مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری گچ در برخی خاک‌های اصفهان

نفیسه یغمائیان مهابادی* و جواد گیوی[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۴/۱۰)

چکیده

کانی گچ موجود در خاک بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مینرالوژیکی خاک و در نتیجه جنبه‌های مدیریتی، طبقه‌بندی و ارزیابی اراضی تأثیر می‌گذارد. بنابراین دانستن مقدار دقیق آن برای اهداف مدیریتی، مهندسی، اصلاح اراضی و طبقه‌بندی خاک‌ها ضرروی می‌باشد. در اغلب آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی ایران، روش استون علی رغم محدودیت‌های زیاد به عنوان روش استاندارد اندازه‌گیری گچ به‌کار می‌رود. هدف از این تحقیق مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری گچ و انتخاب مناسب‌ترین روش می‌باشد. مناطق مورد مطالعه، شامل جعفرآباد برخوار و سپاهان شهر می‌باشند. نمونه‌گیری از اعماق مختلف شش پروفیل خاک انجام و از بین نمونه‌ها، تعدادی با دامنه وسیعی از مقدار گچ کم تا زیاد انتخاب شدند. مقدار گچ خاک‌ها توسط هشت روش استون، کربنات سدیم، رزین، تفاضل کلسیم و منیزیم، سولفات عصاره رقیق شده، کربنات آمونیوم، سیترات‌سدیم و اسید کلریدریک اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه درصد همپوشانی روش‌ها، پس از اضافه شدن مقدار معین گچ با درصد خلوص مشخص به خاک‌ها، مجدداً مقدار گچ آنها توسط هشت روش مذکور اندازه‌گیری گردید. برای مقایسه دقت روش‌ها از دو شاخص ضریب تغییرات و درصد بازیابی و هم‌چنین نزدیک بودن خطوط رگرسیونی به خط ۱:۱ استفاده شد. نتایج به‌دست آمده نشان دادند، از بین هشت روش مورد بررسی روش کربنات سدیم، دقیق‌ترین روش اندازه‌گیری گچ می‌باشد. پس از آن روش رزین می‌تواند به عنوان روش دقیق اندازه‌گیری میزان گچ در خاک‌های غیر شور استفاده گردد. روش‌های سیترات‌سدیم و اسیدکلریدریک برای مقادیر مختلف گچ و روش کربنات‌آمونیوم برای خاک‌هایی تا حدود ۳۰٪ گچ، از نظر دقت در اولویت سوم قرار دارند. روش‌های استون، تفاضل کلسیم و منیزیم و روش سولفات عصاره رقیق شده از دقت کافی برخوردار نبوده، زیرا عصاره‌گیر آب که در این روش‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، قادر به استخراج کامل گچ نمی‌باشد. نتایج حاصل مؤید این مطلب است که عامل اصلی تفاوت در دقت روش‌ها، نوع عصاره‌گیر گچ بوده و از بین عصاره‌گیرهای مورد بررسی، کربنات سدیم کارایی بالاتری دارد.

واژه‌های کلیدی: اندازه‌گیری گچ، مناسب‌ترین روش، درصد بازیابی، شیب خط رگرسیونی، روش کربنات سدیم

مقدمه

اراضی گچی جزء خاک‌های معمول در مناطق خشک و نیمه خشک با بارندگی سالیانه کمتر از ۴۰۰ میلی‌متر می‌باشند و این در حالی‌است که حدود ۳۶ درصد از خشکی‌های سطح

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: yaghmaeian.nafise@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

زمین را مناطقی با آب و هوای خشک تشکیل می‌دهد(۱۱). خاک‌های گچی ایران ۱۷/۵ درصد مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده و به نظر می‌رسد کشورمان در میان سایرکشورهای جهان بیشترین وسعت اراضی گچی را دارا باشد (۳). تنها در منطقه اصفهان بر اساس مطالعات خاک‌شناسی و گزارش‌های ارزیابی، نزدیک به یک میلیون هکتار خاک گچی وجود دارد (۱). خاک‌هایی با یک افق ضخیم‌تر از ۱۵ سانتی‌متر که دارای بیش از ۲۵ درصد وزنی گچ بوده و مرز بالایی آن در ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک قرار گیرد و یا این‌که درصد میزان گچ ضربدر ضخامت افق تا ۱۰۰ سانتی‌متری سطح خاک برابر یا بیشتر از ۱۵۰۰ باشد، گچی نامیده می‌شوند (۲). وجود کانی گچ در خاک می‌تواند بر بسیاری از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مینرالوژیکی خاک و در نتیجه جنبه‌های مدیریتی، طبقه‌بندی و ارزیابی اراضی تأثیر بگذارد. هم‌چنین خاک‌های قلیا به علت این‌که فاقد گچ هستند با اضافه کردن گچ اصلاح می‌شوند (۹ و ۲۸). هم‌چنین مقدار گچ خاک به عنوان معیاری برای طبقه‌بندی خاک در سطوح مختلف، شامل تحت رده، گروه بزرگ و فامیل رده بندی جدید آمریکایی (۲۹) به کار رفته و با سطوح مختلف ژئومورفیک، پدیده‌های تکتونیکی و سن خاک ارتباط دارد (۲۶) .حلالیت گچ تابعی از دما، اندازه ذرات و حضور سایر نمک‌ها در خاک بوده و بیشترین مقدار آن در دمای ۳۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد روی می‌دهد (۱۹). سایق و همکاران (۲۶) گزارش کردند، حلالیت گچ با ریزتر شدن ذرات و افزایش درجه رقت افزایش می‌یابد و بیشترین حلالیت گچ در اندازه ذرات ۲۷۰ مش و درجه رقت ۱ به ۵۰۰ اتفاق می‌افتد.

برای اندازه‌گیری کمّی و کیفی میزان گچ خاک، روش‌های مختلفی از جمله اندازه‌گیری یون‌های حاصل از حلالیت گچ در آب و محلول‌های الکترولیت، حذف مولکول‌های آب تبلور گچ در اثر حرارت دادن و یا نحوه پراش پرتوهای ایکس وجود دارد که هر کدام از این روش‌ها محدودیت‌های مربوط به خود را دارا می‌باشند. به عنوان مثال در روش اندازه‌گیری یون‌های حاصل از حلالیت گچ، خطای تبادلی و در پراش پرتوهای ایکس، جهت‌یابی ترجیحی کانی گچ به عنوان محدودیت عمل می‌کنند. روش‌های شیمیایی‌تر ، از روش‌های بسیار معمول و گسترده اندازه‌گیری گچ می‌باشند. در این روش‌ها پس از عصاره‌گیری کامل گچ توسط آب و یا محلول‌های الکترولیت، با اندازه‌گیری یکی از یون‌های Ca^{2+} و یا SO_4^{2-} مقدار گچ خاک محاسبه می‌گردد. محدودیت‌های این روش‌ها عبارت‌اند از: وجود منابع دیگر یون‌های کلسیم و سولفات و هدررفت کلسیم از طریق جذب سطحی بر روی کمپلکس‌های تبادلی (۲۴). در روش‌های شیمیایی‌تر بایستی سعی شود گچ موجود در نمونه حل شود. به‌دلیل حلالیت کم گچ در آب ($2/6\ g.L^{-1}$ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد)، نسبت‌های زیاد آب به خاک و استفاده از الک‌های بسیار ریز برای صاف کردن نمونه‌ها با توجه به رابطه مستقیم حلالیت گچ و اندازه کریستال‌های آن لازم می‌باشد(۲۱). به منظور اطمینان از انحلال کامل گچ، هدایت الکتریکی عصاره اشباع مبنا قرار می‌گیرد. اگر EC عصاره اشباع کمتر از $dS.m^{-1}$ ۲/۲ باشد، می‌توان گفت تمام گچ نمونه خاک حل شده و مشکلی وجود ندارد (مقدار گچ کمتر از ۰/۲ درصد). اما اگرEC عصاره اشباع $dS.m^{-1}$ ۲/۲ و غلظت یون کلسیم و سولفات حدود $cmol.L^{-1}$ ۳۲-۳۰ باشد، احتمالاً عصاره، اشباع از گچ می‌باشد و عصاره‌ای با رقت بیشتر برای حلالیت کامل گچ لازم است. در نهایت اگر EC عصاره اشباع بیشتر از $dS.m^{-1}$ ۲/۲ بوده و غلظت یون کلسیم وسولفات بیش از $cmol.L^{-1}$ ۳۲-۳۰ باشد، در این صورت نمک‌های محلول‌تر از گچ در خاک حضور دارند (۲۴).

برخی از روش‌های شیمیایی‌تر عبارت‌اند از:

۱. اندازه‌گیری Ca^{2+} حاصل از حلالیت گچ در آب (۱۷)
۲. اندازه‌گیری SO_4^{2-} حاصل از حلالیت گچ در اسید (۲۴)
۳. اندازه‌گیری SO_4^{2-} حاصل از حلالیت گچ در عصاره رقیق شده (۲۱)
۴. اندازه‌گیری گچ توسط کربنات آمونیوم (۱۶ و۲۰)
۵. اندازه‌گیری گچ توسط سیترات سدیم (۲۰)
۶. اندازه‌گیری گچ از طریق هدایت الکتریکی (۱۰)
۷. تفاضل Mg^{2+} + Ca^{2+} عصاره اشباع و عصاره رقیق

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

شده (۱۸). از آنجایی‌که یون‌های کلسیم حاصل از حلالیت گچ، بر روی مکان‌های تبادلی جذب شده و می‌توانند جانشین یون‌های منیزیم شوند، ایجاد خطای منفی می‌کنند. بنابراین با اندازه‌گیری هم‌زمان $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ این خطای تبادلی تصحیح شده و می‌توان خطای منفی تبادلی را به تبادل یون‌های کلسیم حاصل از حلالیت گچ با کاتیون‌های دیگر به غیر از Mg^{2+} نسبت داد.

۸. اندازه‌گیری گچ توسط رزین (۲۵). در این روش تمام کاتیون‌های نمک‌های محلول و کم محلول به اسیدهای خودشان تبدیل شده و با اندازه‌گیری اسیدیته، مقدار گچ خاک محاسبه می‌شود. استرن و همکاران (۳۰) گزارش کردند مخلوط رزین سدیمی و کلریدی باعث افزایش قابل توجه حلالیت گچ می‌شود.

۹. اندازه‌گیری گچ از طریق تبدیل سولفات کلسیم به سولفات سدیم (۹)

با توجه به این‌که ۲۰/۹۱ درصد مولکول گچ را آب تبلور تشکیل می‌دهد (۱۳)، یکی از روش‌های دیگر اندازه‌گیری گچ از طریق حذف مولکول‌های آب تبلور گچ می‌باشد (۲۲). الپرینس و تورجمان (۱۲) از روش تابش اشعه مادون قرمز برای تعیین مقدار گچ خاک استفاده کرده و دقت بالاتر آن را نسبت به روش وزن سنجی گزارش کردند. بازتاب اشعه ایکس (۰۲۰) برای گچ در $7/56A^{\circ}$ تقریباً خاص و ویژه است و برای شناسایی و تخمین نیمه کمی مقدار گچ خاک استفاده می‌شود. این روش دارای محدودیت‌هایی مانند انجام آزمایش در تکرارهای زیاد و محاسبات سخت می‌باشد (۲۴و۲۸). پوک (۲۳) برای اندازه‌گیری مقدار گچ خاک از روش وزن سنجی حرارتی (Thermal Gravimetric Analysis) استفاده کرده و نتایج بهتر آن را نسبت به روش استون گزارش کرد. اسواران و زای- تانگ (۱۳) توصیه کردند زمانی‌که مقدار گچ خاک زیاد است از روش TGA استفاده شود. اسکاری وهمکاران (۲۸) در مقایسه دو روش اندازه‌گیری گچ، بر اساس میزان یون‌های کلسیم و سولفات نشان دادند درخاک‌هایی با شوری کلروره نتایج دو روش منطبق بر خط ۱:۱ بوده اما در خاک‌های سولفاته نتایج، رابطه خطی خوبی را نشان نمی‌دهند که دلیل آن حضور کمتر کاتیون کلسیم در مکان‌های تبادلی خاک سولفاته می‌باشد. ال- اواجی و همکاران (۶) گزارش کردند روش‌های حرارتی اندازه‌گیری گچ، مقدار گچ را بیشتر و روش‌های هدایت سنجی مقدار آن را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند.

در اغلب آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی ایران روش معمول اندازه‌گیری گچ، روش استون (۳۱) می‌باشد که به‌دلیل حلالیت نسبی کم سولفات کلسیم نسبت به سایر املاح موجود در خاک و تأثیرپذیری آن از عواملی چون غلظت املاح، دما و اندازه ذرات و هم‌چنین انتخاب نادرست نسبت آب به خاک و عدم انحلال کامل گچ در عصاره، اندازه‌گیری دقیق آن اشکالات زیادی را به همرا دارد. لذا شناسایی روش‌های بهتر و دقیق‌تر اندازه‌گیری گچ با توجه به اقلیم کشور و گسترش تشکیلات گچی در آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در همین راستا پژوهشی با هدف اصلی مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری کمّی گچ و انتخاب مناسب‌ترین روش با توجه به شرایط خاک‌های مورد مطالعه، صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق و به منظور داشتن دامنه وسیعی از مقدار گچ در نمونه‌های خاک، ابتدا با توجه به شکل ظاهری و رنگ پروفیل خاک از اعماق مختلف ۶ پروفیل خاک در منطقه جعفرآباد برخوار و سپاهان شهر به ترتیب واقع در قسمت شمال غربی و جنوب شرقی شهرستان اصفهان نمونه برداری انجام شد. ۲۴ نمونه خاک از اعماق مختلف پروفیل‌ها تهیه شده و به آزمایشگاه انتقال داده شدند. قبل از شروع آزمایش‌های اصلی، مقدار تقریبی گچ ۲۴ نمونه خاک با روش استاندارد استون اندازه‌گیری شده و ۷ نمونه خاک به عنوان خاک‌های شاخص که دارای دامنه گسترده‌ای از مقدار گچ منطقه بودند، انتخاب شدند. بر اساس روش تاکسونومی خاک‌ها (۲۹)، نمونه خاک‌های ۱ و۳ در گروه بزرگ کلسی جیپسیدز، خاک‌های۴،۵ و ۶ در گروه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک

شماره نمونه خاک	عمق (cm)	افق	شن (٪)	سیلت (٪)	رس (٪)	آهک (٪)	گچ[1] (٪)	OM (٪)	pH عصاره اشباع	EC (dS/m)	کاتیون‌های محلول(meq/L)			
											K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
۱	۱۰-۳۵	Bk_1	۶۶	۱۶	۱۸	۴۷/۵	۰/۹	۰/۴۱	۷/۷	۲/۵	۰/۶	۲/۷	۲۱/۸	۱۳/۲
۲	۱۰۰-۱۳۰	Bk_2	۳۸	۲۲	۴۰	۳۲/۷	۱۶/۳	۰/۷۲	۷/۲	۴۶/۲	۰/۳	۴۰۳/۶	۱۸۸/۶	۸۰/۴
۳	۶۰-۸۵	By_1	۵۷	۸	۳۵	۴۱/۷	۲۴/۸	۰/۶۵	۷/۲	۱۳/۵	۰/۵	۴۰/۸	۱۱۲/۲	۴۶/۳
۴	۰-۱۰	A	۶۲	۳۰	۸	۴۱/۷	۳۳/۹	۰/۴۸	۷/۷	۲/۱	۰/۹	۲/۲	۲۵/۶	۳/۶
۵	۶۰-۱۰۷	By_2	۵۱	۳۲	۱۷	۳/۳۱	۴۹/۰	۰/۱۳	۷/۵	۲/۱	۰/۳	۱/۱	۲۸/۸	۵/۲
۶	۱۰-۶۰	By_1	۵۱	۳۲	۱۷	۳۱/۵	۶۱/۳	۰/۲۳	۷/۵	۲/۲	۰/۴	۱/۴	۲۶/۸	۴/۲
۷	۱۰-۶۰	By_2	۵۶	۲۹	۱۵	۲۲/۵	۷۵/۵	۰/۲۱	۷/۵	۲/۳	۰/۴	۱/۵	۲۸/۸	۴/۲

۱. گچ به روش کربنات سدیم اندازه‌گیری شده است.

بزرگ هاپلو جیپسیدز و خاک‌های ۲ و۷ به ترتیب در گروه بزرگ هاپلو کلسیدز و هاپلو جیپسیدز قرار گرفتند. طرح آزمایشی به صورت آزمایش‌های فاکتوریل و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار پیاده شد. نمونه‌های خاک هوا خشک پس از کوبیده شدن، از الک mm ۲، برای اندازه‌گیری بافت به روش پیپت و با پیش تیمار هس (۱۵) و از الک ۰/۵mm به منظور انجام آزمایش‌های شیمیایی با روش‌های معمول، عبور داده شدند. قابل ذکر است که در هنگام کوبیدن نمونه‌ها سعی شد تمام گچ همراه شن وسنگ‌ریزه به‌وسیله کاردک جدا شده و از جزء درشت خاک خارج شود. نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری گچ در نمونه‌های خاک توسط روش‌های استون (۳۱)، رزین اسیدی (۱۴ و ۱۵)، کربنات سدیم (۹)، سولفات عصاره رقیق شده (۲۱)، تفاضل $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ عصاره اشباع و عصاره رقیق شده(۱۸)، کربنات آمونیوم، سیترات سدیم و اسید کلریدریک (۲۰) اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیر گچ در روش‌های فوق به ترتیب آب، رزین اسیدی، کربنات سدیم، آب، آب، کربنات آمونیوم، سیترات سدیم و اسید کلریدریک و اساس اندازه‌گیری گچ به ترتیب هدایت سنجی الکتریکی، تیتراسیون اسیدی، کدورت سنجی سولفات، تیتراسیون کلسیم ومنیزیم، کدورت سنجی سولفات و برای سه روش آخر وزن سنجی سولفات بود. در روش‌هایی که از آب به عنوان عصاره‌گیر گچ استفاده شد، برای انتخاب نسبت آب به خاک مناسب و تهیه عصاره ای با غلظت گچ ۵ mM و یا کمتر،از روش نلسون (۲۱) استفاده شد.

در روش کربنات سدیم، ۲ گرم خاک داخل لوله‌های ۵۰ میلی‌لیتری سانتریفیوژ ریخته شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر اتانول ۵۰٪ برای خارج شدن سولفات‌های محلول و کاستن حلالیت گچ به خاک اضافه گردید. پس از سانتریفیوژ مخلوط الکل وخاک، محلول رویی دور ریخته شد و خاک ته لوله با ۲۵ میلی لیتر کربنات سدیم ۰/۵ مولار مخلوط شد. در اثر اضافه شدن کربنات‌سدیم، سولفات‌سدیم محلول و کربنات‌کلسیم ایجاد شده و از آنجایی‌که ممکن است، کربنات‌کلسیم روی ذرات گچ رسوب کرده و سطح آنها را بپوشاند پس از اضافه کردن کربنات‌سدیم، خاک به مدت ۳۰ ثانیه اولتراسونیک شد تا از تشکیل پوسته‌های کلسیتی روی ذرات گچ جلوگیری نموده و مقدار سولفات‌سدیم تشکیل شده را افزایش دهد. پس از پایان عمل اولتراسونیک، سوسپانسیون داخل لوله، سانتریفیوژ شد و محلول رویی با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شده و جمع‌آوری گردید. مجدداً به خاک ته لوله ۲۵ میلی‌لیتر کربنات‌سدیم اضافه شده و عمل اولتراسونیک و سانتریفیوژ تکرار گردید. سپس محلول، صاف شده و به مایع صاف شده قبلی اضافه شد. عصاره‌گیری با کربنات‌سدیم تا آنجا ادامه یافت که وقتی به محلول زلال رویی پس از سانتریفیوژ و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

اولتراسونیک خاک و کربنات‌سدیم، محلول کلریدباریم اضافه شد، رسوبی تشکیل نشود. در صورت تشکیل رسوب عصاره‌گیری باید ادامه یابد. پس از کامل شدن مرحله عصاره‌گیری، مقدار یون سولفات در عصاره جمع‌آوری شده بوسیله روش کدورت‌سنجی اندازه‌گیری شد.

بررسی دقت روش‌ها

پس از اندازه‌گیری مقدار گچ نمونه‌های خاک توسط هشت روش مذکور به ۱۰۰ گرم از هر خاک، ۱۰ گرم گچ آزمایشگاهی با درصد خلوص مشخص اضافه شد. پس از آن مجدداً مقدار گچ هر نمونه، دقیقاً مانند نمونه خاک‌های اولیه و توسط همان روش‌ها اندازه‌گیری شد. نسبت گچ اندازه‌گیری شده در مرحله دوم به مقدار گچ موجود در خاک (مقدار گچ به‌دست آمده از مرحله اول به علاوه مقدار گچ اضافه شده به خاک)، میزان بازیابی (Recovery) (رابطه ۱) را در هر روش و برای هر نمونه خاک نشان می‌دهد. به‌طوری‌که هر چه درصد بازیابی روش به ۱۰۰ نزدیک‌تر باشد و به عبارتی هر چه میانگین قدرمطلق اختلاف درصد بازیابی روش با ۱۰۰ کمتر باشد، دقت آن روش بیشتر است. اضافه کردن مقدار مشخص گچ به نمونه‌های خاک و محاسبه درصد بازیابی به منظور ارزیابی دقت روش‌های مختلف اندازه‌گیری گچ توسط بریگاری و ال - انی (۹)، الپرینس و تورجمان (۱۲)، نلسون (۲۱) و لاگرورف و همکاران (۱۸) انجام شده است. آجوا و طباطبایی(۵) نیز در مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری سولفات خاک برای بررسی دقت هر روش، مقدار معینی از نمک‌های معدنی حاوی سولفات را به خاک اضافه نمودند. ضریب تغییرات (Coefficient of variation)، شاخص دیگری برای بررسی دقت روش‌های مورد بررسی می‌باشد. هر چه میانگین ضریب تغییرات روش کمتر باشد، دقت روش بالاتر است (۵ و۹).

$$RC = \frac{G_1^+}{G_2^+} \times 100 \qquad [1]$$

RC: درصد بازیابی

G_1^+: مقدار گچ اندازه‌گیری شده پس از اضافه کردن ۱۰ گرم گچ به ۱۰۰ گرم خاک (٪)

G_2^+: مقدار گچ اندازه‌گیری شده قبل از اضافه کردن ۱۰ گرم گچ به ۱۰۰ گرم خاک (٪) به اضافه ۱۰ گرم گچ در هر ۱۰۰ گرم خاک

مقایسه آماری روش‌ها توسط جداول مقایسه میانگین، با استفاده از آزمون توکی انجام شد. به منظور بررسی رابطه بین روش‌ها از رگرسیون خطی استفاده گردید. این ارتباطات با توجه به ضرایب هم بستگی و نزدیک بودن خطوط رگرسیونی به خط ۱:۱ مورد بحث قرار گرفت.

نتایج و بحث

مقایسه روش‌های مختلف اندازه‌گیری گچ

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری مقدار گچ خاک‌ها به‌وسیله روش‌های مختلف نشان داد، بیشترین مقدار گچ اندازه‌گیری شده برای هر نمونه خاک مربوط به روش‌های کربنات‌سدیم و رزین که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند، بوده وکمترین مقدار گچ اندازه‌گیری شده مربوط به روش‌های سولفات عصاره رقیق شده، استون و کربنات‌آمونیوم می‌باشد (جدول ۲). در روش کربنات‌سدیم با اضافه کردن محلول کربنات‌سدیم به خاک به دلیل بالا رفتن غلظت کربنات در محیط خاک، کربنات‌کلسیم در حضور یون کلسیم در خاک تشکیل می‌شود. بدنبال آن با کاهش غلظت کلسیم محلول، گچ موجود در خاک با هدف جبران این کاهش غلظت، شروع به حل شدن می‌کند و بدین صورت حلالیت گچ افزایش می‌یابد. با حلالیت گچ و آزاد شدن یون سولفات و عدم جذب سطحی آن به‌دلیل پدیده دفع آنیونی در pH>۶ می‌توان با اندازه‌گیری سولفات، میزان گچ خاک را محاسبه نمود. این فرضیه هم که ممکن است، در روش کربنات‌سدیم علاوه بر سولفات‌های گچی، سولفات‌های غیرگچی هم اندازه‌گیری شوند، با شستشوی نمونه‌های خاک در ابتدای کار توسط اتانول رد می‌شود. هم‌چنین احتمال رسوب کربنات‌کلسیم تشکیل شده در مرحله اول بر سطح ذرات گچ

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

جدول ۲. مقایسه روش استون با سایر روش‌های اندازه‌گیری گچ

شماره نمونه خاک	روش								HSD $p \leq ۰/۰۵$	HSD $p \leq ۰/۰۱$
	استون ٪	کربنات‌سدیم ٪	تفاضل کلسیم و منیزیم ٪	سولفات عصاره رقیق‌شده ٪	رزین ٪	کربنات‌آمونیوم ٪	سیترات‌سدیم ٪	اسیدکلریدریک ٪		
۱	۰/۰۶	۰/۹۴**	۰/۳۲**	۰/۲۳**	۱/۲**	۰/۶۵**	۰/۸۰**	۰/۵۲**	۰/۱۶	۰/۱۳
۲	۹/۳	۱۶/۲**	۷/۶ n.s	۶/۲**	۱۴/۴**	۹/۲ n.s	۹/۸ n.s	۱۰/۸ n.s	۲/۲۴	۱/۸۰
۳	۱۳/۶	۲۴/۸**	۱۵/۵ n.s	۱۲/۵ n.s	۲۲/۸**	۱۷/۹**	۱۸/۵**	۱۶/۲*	۲/۶۱	۲/۱۰
۴	۲۸/۱	۳۳/۹**	۲۷/۵ n.s	۲۲/۵**	۳۶/۸**	۲۴/۵ n.s	۲۵/۷ n.s	۳۰/۳ n.s	۴/۵۲	۳/۶۴
۵	۲۸/۶	۴۸/۱**	۴۳/۸**	۳۹/۳**	۴۴/۵**	۲۷/۳ n.s	۳۱/۲ n.s	۳۲/۲ n.s	۵/۹۱	۴/۷۷
۶	۳۷/۰	۶۱/۳**	۵۵/۰**	۴۵/۷**	۵۵/۸**	۳۹/۰ n.s	۴۹/۱**	۴۷/۸**	۷/۱۸	۵/۷۸
۷	۶۰/۲	۷۵/۵**	۴۳/۱**	۳۸/۴**	۸۱/۶**	۴۰/۵**	۶۴/۹ n.s	۶۵/۴ n.s	۱۰/۰۶	۸/۱۱

هم با پراکنده کردن ذرات خاک به‌وسیله عمل اولتراسونیک در حضور یون سدیم رد می‌شود. پس می‌توان گفت دلیل مقادیر بیشتر گچ اندازه‌گیری شده در روش کربنات‌سدیم، حلالیت کامل‌تر گچ و تابعیت کمتر حلالیت آن از ترکیبات کاتیونی و آنیونی خاک می‌باشد. نجیب (۲۰) در مطالعه خود روی خاک‌های گچی عراق با دامنه وسیعی از مقدار گچ، اختلاف معنی‌داری را بین روش‌های اندازه‌گیری گچ شامل روش‌های استون، رزین، سیترات سدیم، کربنات آمونیوم، اسیدکلریدریک و وزن سنجی حرارتی گزارش نکرد. با این حال او استفاده از روش‌هایی به جز استون را برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر توصیه کرد.

مقایسه روش استون با سایر روش‌های اندازه‌گیری گچ

از آنجایی‌که در اغلب آزمایشگاه‌های خاک‌شناسی ایران روش معمول اندازه‌گیری گچ، روش استون می‌باشد، به نظر می‌رسد مقایسه این روش با سایر روش‌های اندازه‌گیری گچ نتایج مفیدی را در پی داشته باشد. از مقایسه‌های انجام شده مشخص گردید، روش استون با روش‌های رزین و کربنات‌سدیم در تمام نمونه خاک‌ها و با روش‌های سولفات عصاره رقیق شده، تفاضل کلسیم و منیزیم، سیترات سدیم، کربنات آمونیوم و اسید کلریدریک در تعداد کمتری از نمونه‌های خاک اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۲). در مورد اختلاف دو روش تفاضل کلسیم و منیزیم و سولفات عصاره رقیق شده با روش استون، اختلاف یک سویه‌ای مشاهده نشد که دلیل آن می‌تواند روابط پیچیده حلالیت گچ در آب، تأثیر رقت بر فرایند تبادل کاتیونی، تأثیر املاح بر حلالیت گچ و هم‌چنین منابع خطای موجود در هر کدام از سه روش اندازه‌گیری گچ باشد. از آنجایی‌که عصاره‌گیر گچ در هر سه روش آب است، تفاوت‌های مشاهده شده نمی‌تواند ناشی از تفاوت حلالیت گچ در عصاره‌گیر باشد.

تأثیر نوع شوری بر اختلاف روش استون با سایر روش‌ها

با توجه به شیمی کاتیون‌ها و آنیون‌ها، خاک‌های مورد مطالعه دارای شوری کلروره و سولفاته بوده و در دو گروه کلسیم – سدیم و سدیم- کلسیم قرار گرفتند(جدول ۳). با توجه به خصوصیات شیمیایی خاک‌ها دیده شد که این خاک‌ها از نظر واکنش شیمیایی(pH)، تغییرات زیادی نداشته و همگی در گروه خاک‌های خنثی تا کمی قلیایی قرار گرفتند و از نظر فاکتور ریزی و درشتی ذرات گچ، تمام نمونه خاک‌های هوا خشک از الک ۳۵ مش عبور داده شدند و تا حد زیادی تأثیر فاکتور اندازه ذرات حذف شد. بنابراین اختلاف در نتایج به‌دست آمده تحت تأثیر pH و ریزی و درشتی ذرات گچ نبوده و با قاطعیت بیشتری می‌توان آن را به دیگر خصوصیات خاک و به طور کلی کیفیت و کمیت املاح نسبت داد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

جدول۳. نوع شوری خاک بر اساس رده‌بندی بازیلویچ و پانکوا (۸)، و اختلاف روش استون با دو روش کربنات‌سدیم و رزین

شماره نمونه	نسبت آنیون‌ها(meq/L)			نوع شوری	نسبت کاتیون‌ها(meq/L)			نوع شوری	اختلاف روش کربنات‌سدیم و استون ٪	اختلاف روش رزین واستون ٪
	HCO_3^-/SO_4^{2-}	HCO_3^-/Cl^-	Cl^-/SO_4^{2-}		Na^+/Mg^{2+}	Na^+/Ca^{2+}	Mg^{2+}/Ca^{2+}			
۱	۰/۰۷	۰/۴۷	۰/۱۴	سولفاته	۰/۲	۰/۲	۰/۰۶	سدیم–کلسیم	۰/۸۷	۱/۱۴
۲	۰/۰۳	۰/۰۰۲	۱۳/۱۲	کلروره	۵/۰۲	۲/۱۴	۰/۴۲	کلسیم–سدیم	۶/۸۷	۵/۰۷
۳	۰/۰۵	۰/۰۰۶	۸/۲۹	کلروره	۰/۸۸	۰/۳۶	۰/۴۱	سدیم–کلسیم	۱۱/۱۵	۹/۲۲
۴	۰/۰۴	۰/۵	۰/۰۶	سولفاته	۰/۶۱	۰/۰۸	۰/۱۴	سدیم–کلسیم	۵/۷۳	۸/۶۵
۵	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۱۳	سولفاته	۰/۲۱	۰/۰۳	۰/۱۸	سدیم–کلسیم	۱۹/۴۸	۱۵/۹۱
۶	۰/۰۵	۰/۴۵	۰/۱۱	سولفاته	۰/۳۳	۰/۰۵	۰/۱۵	سدیم–کلسیم	۲۴/۳۳	۱۸/۸۶
۷	۰/۰۲	/۳۱	۰/۰۶	سولفاته	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۱۴	سدیم–کلسیم	۱۵/۲۲	۲۱/۳۲

نتایج نشان دادند که مقادیر گچ به‌دست آمده توسط دو روش رزین وکربنات سدیم همواره بیش از مقادیر گچ اندازه‌گیری شده توسط روش استون می‌باشد، که دلیل آن می‌تواند حلالیت بیشتر گچ و تابعیت کمتر آن از ترکیبات کاتیونی و آنیونی خاک در محلول کربنات سدیم و شرایط اسیدی رزین باشد. علاوه بر آن در خاک‌های مختلف درصد اختلافات متفاوتی مشاهده شد به‌طوری‌که میانگین تفاوت دو روش رزین و کربنات سدیم با روش استون در خاک‌هایی با شوری آنیونی کلروره و شوری کاتیونی کلسیم – سدیم کمتراز اغلب خاک‌هایی با شوری آنیونی سولفاته و شوری کاتیونی سدیم – کلسیم است که می‌تواند به دلیل تأثیر یون مشترک بر حلالیت گچ باشد. البته این احتمال وجود دارد که علت درصد اختلافات متفاوت، روند افزایشی میزان گچ از خاک شماره ۱ به طرف خاک شماره ۷ باشد. محمودی (۴) در اندازه‌گیری گچ خاک با روش رزین هیدروژنه و مقایسه آن با روش استون نشان داد که مقادیر گچ اندازه‌گیری شده در خاک باروش رزین هیدروژنه پیوسته بیش از روش استون بوده و اختلاف آنها بین ۲۳/۹ و ۱/۸۷ درصد می‌باشد. سینگ و باجوا (۲۷) نیز افزایش حلالیت گچ را با افزایش EC وSAR محلول و آرسلن و دات (۷) تأثیر حلالیت گچ را تحت حضور یون‌های موجود در محلول خاک‌های شور گزارش کردند.

ارزیابی دقت روش‌ها

از میان روش‌های مورد بررسی حداقل میانگین ضریب تغییرات مربوط به روش کربنات سدیم و بیشترین مقدار آن مربوط به روش تفاضل کلسیم و منیزیم می‌باشد (جدول ۴). بیشترین میانگین قدر مطلق تفاضل درصد بازیابی با ۱۰۰ مربوط به روش استون و کمترین مقدار آن مربوط به روش کربنات سدیم می‌باشد (جدول ۵). مقایسه میانگین قدر مطلق اختلاف درصد بازیابی با ۱۰۰ (جدول ۶) نشان داد که روش کربنات سدیم با روش رزین اختلاف معنی‌داری نداشته و هر دو در یک گروه آماری قرار می‌گیرند. بنابراین روش کربنات سدیم با کمترین میانگین قدر مطلق اختلاف درصد بازیابی با ۱۰۰، محدودترین دامنه و کمترین میانگین ضریب تغییرات از دقت کافی برخوردار می‌باشد. این روش در مقایسه با روش رزین ساده‌تر، سریع‌تر و کم هزینه‌تر بوده و لذا به عنوان مناسب‌ترین روش پیشنهاد می‌شود.

به منظور ارزیابی دقت سایر روش‌ها، روش کربنات سدیم با هفت روش دیگر از طریق روابط رگرسیونی و آزمون آماری

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

جدول ۴. ضرایب تغییرات روش‌های مختلف

شماره نمونه خاک	CV (%)							
	کربنات سدیم	استون	تفاضل کلسیم ومنیزیم	سولفات عصاره رقیق شده	رزین	کربنات آمونیم	سیترات سدیم	اسیدکلریدریک
۱	۳/۲	۷/۷	۱۱/۴	۶/۵	۶/۶	۴/۳	۸/۷	۷/۹
۲	۳/۱	۱۰/۹	۸/۰	۴/۲	۵/۱	۷/۷	۴/۱	۳/۵
۳	۲/۰	۴/۹	۶/۲	۶/۳	۳/۴	۳/۳	۳/۹	۶/۲
۴	۱/۸	۳/۴	۶/۳	۸/۸	۳/۲	۲/۲	۵/۱	۴/۳
۵	۱/۹	۳/۹	۷/۶	۵/۶	۲/۵	۱/۹	۳/۱	۳/۳
۶	۱/۰	۵/۶	۷/۹	۴/۹	۲/۴	۲/۲	۱/۵	۲/۰
۷	۱/۰	۶/۳	۱۴/۴	۴/۸	۲/۶	۲/۹	۱/۶	۱/۸
میانگین	۲/۰	۶/۱	۸/۸	۵/۹	۳/۷	۳/۵	۳/۹	۴/۱

جدول ۵ . قدرمطلق اختلاف درصد بازیابی با ۱۰۰ در روش‌های مختلف

شماره نمونه خاک	کربنات سدیم	استون	تفاضل کلسیم و منیزیم	سولفات عصاره رقیق شده	رزین	کربنات آمونیم	سیترات سدیم	اسیدکلریدریک
۱	۳/۲	۳۰/۷	۷/۶	۱۷/۹	۳/۷	۱/۴	۳/۷	۳/۷
۲	۱/۲	۳۴/۷	۱۳/۷	۹/۷	۱/۴	۰/۸	۴/۴	۵/۱
۳	۰/۴	۲۳/۶	۱۰/۸	۸/۸	۰/۷	۶/۹	۵/۷	۳/۴
۴	۰/۳	۲۵/۳	۱۴/۸	۱۲/۳	۱/۴	۱/۵	۶/۱	۴/۴
۵	۰/۵	۱۹/۹	۲۳/۰	۱۸/۴	۲/۱	۳/۲	۵/۳	۳/۷
۶	۰/۱	۲۴/۶	۲۹/۲	۱۳/۸	۰/۴	۵۵/۶	۶/۸	۵/۳
۷	۱/۲	۱۰/۴	۲۲/۵	۱۹/۳	۲/۸	۲۱/۱	۳/۶	۴/۲
میانگین	۱/۰	۲۴/۲	۱۷/۴	۱۴/۳	۱/۶	۸/۲	۵/۱	۴/۲

جدول ۶ . مقایسه میانگین قدرمطلق اختلاف درصد بازیابی با ۱۰۰ در هشت روش اندازه‌گیری گچ

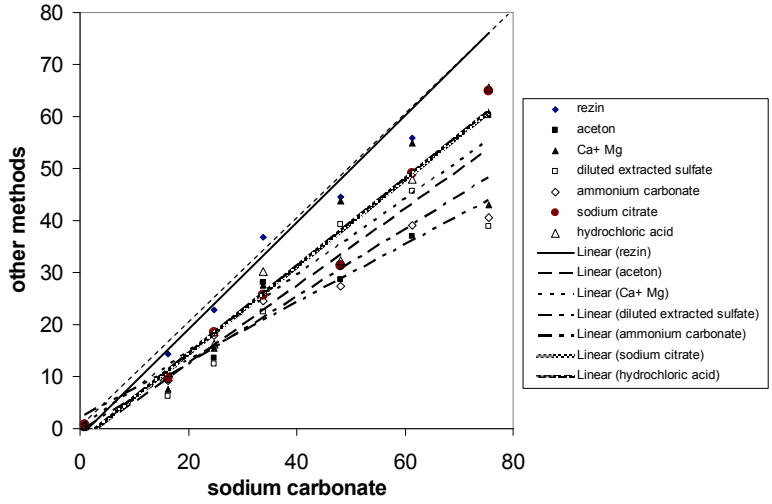
روش	میانگین قدرمطلق اختلاف درصد بازیابی با ۱۰۰٪
استون	۲۴/۲ ^{a}
تفاضل $Ca^{2+}+Mg^{2+}$	۱۷/۴ ^{ab}
سولفات عصاره رقیق‌شده	۱۴/۳ ^{abc}
کربنات‌آمونیوم	۸/۲ ^{bcd}
سیترات‌سدیم	۵/۱ ^{cd}
اسیدکلریدریک	۴/۲ ^{cd}
رزین	۱/۶ ^{d}
کربنات‌سدیم	۱/۶ ^{d}

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

جدول۷. مقایسه روش کربنات سدیم با سایر روش‌های اندازه‌گیری گچ

شماره نمونه خاک	روش								HSD $p \leq ۰/۰۵$	HSD $p \leq ۰/۰۱$
	کربنات‌سدیم ٪	استون ٪	تفاضل کلسیم ومنیزیم ٪	سولفات عصاره رقیق‌شده ٪	رزین ٪	کربنات‌آمونیوم ٪	سیترات سدیم ٪	اسیدکلریدریک ٪		
۱	۰/۹۴	۰/۰۶**	۰/۳۲**	۰/۲۳**	۱/۲**	۰/۶۵**	۰/۸۰*	۰/۵۲**	۰/۱۶	۰/۱۳
۲	۱۶/۲	۹/۳*	۷/۶**	۶/۲**	۱۴/۴$^{n.s}$	۹/۲**	۹/۸**	۱۰/۸**	۲/۲۴	۱/۸۰
۳	۲۴/۸	۱۳/۶**	۱۵/۵**	۱۲/۵**	۲۲/۸$^{n.s}$	۱۷/۹**	۱۸/۵**	۱۶/۲**	۲/۶۱	۲/۱۰
۴	۳۳/۹	۲۸/۱**	۲۷/۵**	۲۲/۵**	۳۶/۸$^{n.s}$	۲۴/۵**	۲۵/۷**	۳۰/۳$^{n.s}$	۴/۵۲	۳/۶۴
۵	۴۸/۱	۲۸/۶**	۴۳/۸$^{n.s}$	۳۹/۳**	۴۴/۵$^{n.s}$	۲۷/۳**	۳۱/۲**	۳۲/۲**	۵/۹۱	۴/۷۷
۶	۶۱/۳	۳۷/۰**	۵۵/۰*	۴۵/۷**	۵۵/۸$^{n.s}$	۳۹/۰**	۴۹/۱**	۴۷/۸**	۷/۱۸	۵/۷۸
۷	۷۵/۵	۶۰/۲**	۴۳/۱**	۳۸/۴**	۸۱/۶$^{n.s}$	۴۰/۵**	۶۴/۹*	۶۵/۴*	۱۰/۰۶	۸/۱۱



شکل ۱. رابطه رگرسیونی روش کربنات سدیم و سایر روش‌های مورد بررسی

توکی (جدول ۷) مقایسه شد. تمام ضرایب هم بستگی به‌دست آمده دارای مقادیر بالایی بودند و شیب خط رگرسیونی روش کربنات سدیم در مقابل سایر روش‌ها متفاوت بود. به‌طوری‌که کمترین اختلاف شیب خط رگرسیونی با شیب خط ۱:۱ مربوط به دو روش روش رزین و کربنات سدیم بود. پس از آن شیب یکسان خطوط رگرسیونی روش‌های سیترات سدیم و اسید کلریدریک در برابر روش کربنات سدیم، اختلاف کمتری با شیب خط ۱:۱ نشان داد. روش کربنات آمونیوم در مقایسه با سایر روش‌ها بیشترین اختلاف شیب را با خط ۱:۱ داراست (شکل ۱).

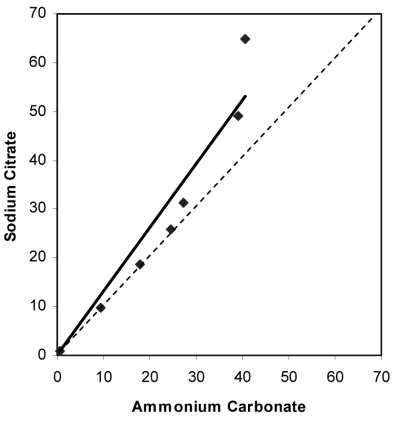
از معنی‌دار نشدن اختلاف میانگین مقادیر گچ به‌دست آمده از دو روش کربنات سدیم و رزین (جدول ۷) و نزدیکی بسیا ر زیاد خط رگرسیونی آنها به خط ۱:۱ (شکل ۱)، عدم وجود اختلاف معنی‌دار آنها از نظر بازیابی (جدول ۶) و میانگین ضریب تغییرات ۳/۷ روش رزین، دقت تقریبا یکسان دو روش رزین و کربنات سدیم استنباط می‌شود. نتایج به‌دست آمده از روابط رگرسیونی روش‌های اسید کلریدریک و سیترات سدیم در برابر روش کربنات سدیم، انحراف خط رگرسیونی را نسبت به خط ۱:۱ نشان داد. این مسئله اختلاف معنی‌دار میانگین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

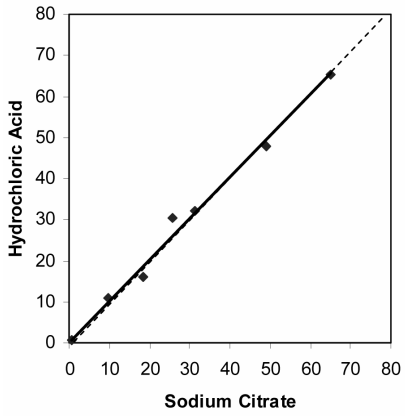
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

جدول ۸ . مقایسه میانگین مقادیر گچ توسط روش‌های کربنات آمونیوم، سیترات سدیم و اسید کلریدریک

شماره نمونه خاک	روش		
	کربنات‌آمونیوم	سیترات‌سدیم	اسید کلریدریک
۱	۰/۶۵ ab	۰/۸ a	۰/۵۲ b
۲	۹/۲۵ b	۹/۸۳ ab	۱۰/۸۲ a
۳	۱۷/۹۴ ab	۱۸/۵۳ a	۱۶/۲ b
۴	۲۴/ ۵۲ b	۲۵/۶۸ b	۳۰/۲۷ a
۵	۲۷/ ۳۰ b	۳۱/۲۴ a	۳۲/۲ a
۶	۳۹/۰۱ b	۴۹/۰۸ a	۴۷/۸۴ a
۷	۴۰/۵۴ b	۶۴/۹۵ a	۶۵/۴۵ a



شکل۲. رابطه رگرسیونی دو روش کربنات آمونیوم و سیترات سدیم



شکل۳. رابطه رگرسیونی دو روش سیترات سدیم و اسیدکلریدریک

مقادیر گچ اندازه‌گیری شده توسط این دو روش را با روش کربنات سدیم، بزرگ‌تر بودن دامنه و بیشتر بودن میانگین ضریب تغییرات نسبی آنها را تأیید می‌کند. بنابراین دو روش سیترات‌سدیم و اسیدکلریدریک از نظر دقت روش، در اولویت سوم قرار می‌گیرند. نتایج به‌دست آمده از جداول (۵،۴ و۷) و روابط رگرسیونی (شکل ۱)، اختلاف روش‌های استون، تفاضل کلسیم و منیزیم، سولفات عصاره رقیق شده و کربنات آمونیوم با روش کربنات سدیم را نشان می‌دهند.

تأثیر نوع عصاره‌گیر گچ براختلاف روش‌های اندازه‌گیری آن

به منظور بررسی تأثیر نوع عصاره‌گیر گچ سه روش کربنات‌آمونیوم، سیترات‌سدیم و اسیدکلریدریک با یکدیگر مقایسه شدند. علت انتخاب این سه روش، استفاده از یک روش واحد برای اندازه‌گیری سولفات (وزن‌سنجی) و نوع عصاره‌گیر گچ به عنوان تنها مورد اختلاف بین این سه روش بوده است. نتایج جدول ۸ اختلاف معنی‌دار این سه عصاره‌گیر را در مقادیر مختلف گچ نشان می‌دهد. نکته قابل توجه آن است که در مقادیر بالاتر گچ، اختلاف معنی‌دار سه عصاره‌گیر گچ مشهودتر می‌باشد. علی‌رغم معنی‌دار نشدن اختلاف روش کربنات آمونیوم از نظر درصد بازیابی با دو روش اسید کلریدریک و سیترات سدیم و تشابه ضریب تغییرات آن با این روش‌ها، خط رگرسیونی کربنات آمونیوم و سیترات سدیم انحراف بیشتری را نسبت به خط رگرسیونی اسید کلریدیک و سیترات سدیم از خط ۱:۱ نشان داد (شکل‌های ۲ و ۳). این مسئله عملکرد متفاوت عصاره‌گیر کربنات آمونیوم را در مقایسه با دو عصاره‌گیر دیگر نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

آمده می‌توان استنباط کرد روش کربنات‌آمونیوم برای خاک‌های با مقادیر زیاد گچ از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد اما در خاک‌هایی تا حدود ۳۰٪ گچ می‌تواند به عنوان روشی مطمئن تلقی شود. دلیل تفاوت عصاره‌گیر کربنات‌آمونیوم با دو عصاره‌گیر دیگر می‌تواند تشکیل کربنات‌کلسیم حاصل از واکنش یون کربنات عصاره‌گیر با کاتیون کلسیم حاصل از حلالیت گچ باشد که در مقادیر زیاد گچ توانسته با پوشاندن سطح ذرات گچ باعث برآورد کمتر گچ نسبت به دو عصاره‌گیر دیگر شود.

نتیجه‌گیری

۱. از میان هشت روش بررسی شده، روش کربنات‌سدیم با کمترین میانگین تفاضل درصد بازیابی با ۱۰۰، کمترین ضریب تغییرات و کمترین منابع خطای احتمالی به عنوان مناسب‌ترین روش تعیین گچ معرفی می‌شود.

۲.پس از روش کربنات‌سدیم، روش رزین می‌تواند به عنوان روش دقیق تعیین میزان گچ در خاک‌های غیرشور استفاده گردد.

۳. روش‌های سیترات‌سدیم و اسیدکلریدریک برای مقادیر مختلف گچ و روش کربنات‌آمونیوم برای خاک‌هایی با حدود ۳۰٪ گچ، از نظر دقت در اولویت سوم قرار دارند.

۴. روش‌های استون، تفاضل کلسیم ومنیزیم و روش سولفات عصاره رقیق شده به‌دلیل عصاره‌گیری ناقص گچ توسط آب و وجود منابع زیاد خطاهای احتمالی نسبت به پنج روش دیگر از دقت کمتری برخوردار می‌باشند.

۵. به استثنای روش‌های کربنات سدیم و رزین، سایر روش‌ها میزان گچ خاک را کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کنند.

۶.روش استون به عنوان روش معمول اندازه‌گیری گچ شدیداً تحت تأثیر املاح خاک بوده واز دقت کافی برخوردار نمی‌باشد.

۷. عصاره‌گیر آب قادر به عصاره‌گیری کامل گچ به خصوص در مقادیر زیاد گچ خاک نمی‌باشد.

منابع مورد استفاده

۱. تومانیان، ن. ۱۳۷۴. منشأ گچ و چگونگی تشکیل وتکامل خاک‌های گچی منطقه شمال غربی استان اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. فرپور، م. ه . ۱۳۸۱. رابطه بین ژئومورفولوژی و تکامل خاک‌های گچی در منطقه رفسنجان. پایان نامه دکتری خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. محمودی، ش. ۱۳۷۴. خصوصیات و مدیریت خاک‌های گچی. مجموعه مقالات چهارمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۴. محمودی، ش. ۱۳۶۵. اندازه‌گیری گچ با روش رزین هیدروژنه و مقایسه آن با روش استون. مجله علوم کشاورزی ایران ۱۴(۴-۱): ۹-۱۸.

5. Ajwa, H . H. and M. A. Tabatabai. 1993. Comparison of some methods for determination of sulfate in soils, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24: 1817-1832.
6. Al-Awajy, M. H., M. S. Heakel, M. Reda, A. S. Modaihsh and M. I. Choudhary. 1994. Reliability of gypsum determination in soils by three existing simple methods. Arab Gulf J. Sci. Res. 12: 273-284.
7. Arslan, A. M. and G. R. Dutt. 1993. Solubility of gypsum and its prediction in aqueous solution of mixed electrolytes. Soil Sci. 155: 37-46.
8. Bazilevich, N. I. and Y. I. Pankova. 1968. Tentative classification of soils by salinity. Sov. Soil Sci. 2: 1477-1488.
9. Berigari, M. S. and F. M. S. Al-Any. 1994. Gypsum determination in soils by conversion to water-soluble sulfate. Soil Sci. Soc. Amer. J. 58: 1624-1627.
10. Bower, C. A. and R. B. Huss. 1948. Rapid conductimetric method for estimating gypsum in soils. Soil Sci. 11: 172-185.
11. Boyadgieve, T. G. and W. H. Verheye. 1996. Contribution to a utilitarian classification of gypsiferous soils. Geoderma. 47: 321-338.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]

12. Elprince, A. M. and A. M. Turjoman. 1983. Infrared dehydration method for determining gypsum content of soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47: 1089-1091.
13. Eswaran, H. and G. Zi-Tong. 1991. Properties, genesis, classification, and distribution of soils with gypsum. *In*: Nettleton, W. D. (Ed.), Properties, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica Accumulations in Soils. SSSA Spec. Pub. 26: 89-119.
14. Givi, J. 1994. Genesis and characteristics of representative alluvial soils from different climatic zones in Iran. PhD. Thesis, Univ. of Ghent, Belgium.
15. Hess, P. E. 1976. Short communication, particle distribution in gypsic soils. Plant and Soil 44: 241-247.
16. Ilaiwi, M. 1977. Elimination and determination of gypsum in highly gypsiferous soils. MSc. Thesis, Univ. of Ghent, Belgium.
17. ISRIC. 1978. Properties for soils analysis. International Soil Reference and Information Center, Wageningen.
18. Lagerwerff, J. V., G. W. Akin and S. W. Moses. 1965. Detection and determination of gypsum in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 535-540.
19. McFadeen, L. D., R. G. Amundson and O. A. Chadwick. 1991. Numerical modeling, chemical and isotopic studies of carbonate accumulation in soils of arid regions. *In*: Nettleton, W. D. (Ed.), Properties, Characteristics, and Genesis of Carbonate, Gypsum, and Silica Accumulations in Soils. SSSA Spec. Pub. 26: 89-119.
20. Najib, R.E. 1984. Gypsum in soil material experimental formation and determination. MSc. Thesis, Univ. of Ghent, Belgium.
21. Nelson, R. E. 1982. Carbonate and gypsum. PP. 181-197. *In*: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney. (Eds,). Methods of Soil Analysis. Part 2, 2nd ed., Agronomy Monograph. No. 9. ASA and SSSA., Madison, WI., USA.
22. Nelson, R. E., L. C. Klameth and W. D. Nettleton. 1978. Determination of soil gypsum content and expressing properties of gypsiferous soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42: 147-168.
23. Poch, R. M. 1992. Fabric and physical properties of soils with gypsic and hypergypsic horizons of the Ebro Vally. PhD. Thesis, Univ. of Ghent, Belgium.
24. Porta, J. 1998. Methodologies of the analysis and characterization of gypsum in soils: A review. Geoderma. 87: 87-109.
25. Porta, J. 1975. Redistribuciones ionices en suelos salinos. PhD. Thesis, Universidad polietecnica de Madrid.
26. Sayegh, A. H., N. A. Khan, P. Khan and J. Ryan. 1978. Factors affecting gypsum and cation exchange capacity determination in gypsiferous soils. Soil Sci. 125: 294-300.
27. Singh, H. and M. S. Bajwa. 1990. Comparison of different model for describing gypsum dissolution kinetics in different aqueous salt solution. Aust. J. Soil Res. 28: 947-953.
28. Skarie, R. L., J. L. Arndt and J. L. Richardson. 1987. Sulfate and gypsum determination in saline soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51: 901-905.
29. Soil Survey Staff. 1998. Keys to Soil Taxonomy. 8th ed., USDA-NSCR.
30. Stern, R., N. Alperovitch and G. J. Levy. 1986. Rapid removal of gypsum by resin prior to particle size distribution analysis in soils. Soil Sci. 148: 448-451.
31. USDA Soil Survey Staff. 1972. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures for Collecting Soil Samples. Report No. 1.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-28]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.47.6]