در صورت اضافه شدن پتاسیم و با توجه به بالا بودن قدرت پیوندی برای جذب پتاسیم، تعادل به سمت مواضع تبادلی و غیر تبادلی سوق پیدا می‌کند و در نتیجه در مقایسه با خاک‌های غالب از کانی‌های دیگر غلظت پتاسیم محلول کمتر خواهد بود، ولی به تدریج با افزایش درصد اشباع مواضع توسط پتاسیم، قدرت پیوندی کاهش و منطبق با آن غلظت تعادلی پتاسیم در محلول افزایش می‌یابد (۲۹).

میانگین پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسید نیتریک جوشان ($K\text{-}HNO_3$) در خاک‌های مورد بررسی در سطح نسبتاً کم تا کم قرار دارند که تأییدی بر مطالعات کاوسی و کلباسی (۱۵) و اوستان (۵) می‌باشد. گروه خاک‌های غالب از نظر کانی اسمکتیت (که کانی غالب در خاک‌های شالیزاری استان می‌باشد) هر چند از نظر $K\text{-}NH_4OAc$ غنی هستند ولی غلظت $K\text{-}HNO_3$ در آنها نسبتاً کم است (۴۴). علاوه بر آن به نظر می‌رسد سابقه طولانی کشت بدون افزایش کود پتاسیمی منجر به کاهش پتاسیم قابل جذب و در نهایت پتاسیم غیر قابل تبادل شده است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

پتاسیم قابل استخراج به وسیله اسیدنیتریک جوشان ($K\text{-}HNO_3$) تحت تأثیر پتاسیم قابل تبادل و جزء سیلت خاک قرار داشت. خاک‌هایی که از مواد مادری با کانی‌های غالب میکا یا فلدسپار پتاسیم منشاء گرفته و هوا دیدگی در آنها کم باشد، دارای درصد قابل ملاحظه‌ای از این کانی‌ها در جزء سیلت خواهند بود (۳۵). در خاک‌های مورد بررسی پتاسیم قابل تبادل نقش مهم‌تری در توجیه مقدار $K\text{-}HNO_3$ دارد. در هر گروه از خاک‌های با کانی غالب مشابه پتاسیم قابل تبادل هم‌بستگی قوی با $K\text{-}HNO_3$ دارد و در یک مقدار مساوی از پتاسیم قابل تبادل ظرفیت عرضه پتاسیم برای خاک‌های اسمکتیتی از بقیه خاک‌ها بیشتر است (۳۸). علاوه بر آن وجود ترکیبی از ایلیت و مونت‌مورلونایت سبب بهبود روند رهاسازی پتاسیم از خاک برای استفاده گیاهان می‌شود (۳۴). نایدربود و فیشر (۳۰) ضمن مطالعه این پدیده نتیجه گرفته‌اند که وجود اسمکتیت به نگه‌داری پتاسیم در سطح غلظتی کمتر کمک نموده و در نتیجه میزان پتاسیم منتشر شده از فضای بین لایه‌ای بیشتر خواهد بود.

هر چند تعداد داده‌ها جهت ایجاد نقشه حاصلخیزی پتاسیم خاک محدودند ولی چند نکته آشکار در توزیع مکانی آنها وجود دارد. توزیع جغرافیایی کمیت پتاسیم قابل جذب نشان می‌دهد که مقدار آن در گیلان مرکزی به ویژه در حوزه آبخیز سپیدرود بیشتر از نواحی گیلان غربی و شرقی است. این الگوی توزیع تقریباً منطبق با توزیع ذرات رس است به طوری که خاک‌های با پتاسیم قابل جذب بالا عمدتاً در خاک‌های با رس بیشتر وجود دارد. به نظر می‌رسد انتقال ذرات رس از مناطق بالادست توسط رودخانه سپیدرود و رسوب متوالی آن در دشت‌های آبرفتی و ساحلی حوزه باعث افزایش مقدار آن نسبت به دیگر نواحی استان شده است. علاوه بر آن با توجه به آنکه این رودخانه از خاک‌های غنی از کانی‌های حاوی پتاسیم (مانند ایلیت) استان‌های کردستان، زنجان و سمنان سرچشمه می‌گیرد غلظت یون پتاسیم محلول در آب این رودخانه نسبت به دیگر رودخانه‌های محلی، چشمه‌ها و چاه‌ها که به عنوان منابعی برای تأمین آب شالیزارها استفاده می‌شود، بیشتر است و این پتاسیم محلول پس از وارد شدن به خاک‌های شالیزاری حوزه آبخیز سپیدرود منجر به افزایش قابلیت جذب پتاسیم می‌شود (۱۶). مقدار رس، ظرفیت تبادل کاتیونی، $K\text{-}NH_4OAc$ و $K\text{-}HNO_3$ در ناحیه فومنات نسبت به بقیه نواحی کمتر است. خاک‌های ناحیه فومنات بر روی رسوبات ساحلی قدیمی و نیز رسوبات آبرفتی رودخانه‌ای قرار گرفته‌اند. رسوبات ساحلی قدیمی به ضخامت‌های مختلفی توسط رسوبات ریزبافت دامنه‌ای پوشیده شده‌اند و در اثر فرسایش این خاک‌ها در نزدیکی سطح قرار گرفته‌اند. این خاک‌ها دارای مقادیر زیادی شن و مقادیر بسیار کمتری رس هستند. این وضعیت در اراضی کوهپایه‌ای لاهیجان تا لنگرود و هم‌چنین غرب سیاهکل نیز دیده می‌شود. بالابودن مقدار شن و کم بودن مقدار رس با توجه به کشت ممتد و طولانی برنج بدون اضافه نمودن کود پتاسیمی، کم بودن پتاسیم قابل جذب و پتاسیم غیرقابل تبادل را به دنبال داشته است. برمبنای حد بحرانی ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ۶۸/۸ درصد خاک‌های شالیزاری استان گیلان از نظر پتاسیم قابل جذب در وضعیت متوسط تا خیلی کم قرار دارند که به طور عمده در نواحی گیلان غربی و فومنات توزیع یافته‌اند و در صورت نتایج مثبت آزمایش‌های تکمیلی پاسخ گیاه برنج نسبت به مصرف کود پتاسیم، در نظر گرفتن مصرف این کود در مدیریت حاصلخیزی زراعت برنج ضروری است.

نتیجه‌گیری

با توجه به توزیع فراوانی (غیر نرمال و لگاریتم نرمال) اشکال مختلف پتاسیم در شالیزارهای استان گیلان، به نظر می‌رسد این اشکال تحت تأثیر تغییر در محیط‌های رسوب‌گذاری و آثار نامتقارن فرایندهای پدوژنیک و یا هیدرولوژیک قرار دارند و در نتیجه امکان مدیریت یک نواخت حاصلخیزی پتاسیم در تمام سطح شالیزارهای استان وجود ندارد.

پتاسیم غیر قابل تبادل (قابل استخراج به وسیله اسید نیتریک جوشان) در شالیزارهای استان گیلان در سطح نسبتاً کم تا کم قرار دارند. به نظر می‌رسد عواملی مانند غالب بودن کانی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

اسمکتیت و سابقه طولانی کشت بدون افزایش کود پتاسیم علت ایجاد این شرایط شده است. این شکل از پتاسیم تحت تأثیر پتاسیم قابل تبادل و درصد سیلت قرار داشت.

پتاسیم قابل جذب در نمونه خاک‌های حوزه آبخیز سپیدرود در مقایسه با خاک‌های بقیه نواحی استان بیشتر است. از طرف دیگر الگوی توزیع جغرافیایی آن منطبق با توزیع ذرات رس است. با توجه به انتقال ذرات رس از مناطق بالادست توسط رودخانه سپیدرود و رسوب متوالی آن در دشت‌های آبرفتی و ساحلی حوزه به همراه میانگین بالای غلظت پتاسیم در آب این رودخانه (۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) به نظر می‌رسد این دو عامل از مهم‌ترین منابع طبیعی تأمین کننده پتاسیم در خاک‌های این حوزه باشند.

مقدار پتاسیم قابل تبادل و غیر تبادلی در خاک‌های ناحیه فومنات از بقیه نواحی کمتر است. با توجه به آن که خاک‌های این ناحیه از رسوبات ساحلی قدیمی و رسوبات آبرفتی با مقدار رس کم تشکیل شده‌اند، لازم است با توجه به نتایج آزمون توصیه کودی نسبت به توجیه مصرف کود پتاسیم ویژه این مناطق اقدام نمود.

با درنظر گرفتن حد بحرانی ۱۶۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، ۶۸/۸ درصد خاک‌های شالیزاری استان گیلان از نظر پتاسیم قابل جذب در وضعیت متوسط تا خیلی کم قرار دارند که به طور عمده در نواحی گیلان غربی و فومنات توزیع یافته‌اند.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح تحقیقاتی به شماره: ۰۵۵- ۷۸- ۱۱- ۷۸- ۱۸- ۱۱۸ مؤسسه تحقیقات برنج کشور و از محل اعتبار آن مؤسسه اجرا شده است، استخراج شد و بدین وسیله تشکر می‌نماید. از همکاران آزمایشگاه خاک و تغذیه و سرکار خانم بصیری به خاطر همکاری‌های بی‌دریغ ایشان تشکر می‌نماید. هم‌چنین از آقای دکتر ترابی گلسفیدی به خاطر ارائه نظریات ارزنده‌شان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. آمارنامه نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک‌های استان گیلان. ۱۳۷۰. بخش تحقیقات خاک و تغذیه. مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت.

۲. احیایی، م. ۱۳۷۶. *شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک*. جلد دوم، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۳. احیایی، م و ع. ا. بهبهانی‌زاده. ۱۳۷۲. *شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک*. جلد اول، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۴. امیری، ر. ۱۳۷۴. بررسی پتانسیل تثبیت و اشکال مختلف پتاسیم در اراضی شالیکاری شرق گیلان. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران.

۵. اوستان، ش. ۱۳۷۳. بررسی تخلیه پتاسیم از خاک‌های شالیزاری شمال کشور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی کرج، دانشگاه تهران.

۶. بخشی‌پور، ر. ۱۳۷۲. چگونگی تشکیل، تحول و مینرالوژی خاک‌های منطقه لاهیجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۷. ترابی گلسفیدی، ح. ۱۳۸۰ پیدایش، رده‌بندی و ارزیابی تناسب اراضی خیس برای کشت برنج در شرق استان گیلان. پایان‌نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۸. ترابی گلسفیدی، ح. و م. کریمیان اقبال. ۱۳۷۵. تغییرات مینرالوژی خاک تحت تأثیر زمان بر روی تراس‌های سفیدرود در استان گیلان. خلاصه مقالات پنجمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

۹. توفیقی، ح. ۱۳۷۷. بررسی پاسخ برنج به کود پتاسه در خاک‌های شالیزاری شمال ایران. علوم کشاورزی ایران ۲۹ (۴) : ۸۸۳-۸۶۹.

۱۰. حسین‌پور، ع. و م. کلباسی. ۱۳۸۰. تثبیت پتاسیم و ویژگی‌های بار الکتریکی ذرات رس خاک در شماری از خاک‌های مناطق مرکزی و شمال ایران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۵: ۹۳- ۷۹.

۱۱. سهرابی، ک. و ی. خوش‌خواهش. ۱۳۷۸. ارزیابی بازده کاربرد آب در برنجزارهای تحت شبکه آبیاری گیلان و فومنات. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران ۳ (۴) : ۱-۱۴.

۱۲. شهدی کومله، ع. ۱۳۷۸. *بازنگری مدیریت تغذیه گیاه برنج و حاصلخیزی خاک شالیزار*. سازمان کشاورزی استان گیلان، رشت.

۱۳. کاوسی، م. ۱۳۷۸. مطالعه عوامل مؤثر در جذب پتاسیم از خاک توسط گیاه برنج و تعیین عصاره‌گیر مناسب برای پتاسیم در برخی از شالیزارهای گیلان. پایان‌نامه دکتری خاک‌شناسی. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۴. کاوسی، م. ۱۳۸۳. *کالیبراسیون پتاسیم برای گیاه برنج*. گزارش نهایی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت.

۱۵. کاوسی، م. و م. کلباسی. ۱۳۷۸. مقایسه روش‌های عصاره‌گیری پتاسیم خاک برای تعیین سطح بحرانی پتاسیم برای برنج در تعدادی از خاک‌های شالیزاری استان گیلان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۳ (۴) : ۵۷-۷۰.

۱۶. یزدانی، م. ر. ۱۳۸۲. تعین مقدار عرضه پتاسیم توسط منابع مختف آب آبیاری به شالیزارهای استان گیلان. گزارش نهایی، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت.

17. Bhonsle, M. S., S. K. Pal and G. S. Sekhon. 1992. Relationship of K forms and release characteristics with clay mineralogy. Geoderma 54: 285-293.
18. Conveys, E. S. and E. O. Mclean. 1969. Plant uptake and chemical extractions for evaluating potassium release characteristics of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 226-230.
19. Hakimian, A. 1977. Characteristics of some selected soils in the Caspian Sea Region of Iran. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 41: 1155-1161.
20. Jalali, M. and D. L. Rowell. 1999. The effect of cation exchange capacity, source of calcium and rate of potassium application on the leaching of K in a sandy soil. PP. 307. *In*: A. E. Johneston and W. Maibaum (Eds.), Balanced Fertilization and Crop Response to Potassium. IPI, Basel, Switzerland.
21. James, D. W. and W. H. Weaver. 1975. Potassium in an arid loessial soil: characterization by equilibrium release-absorption in strong salt solutions. Soil sci. soc. Amer. Proc. 39: 1106- 1111.
22. Khan, F. A. and T. E. Fenton. 1996. Factors affecting potassium status of alluvial- derivied soils of Western Iowa. Soil Sci. Soc. Amer. J. 60: 836-842.
23. Knudsen, D., G. A. Peterson and P. F. Pratt. 1990. Lithium, sodium and potassium. PP. 225- 246. *In*: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeny (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Agron. Monogr. 9, ASA, Madison, WI.
24. Malvin, J. L., D. G. Westfall and H. M. Colus. 1984. Six years of phosphorous and potassium fertilization of irrigated Alfalfa on calcareous soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 1111-1115.
25. Martin, H. W. and D. L. Spark. 1983. Kinetics of non- exchangeable potassium release from two coastal plain soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47: 883- 887.
26. Martin, H. W. and D. L. Sparks. 1985. On the behavior of non - exchangeable potassium in soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal 16: 133-162.
27. Mengel, K. 1993. Potassium status of soils, assessment and utilization. PP. 21-37. *In*: K. mengel and K. Krauss (Eds.), Availability of Soils in West Asia and North Africa Status Perspectives. SWRI and IPI, Tehran.
28. Mengel, K. and K. Kirkby. 1980. Potassium in crop production. Adv. Agron. 33: 59-103.
29. Mutscher, M. 1995. Measurement and Assessment of Soil Potassium. IPI res top, no.4. IPI, Basel. Switzerland.
30. Niederbude, E. A. and W. R. Fischer. 1980. Clay mineral transformation in soils as fluenced by potassium release from biotite. Soil Sci. 130: 225- 231.
31. Portela, E. A. 1993. Potassium supplying capacity of northeastern portuguese soils. Plant and soil 154: 13- 20.
32. Rahmatullah Salim, M. and K. Mengel. 1993. Potassium uptake by plants as offected by soil conditions. PP. 167-177. *In*: K. Mengel and K. Krauss (Eds.), K Availability of Soils in West Asia and North Africa- Status and Perspectives. SWRI and IPI, Tehran.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]

33. Ramzanpour, M., M. A. Bahmaniar, M. H. Roozitalab and M. J. Malakouti. 1992. The effect of continuous rice cultivation on the morphology and clay mineralogy of paddy soils in Northern Iran. Jast. 1: 53-65.
34. Rich, C. I. 1968. Mineralogy of potassium. PP. 79-108. *In*: V. J. Kimler, S. E. Younts and N. C. Brady (Eds.), Role of Potassium in Agriculture. American society of Agronomy. Madison, WI.
35. Saleem Akhtar, M. 1993. Potassium availability as affected by soil mineralogy. PP. 139-156. *In*: K. Mengel and K. Krauss (Eds.), K Avaiability of Soils in West Asia and North Africa- Status and Perspectives. Swri and IPI, Tehran.
36. Schneider, A. 1997. Release and fixation of potassium by a loamy soil as a affected by initial water content and potassium status of soil samples. Europ. J. Soil Sci. 48: 263-271.
37. Sekhon, G. S., M. S. Brar and A. Subba Rao. 1992. Potassium in some Benchmark soils of India. PRll special publications. 3: 1-83.
38. Sharpley, A. N. 1989. Relationship between soil potassium forms and mineralogy. Soil Sci. Soc. Amer. J. 52: 1023-1028.
39. Sharpley, A. N. 1990. Relation of fertilizer potassium in soils of deffering mineralogy. Soil Sci. 149: 44-51.
40. Skogley, E. O. and V. H. Haby. 1981. Predicting crop responces on high potassium soils of frigid temperature and ustic moisture regims. Soil sci. soc. Amer. J. 45: 533- 536.
41. Tisdale, S. L., W. L. Nelson and J. D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. 4th ed., Macmillan pub. Co., New York.
42. Uribe, E. and F. R. Cox. 1988. Soil properties affecting the availability of potassium in highly weathered soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 52: 148-152.
43. Wilding, L. P. and L. R. Dress. 1983. Spatial variability and pedology. PP. 83-116. *In*: L. P. Wilding, N. E. Smeck and G. F. Hall (Eds.), Pedogensis and Soil Taxonomy. I. Concepts and Interactions. Elsevier sci., Pub., North Holland.
44. Wood, L. K. and E. E. Deturk. 1941. The absorption of potassium soils in non- replaceable forms. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 5: 152-161.
45. Young, F. G., R. D. Hammer and D. Larsen. 1999. Frequency distributions of soil properties on a loess- manhed Missouri watershed. Soil sci. Soc. Amer. J. 63: 178-185.
46. Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. Prentice- Hall International INC., USA.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-20]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1384.9.4.6.5]