

## افزایش دقت نمونه‌برداری از رواناب و رسوب مخازن کرت‌های فرسایش

داود نیک‌کامی<sup>۱\*</sup>

<sup>۱</sup>استاد، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۶

### چکیده

یکی از روش‌های مطالعه فرسایش و حفاظت خاک، استفاده از کرت‌های فرسایش است که با ابعاد مختلف و در عرصه‌های طبیعی و یا در آزمایشگاه‌ها ایجاد می‌شوند. خطاهای فاحش در زمان نمونه‌برداری از مخلوط رواناب و رسوب مخازن انتهایی این کرت‌ها و نتیجه‌گیری‌های غلط از آزمایش‌هایی که در این کرت‌ها صورت می‌گیرند، امور رایجی است که باید از آن‌ها اجتناب کرد. تحقیقات کمی در رابطه با نحوه نمونه‌برداری از این مخازن و کاهش خطاهای ناشی از آن صورت گرفته است. در این تحقیق، به بررسی افزایش دقت نمونه‌برداری با قرار دادن سطل در مخزن و روش استفاده از بطری پرداخته شد. به این منظور، پس از تهیه دو مخزن ۲۲۰ لیتری، با ایجاد غلظت‌های به ترتیب پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر در مخزن اول و انتقال محلول حاصل به مخزن دوم که در ارتفاع پایین‌تری از مخزن اول قرار گرفته، با قرار دادن سطل ۲۰ لیتری در زیر لوله وارد کننده محلول در مخزن دوم، اقدام به تله‌اندازی ذرات درشت‌دانه شد. محتویات سطل در آزمایشگاه پس از خشک شدن به‌طور جداگانه توزین شدند. با مخلوط کردن محلول مخزن دوم، اقدام به نمونه‌برداری به وسیله بطری‌های یک لیتری به تعداد سه تکرار برای هر غلظت شد. نمونه‌برداری‌های فوق بدون قرار دادن سطل به‌عنوان شاهد نیز صورت گرفت. بررسی معنی‌دار بودن اثر غلظت‌ها بر مقدار خطا با تجزیه واریانس طرح آزمایشات بلوک تصادفی صورت گرفت. نتایج نشان داد که بین غلظت‌های به‌دست آمده در آزمایش با سطل و بدون سطل اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. در حالت بدون سطل خطای نمونه‌های پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر به ترتیب ۶۳/۱۳، ۷۸/۴۰ و ۷۳/۹۷ درصد و در حالت استفاده از سطل به ترتیب ۱۵/۹۰، ۱۵/۰۷ و ۴/۸۳ درصد بودند. متوسط خطا در هر سه غلظت در حالت بدون سطل ۷۱/۸۳ درصد و در حالت استفاده از سطل ۱۱/۹۳ درصد بود.

**واژه‌های کلیدی:** بطری نمونه‌برداری، تله‌اندازی ذرات درشت‌دانه، خطای نمونه‌برداری، فرسایش خاک، گل‌آلودگی

### مقدمه

خاک و جلوگیری از هدررفت آن، بررسی فرسایش و مطالعه رسوبدهی جایگاه ویژه‌ای می‌یابد. فرسایش عبارت است از فرسودگی و از بین رفتگی مداوم خاک سطح زمین از طریق انتقال یا حرکت ذرات از نقطه‌ای به نقطه دیگر که به‌وسیله آب، باد یا نیروی ثقل صورت می‌گیرد.

افزایش جمعیت و نیاز بیشتر به تولید مواد غذایی در مناطق زیادی از جهان و همچنین ایران، موازنه استفاده از منابع طبیعی را به هم زده، باعث تشدید فرسایش خاک شده است. بنابراین، برای حفاظت از

شرایط به نحوه دلخواه وجود دارد و تکرارهای مورد نظر با فواصل زمانی اندک به سرعت به دست خواهند آمد. با این حال، ساخت باران‌سازهای بزرگ برای استقرار در کرت‌ها هزینه زیادی دارد و در اغلب موارد، وسایل و تجهیزات زیادی نیز به همراه خود جابه‌جا می‌کند. بنابراین، در بیشتر مطالعات از کرت و باران‌ساز کوچک در حد چند متر مربع استفاده می‌شود. با این حال، این کرت‌های کوچک قادر به شبیه‌سازی شرایط واقعی نمی‌باشند (Hudson, ۱۹۹۵).

اندازه کرت در اندازه‌گیری فرسایش و رواناب مهم می‌باشد. کرت‌های یک متر مربعی برای بررسی‌های نفوذپذیری و اثرات فرسایش پاشمانی به کار برده می‌شوند. درحالی‌که، این ابعاد برای مطالعات جریانات سطحی خیلی کوچک هستند. در تحقیقی، Govers و Poesen (۱۹۸۸) از کرت‌های با محدوده ۰/۵ تا ۰/۶۶ متر مربعی برای اندازه‌گیری فرسایش بین شیاری استفاده کردند. آن‌ها با مطالعات صحرائی در Bedfordshire انگلیس، با استفاده از کرت‌های کوچک نشان دادند که فرسایش‌پذیری با افزایش ماسه ریز خاک‌ها افزایش می‌یابد که این عامل جداسازی انتخابی ذرات ماسه ریز به وسیله فرسایش پاشمانی را نشان می‌دهد. اما در ارزیابی‌های فرسایش‌پذیری در مقیاس دامنه که اثرات رواناب نیز مشاکت می‌کند، این اندازه از کرت مناسب نمی‌باشد (Rickson, ۱۹۸۷).

برای مطالعه فرایندهای فرسایش شیاری و بین شیاری، Wichmier و Smith (۱۹۸۷) ابعاد ۱/۸۳ در ۲۲/۱ متر را در کرت‌ها مناسب دانسته‌اند. در این کرت‌ها مقدار فرسایش اندازه‌گیری شده بیانگر مقدار خاک فرسوده شده در آغاز تشکیل رواناب است. در این کرت‌ها، عوامل موثر بر فرسایش خاک شامل پستی و بلندی، طول و میزان شیب و پوشش گیاهی قابل تغییر هستند. برای مثال، با استفاده از کرت‌های مقعر و محدب می‌توان اثرات غیر یکنواختی شیب و با تغییر میزان پوشش گیاهی اثرات پوشش را مطالعه کرد. علاوه بر گنجایش مخزن، بسته شدن لوله انتقال آب به وسیله گل و لای و شاخ و برگ، ورود باران و رواناب به درون مخازن و یا سطح کرت، تغییر مرز کرت و جابه‌جایی دیواره‌ها از جمله مشکلات استفاده

فرایندهای فرسایش و عوامل موثر بر آن به مقیاس کار وابسته هستند و معمولاً برای حفاظت از خاک و جلوگیری از هدررفت آن، بررسی فرسایش و مطالعه رسوبدهی در مقیاس کرت جایگاه ویژه‌ای دارد. یکی از روش‌های مطالعه مدیریت فرسایش خاک، استفاده از کرت‌های فرسایش است و تعداد زیادی از طرح‌های تحقیقاتی از این‌گونه کرت‌ها استفاده می‌کنند و تحقیق بر روی آن‌ها باعث روشن شدن بسیاری از مسائل مربوط به فرسایش و رسوب می‌شود (Mutchler و همکاران، ۱۹۹۴). کرت‌های فرسایش شرایطی را به وجود می‌آورند که با ثابت نگاه داشتن همه عوامل و تنها با یک تغییر می‌توان به ارزیابی عامل مورد نظر پرداخت.

اطراف کرت‌ها از ورقه‌های مقاوم در برابر پوسیدگی و زنگ‌زدگی استفاده می‌شود. در هنگام استفاده دیواره محصور کننده، باید لبه‌ها را ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک قرار داد و در عین حال در خاک به عمق کافی فرو برد تا از اثرات انقباض و انبساط خاک در نتیجه تر و خشک شدن، یخ بستن و ذوب شدن مصون بمانند. لبه بالایی و پایینی کرت را باید منطبق بر خطوط تراز قرار داد به گونه‌ای که تمامی آب در منطقه محصور به خروجی کرت برسد. در پایین دست شیب و در انتهای هر کرت یک مخزن جمع‌آوری کننده دارای درپوش نصب می‌شود. در این صورت، رواناب و رسوب به راحتی وارد مخزن شده در حالی‌که باران، رواناب و رسوب خارج از محیط کرت قادر به وارد شدن در آن نیست. برای کرت‌های کوچک همه رواناب و رسوبات ممکن است در مخازن ذخیره شوند. در کرت‌های بزرگ که حجم رواناب زیاد است، معمولاً قسمتی از رواناب جمع‌آوری می‌شود و یا این‌که چند مخزن استفاده می‌شود.

بر اساس نحوه ایجاد بارش، ساده‌ترین و ارزان‌ترین راه برای مطالعه فرسایش و برآورد رواناب، نصب کرت و اندازه‌گیری در باران طبیعی است. اما، به دلیل غیر قابل پیش‌بینی بودن شرایط اقلیم، ممکن است این کار نتایج چندانی در بر نداشته باشد و در طول مدت آزمایش، تعداد اندکی باران با شرایط مورد نظر باراد. برای حل این مشکل، از کرت‌های فرسایش و شبیه‌ساز باران استفاده می‌شود. در این حالت، امکان شبیه‌سازی

از کرت‌ها می‌باشند. لذا، تمهیدات لازم را باید مد نظر داشت.

در رابطه با بررسی فرایند فرسایش در کرت‌های فرسایش، به‌رغم وجود روش‌های پیشرفته‌ای از قبیل فتوگرامتری (Cook و Valentine، ۱۹۷۹) و Laser scanner (Flanagan و همکاران، ۱۹۹۵)، نمونه‌برداری دستی از مخازن انتهایی این کرت‌ها به‌دلیل سادگی و کم هزینه بودن بیشتر متداول است که به‌وسیله بطری‌هایی به حجم ۰/۵ تا چهار لیتر و از عمق سطحی صورت می‌گیرد. هر چند در تجهیز این کرت‌ها دقت کافی از نظر انتخاب محل، استفاده از ورق‌های گالوانیزه، لوله‌های رابط، مخازن جمع‌آوری رواناب و رسوب صورت می‌گیرد، متأسفانه، در برداشت نمونه از این مخازن خطاهای فاحشی صورت می‌گیرد که در تجزیه و تحلیل نتایج، محقق را گمراه می‌سازد. طبق تجربیات Bagnold و به‌نقل از Shafaei Bajestan (۱۹۹۴)، ذرات رسوب موقعی در حالت معلق باقی خواهند ماند که مؤلفه عمودی سرعت در جریان متلاطم بیشتر از سرعت سقوط ذرات باشد. در اندازه‌گیری ذرات معلق در رودخانه‌ها از روش‌های نمونه‌برداری نقطه‌ای و بطری استاندارد استفاده می‌شود (Przedwojski و همکاران، ۱۹۹۵). روش‌های دستی دیگری از قبیل بطری‌های نمونه‌برداری وجود دارد که دقت قابل قبولی از خود نشان نداده‌اند (Lang، ۱۹۹۲). نتایج کار Zobisch و همکاران (۱۹۹۶) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین نتایج کار پنج نفر نمونه‌بردار وجود دارد که به تجربه این افراد بستگی دارد. در ضمن، عمق نمونه‌برداری، سرعت مخلوط کردن و تجربه افراد، منابع خطا در این آزمایشات بوده‌اند. در صورت یافتن منابع خطا و رفع آن‌ها می‌توان به نتایج حاصل از این تحقیقات خوش‌بین بود. در غیر این صورت، به‌طور قطع می‌توان به نتایج این-گونه طرح‌ها با دیده تردید نگاه کرد.

در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تعداد زیادی طرح‌های کرتی به‌مورد اجرا گذاشته شده است. از جمله این طرح‌ها می‌توان به Raeisian و Asadi (۲۰۰۲)، Sarreshtehdari و همکاران (۲۰۰۴)، Matin

و همکاران (۲۰۰۳) و Nikkami و همکاران (۲۰۰۵) اشاره کرد.

برای پرهیز از منابع خطا، دستگاه نمونه‌بردار استوانه‌ای رواناب و رسوب در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری طراحی، ساخته و به‌عنوان اختراع در اداره ثبت شرکت‌ها و مالکیت صنعتی و همچنین، در سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران ثبت شد (Nikkami و همکاران، ۲۰۰۴). این دستگاه قادر به برداشت نمونه رواناب و رسوب از تمامی عمق مخزن می‌باشد. در بررسی دقت روش‌های نمونه‌برداری، دستگاه نمونه‌بردار استوانه‌ای با ۹۷/۳۳ درصد بیشترین دقت را در مقایسه با نمونه‌برداری به‌وسیله پیپت و بطری نشان داد. خطای حاصل از روش بطری در تعیین غلظت، در اعماق ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ سانتی‌متر از سطح آب مخزن به‌ترتیب ۶۵/۲۴، ۵۶/۰۶، ۴۵/۵۴ و ۳۲/۷۱ درصد و در روش پیپت به‌ترتیب ۶۵/۴۲، ۵۶/۹۵، ۵۰/۸۰ و ۴۳/۵۸ درصد بود.

با توجه به این‌که ممکن است تهیه دستگاه نمونه‌بردار استوانه‌ای رواناب و رسوب برای همه محققین در اقصی نقاط کشور میسر نباشد، در تحقیق حاضر، به بررسی افزایش دقت نمونه‌برداری با قرار دادن سطل در مخزن برای حذف ذرات درشت‌دانه که در موقع هم زدن رواناب و رسوب به حالت تعلیق در نمی‌آیند و عامل بخش مهمی از خطاهای اندازه‌گیری محسوب می‌شوند، با روش استفاده از بطری پرداخته می‌شود.

#### مواد و روش‌ها

**مخزن جمع‌آوری رواناب و رسوب:** به‌منظور ایجاد شرایط طبیعی در انتقال رواناب و رسوب از کرت‌ها به داخل مخزن جمع‌آوری، از دو بشکه ۲۲۰ لیتری استفاده شد (شکل ۱). همان‌گونه که در این شکل ملاحظه می‌شود، از مخزن فوقانی (مخزن ۱) برای تهیه رواناب با غلظت مورد نظر استفاده می‌شود و محلول حاصل به‌وسیله لوله‌ای وارد مخزن پایینی (مخزن ۲) می‌شود. مخزن ۲، در واقع حکم همان مخزن جمع‌آوری رواناب و رسوب را در انتهایی کرت‌های فرسایش دارد.



شکل ۱- استفاده از دو بشکه ۲۲۰ لیتری برای شبیه‌سازی انتقال رواناب و رسوب

معلق از این سطل سرریز شده، وارد مخزن ۲ شود. برای نمونه‌برداری از مخزن ۲، از ظروف یک لیتری پلاستیکی استفاده شد. شکل ۲، سطل داخل مخزن ۲ و ظرف نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

**سطل و ظروف نمونه‌برداری:** زیر لوله انتقال رواناب و رسوب از مخزن ۱، سطل ۲۰ لیتری قرار داده شد تا ذرات درشت‌دانه را که در زمان به هم زدن، امکان تعلیق ندارند، در آن به تله افتاده، محلول حاوی ذرات



شکل ۲- سطل داخل مخزن ۲ و ظروف نمونه‌برداری

سیلت و ۱۳ درصد رس بود. انتخاب این نوع از خاک به دلیل دارا بودن مقدار کافی ذرات ماسه در آن بود تا آزمایشات استفاده از سطل برای حذف خطای ناشی از رسوب ذرات درشت‌دانه در هنگام به هم زدن محلول و نمونه‌برداری رواناب و رسوب از مخزن ۲ امکان‌پذیر باشد. پس از حمل خاک، ابتدا اقدام به هم زدن خاک در چند نوبت و پهن کردن آن به ضخامت پنج

**روش تحقیق:** برای ایجاد غلظت رسوب مشابه با غلظت رسوبات جمع‌آوری شده در مخازن انتهایی کرت‌های فرسایش، اقدام به تهیه خاک دامنه‌ای طبیعی شد. برای این کار، از منطقه کوهین واقع در استان قزوین خاک سطحی جمع‌آوری و به آزمایشگاه پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری منتقل شد که دارای بافت لوم شنی با ۶۱ درصد شن، ۲۶ درصد

مخلوط شدن با ۲۰۰ لیتر آب که غلظت‌های پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر ایجاد می‌کنند، به وسیله ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم آماده شدند (شکل ۳).

سانتی‌متر در یک سطح صاف شد تا بیشترین یکنواختی در نمونه‌های برداشتی از آن مشاهده شود. پس از گذشت چهار روز و خشک شدن کامل در هوای آزاد، نمونه‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ گرمی برای



شکل ۳- آماده کردن خاک برای ایجاد غلظت مورد نظر در مخزن

غلظت‌های پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر در مخزن اول ایجاد شد. این غلظت‌ها در طرح‌های کرتی به صورت معمول مشاهده می‌شوند. در صورتی که بالاترین غلظت یعنی ۲۰ گرم در لیتر را در نظر بگیریم و مخزن ۲۰۰ لیتری پر شود، مقدار فرسایش یک تن در هکتار برای آن واقعه خواهد بود. در طرح Nikkami و همکاران (۲۰۰۴) نیز غلظت‌های مشابه استفاده شده است. سپس، محلول حاصل به مخزن دوم که در ارتفاع پایین‌تری از مخزن اول است، انتقال یافت. سطل ۲۰ لیتری در زیر لوله وارد کننده محلول در مخزن دوم قرار داده شد تا ذرات درشت‌دانه را به تله اندازد. رسوبات معلق نیز پس از سرریز شدن از سطل وارد مخزن ۲ شدند. بعد از مخلوط کردن محلول مخزن دوم، نمونه‌برداری به وسیله ظروف یک لیتری به تعداد سه تکرار برای هر غلظت انجام شد. محتویات سطل و نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال یافتند تا میزان کل رسوبات مخزن تعیین شوند. نمونه‌برداری‌های فوق بدون قرار دادن سطل به عنوان شاهد نیز صورت گرفت و نتایج حاصل از نمونه‌برداری‌ها به روش طرح آزمایشات بلوک تصادفی

(سه غلظت با سه تکرار) مورد تحلیل واقع شدند. برای تعیین میزان خطا ( $e$ ) و خطای نسبی ( $e_r$ ) از معادلات (۱) الی (۳) استفاده شد (Kreyszig, ۱۹۹۳).

$$e = a - \bar{a} \quad (1)$$

$$e_r = \frac{e}{a} = \frac{a - \bar{a}}{a} \quad (2)$$

$$a = \bar{a} \times \frac{1}{1 - e_r} \quad (3)$$

که در آن‌ها،  $e$  مقدار خطا،  $e_r$  خطای نسبی (در صورت ضرب آن در عدد ۱۰۰، نتیجه به صورت درصد بیان می‌شود)،  $a$  مقدار حقیقی غلظت و  $\bar{a}$  مقدار مشاهده شده غلظت (در واقع میانگین غلظت سه تکرار) می‌باشند.

### نتایج و بحث

مطابق روش تحقیق، نمونه‌برداری با سه غلظت پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر با سطل و بدون سطل و در سه تکرار انجام و غلظت و خطای هر آزمایش تعیین و در جدول ۱ ارائه شد. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، غلظت نمونه‌ها در حالت بدون سطل، غلظتی است که نمونه برداشت شده به وسیله بطری

سطل به نسبت تعدیل شده در مخزن ۲۰۰ لیتری، به‌دست می‌آید.

نشان می‌دهد. همچنین، غلظت نمونه‌ها در حالت با سطل، غلظتی است که از مجموع نمونه برداشت شده به‌وسیله بطری به‌علاوه وزن محتویات انباشت شده در

جدول ۱- نتایج غلظت نمونه‌ها در آزمایش‌های با و بدون سطل

| غلظت<br>( $grL^{-1}$ ) | نوع آزمایش | تکرار ۱                      |               | تکرار ۲                      |               | تکرار ۳                      |               |
|------------------------|------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
|                        |            | غلظت نمونه<br>( $grL^{-1}$ ) | خطا<br>(درصد) | غلظت نمونه<br>( $grL^{-1}$ ) | خطا<br>(درصد) | غلظت نمونه<br>( $grL^{-1}$ ) | خطا<br>(درصد) |
| ۵                      | بدون سطل   | ۱/۷۹                         | ۶۲/۴          | ۱/۸۸                         | ۶۰/۵          | ۱/۶۰                         | ۶۶/۵          |
|                        | با سطل     | ۴/۰۸                         | ۱۴/۳          | ۴/۰۱                         | ۱۵/۹          | ۳/۹۳                         | ۱۷/۵          |
| ۱۰                     | بدون سطل   | ۲/۰۴                         | ۷۸/۶          | ۲/۱۲                         | ۷۷/۸          | ۲/۰۲                         | ۷۸/۸          |
|                        | با سطل     | ۸/۴۰                         | ۱۱/۹          | ۷/۸۵                         | ۱۷/۶          | ۸/۰۴                         | ۱۵/۷          |
| ۲۰                     | بدون سطل   | ۵/۰۱                         | ۷۳/۷          | ۵/۰۲                         | ۷۳/۷          | ۴/۸۷                         | ۷۴/۵          |
|                        | با سطل     | ۱۸/۴۷                        | ۳/۱           | ۱۷/۷۱                        | ۷/۱           | ۱۸/۲۵                        | ۴/۳           |

درشت‌دانه مربوط باشد. به‌رغم آن‌که هم زدن مخلوط آب و رسوب برای رسیدن به یکنواختی کامل انجام می‌گیرد، ولی در عمل، این یکنواختی برای ذراتی در حد رس و سیلت و احتمالاً ماسه ریز عمل می‌شود و ذرات ماسه درشت و سنگ‌ریزه به همگنی کامل نمی‌رسند. در نتیجه، به محض قطع هم زدن محتویات مخزن، ذرات درشت‌دانه در ته مخزن رسوب کرده و در محتویات نمونه‌برداری مشارکت نمی‌کنند.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب گفته شده در این طرح می‌توان به نکات زیر اشاره کرد:

۱- با توجه به نتایج مندرج در جدول‌های ۱ و ۳ به نظر می‌رسد، منبع خطا در نمونه‌های برداشت شده در حالت بدون سطل عامل وضعیت توزیع ذرات درشت‌دانه باشد. به‌رغم آن‌که هم زدن مخلوط آب و رسوب برای رسیدن به یکنواختی کامل انجام می‌گیرد، ولی در عمل این یکنواختی برای ذراتی در حد رس و سیلت و احتمالاً ماسه ریز عمل می‌شود و ذرات ماسه درشت و سنگ‌ریزه به همگنی کامل نمی‌رسند. در نتیجه اختلاف زیادی بین اندازه‌گیری بدون سطل و با سطل به وجود می‌آید.

۲- نتایج به‌دست آمده در آزمایشات با سطل و بدون سطل نشان‌دهنده افزایش غلظت نمونه‌های به‌دست آمده از آزمایش با سطل می‌باشد. این موضوع

در تیمار غلظت پنج گرم در لیتر، بین غلظت‌های حاصل از نمونه‌برداری به روش‌های با سطل و بدون سطل تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. همچنین، نتایج نشان داد بین غلظت پنج گرم در لیتر و ۱۰ گرم در لیتر بدون سطل اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود ندارد. در تیمار غلظت ۱۰ گرم در لیتر، بین غلظت‌های حاصل از نمونه‌برداری به روش‌های با سطل و بدون سطل تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. در تیمار غلظت ۲۰ گرم در لیتر، بین غلظت‌های حاصل از نمونه‌برداری به روش‌های با سطل و بدون سطل تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد.

همان‌طور که از نتایج مشخص است، قرار دادن سطل داخل مخزن برای جدا نمودن ذرات درشت‌دانه موجب افزایش دقت نمونه‌برداری می‌شود و خطای آزمایش را پایین می‌آورد. به‌طوری‌که در حالت بدون سطل خطای نمونه‌های پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر به‌ترتیب ۶۳/۱۳، ۷۸/۴۰ و ۷۳/۹۷ درصد و در حالت استفاده از سطل به‌ترتیب ۱۵/۹۰، ۱۵/۰۷ و ۴/۸۳ درصد بودند. متوسط خطا در هر سه غلظت در حالت بدون سطل ۷۱/۸۳ درصد و در حالت استفاده از سطل ۱۱/۹۳ درصد بود.

با توجه به نتایج جدول ۱، به نظر می‌رسد، منبع خطا در نمونه‌های برداشت شده در حالت بدون سطل به عامل وضعیت توزیع ذرات

این طرح تحقیقاتی استفاده شده است، تلفات خاک برآورد شده ۰/۱۳ برابر کمتر از واقعیت است. این میزان خطا مربوط به عمق نمونه برداری، سرعت مخلوط کردن و تجربه فرد نمونه بردار است (Zobisch و همکاران، ۱۹۹۶ و Nikkami، ۲۰۱۲).

#### پیشنهادها

- ۱- برای بالاتر بردن دقت نمونه برداری یک سطل یا سطل کوچک (۲۰ لیتری) در داخل مخزن اصلی و زیر لوله رواناب قرار داده شود.
- ۲- در طرح‌های کرتی با شرایط رسوب مشابه با رسوب مورد استفاده در این طرح که نمونه برداری از رواناب و رسوب آن‌ها به وسیله سطل و بطری انجام گرفته لازم است، ضریب تصحیح ۱/۱۳ در غلظت اندازه‌گیری شده ضرب شود.
- ۳- پیشنهاد می‌شود تا طرح مشابه برای خاک‌های با بافت متفاوت انجام شود تا دقت نمونه برداری در خاک‌های مختلف مشخص شود.

حاکی از آن است که ایجاد یکنواختی کامل مخلوط آب و رسوب با استفاده از پارو و وسایل مشابه آن مقدر نمی‌باشد.

۳- قرار دادن سطل در مخزن اصلی و زیر لوله هدایت‌کننده رواناب و رسوب، موجب جمع‌آوری رسوبات درشت‌دانه و افزایش دقت نمونه برداری به مقدار قابل ملاحظه‌ای (اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد) می‌شود. به طوری که در حالت بدون سطل خطای نمونه‌های پنج، ۱۰ و ۲۰ گرم در لیتر به ترتیب ۶۳/۱۳، ۷۸/۴۰ و ۷۳/۹۷ درصد و در حالت استفاده از سطل به ترتیب ۱۵/۹۰، ۱۵/۰۷ و ۴/۸۳ درصد بودند. متوسط خطا در هر سه غلظت در حالت بدون سطل ۷۱/۸۳ درصد و در حالت استفاده از سطل ۱۱/۹۳ درصد بود.

۴- ضریب تصحیح خطای ناشی از آزمایشات با سطل معادل ۱/۱۳ قابل محاسبه است که نشان‌دهنده ۰/۱۳ برابر خطا نسبت به مشاهده است. به عبارت دیگر، در شرایط رسوباتی با دانه‌بندی مشابه آنچه در

#### منابع مورد استفاده

1. Cerdà, A., A. Giménez-Morera and M.B. Bodí. 2009. Soil and water losses from new citrus orchards growing on sloped soils in the western Mediterranean basin. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(13): 1822-1830.
2. Flanagan, D.C., C. Huang, L.D. Norton and S.C. Parker. 1995. Laser scanner for erosion plot measurements. *Transactions of the ASAE*, 38(3): 703-710.
3. Govers, G. and J. Poesen. 1988. Assessment of the interrill and rill contributions to total soil loss from an upland field plot. *Geomorphology*, 1(4): 343-354.
4. Hudson, N. 1995. *Soil conservation*. Third Edition, Iowa State University Press, Ames, IA. 392 pages.
5. Kreyszig, E. 1993. *Advanced engineering mathematics*. John Wiley and Sons Inc., Toronto, Canada, 267 pages.
6. Lang, R.D. 1992. Accuracy of two sampling methods used to estimate sediment concentrations in runoff from soil-loss plots. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17(8): 841-844.
7. Matin, M., H. Ebrahimian and T. Akhbari. 2003. Measuring soil erosion and runoff in rainfed and abandoned lands. Final Report of Research Project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 54 pages (In Percian).
8. Mutchler, C.K., C.E. Murphree and K.C. McGregor. 1994. Laboratory and field plots for erosion research. In R. Lal (ed.), *Soil Erosion Research Methods*, 2nd ed., pp.11-37. Soil and Water Conservation Society, St. Lucie Press, Ankeny, IA.
9. Nikkami, D., M. Arabkhedri, P. Razmjoo and M. Ahrar. 2004. Investigating sediment suspension and sampling accuracy in erosion plot tanks. Research Project Final Report, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 31 pages (In Percian).
10. Nikkami, D., A. Jafari Ardakani, F. Bayat Movahed and P. Razmjoo. 2005. The effects of plough on soil erosion and determining land slope threshold for dry farming. Final Report of Research Project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 49 pages (In Percian).
11. Nikkami, D. 2012. Investigating sampling accuracy to estimate sediment concentrations in erosion plot tanks. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36(5): 583-590.
12. Poesen, J.W., D. Torri and K. Bunte. 1994. Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: A review. *Catena*, 23(1-2): 141-166.

13. Przedwojski, B., R. Blazejewski and K.W. Pilarczyk. 1995. River training techniques, fundamentals, design and applications. Balkema, Rotterdam, 654 pages.
14. Raeisian, R. and M. Asadi. 2002. Investigating the effect of changing vegetation cover and slope on sediment yield. Final Report of Research Project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 54 pages (In Percian).
15. Rickson, R.J. 1987. Small plot field studies of soil erodibility using a rainfall simulator. In Pla Sentis, I. (ed.), Soil conservation and productivity. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suolo, Maracay, 339-348.
16. Sarreshtehdari, A., A.H. Charkhabi and A. Jafari Ardakani. 2004. Evaluating soil loss and its effect on forest soil fertility. Final Report of Research Project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran, 58 pages (In Percian).
17. Shafaei Bajestan, M. 1994. Sediment hydraulic. Chamran University, Ahvaz, Iran, 556 pages (In Percian).
18. Stroosnijder, L. 2005. Measurement of erosion: Is it possible? *Catena*, 64(2-3): 162-173.
19. Świąchowicz, J. 2002. Linkage of slope wash and sediment and solute export from a foothill catchment in the Carpathian Foothills of South Poland. *Earth Surface Processes and Landform*, 27/12: 1389-1413.
20. Valentine, W.H. and M.J. Cook. 1979. Monitoring cut slope erosion by close range photogrammetry. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 45(6): 788-798.
21. Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture. *Agriculture Handbook*, 58 Pages.
22. Zobisch, M.A., P. Klingspor and A.R. Oduor. 1996. The accuracy of manual runoff and sediment sampling from erosion plots. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(3): 231-233.