ارزیابی کمی جابجایی خاک و میزان فرسایش خاک‌ورزی در سیستم‌های مختلف خاکورزی

مهدی کوسه‌لو[۱]، ساناز هاشمی[۱]، مهدی رحمتی[۱]، ایرج اسکندری[۲]، بلیر مکنزی[۳]، اسماعیل کریمی[۱]، عباس رضایی[۱]
۱- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران، ۲- سازمان تحقیقات، آموزش، و ترویج کشاورزی - موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور. مراغه، ایران، ۳- موسسه جیمز هوتون، اینورگاوریه، دندی، بریتانیا

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی کمی جابجایی خاک و میزان فرسایش خاک‌ورزی توسط سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با ۴ تیمار شامل بی‌خاکورزی (NT)، شخم قلمی (RT)، کم خاک‌ورزی (MT) و شخم مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک (CT) با ۳ تکرار و در تناوب ماشک-گندم در ایستگاه تحقیقات دیم شهرستان مراغه اجرا شد. نمونه‌برداری‌های خاک جهت آنالیز پارامترهای فیزیکی از جمله بافت خاک، رطوبت وزنی خاک و جرم مخصوص ظاهری خاک و اندازه‌گیری مزرعه‌ای میزان جابجایی خاک در زمان اعمال شخم‌ها انجام شد. نتایج در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (CT) با ۵۷ و ۴۷ سانتی‌متر به ترتیب دارای بیشترین میزان جابجایی در جهت رو به جلو و جانبی، و با ۱۵۲ کیلوگرم بر متر بیشترین فرسایش خاک‌ورزی را در بین تیمارهای اعمال شده داشت. با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد به دلیل پایین بودن میزان فرسایش خاک‌ورزی درگاوآهن قلمی و همچنین در دسترس بودن آن مناسب‌ترین سیستم خاک‌ورزی برای منطقه باشد.

واژه های کلیدی: جابجایی خاک، فرسایش خاک‌ورزی، سیستم‌های خاک‌ورزی

مقدمه

مقدار خاک منتقل شده توسط خاک‌ورزی اغلب نادیده گرفته می‌شود، در حالی که مقدار آن خیلی بیشتر است. به عنوان مثال شخم با گاوآهن برگردان‌دار در یک هکتار از خاک با چگالی ۱۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و با عمق شخم ۲۵ سانتی‌متر بیش از ۳ تن می‌باشد.کشت و کار معمولا منجر به کشیده شدن خاک سطحی در امتداد با عملیات خاک‌ورزی می‌شود (Barneveld *et al.*, 2009; Li et *al.*, 2007). فرسایش خاک‌ورزی توزیع مجدد ذرات خاک از طریق عملیات خاک‌ورزی با نیروی اعمال شده توسط شخم و نیروی گرانش است (Lindstrom *et al.*, 1992; Govers *et al.*, 1994; Dercon, 2001). در واقع فرسایش خاک‌ورزی منجر به از دست رفتن خاک از قسمت‌های بالا دست (شیب‌های محدب) و تجمع آن در قسمت‌های پایین دست (شیب‌های مقعر) می‌شود (Lindstrom et al., 1992; Zhang & Li, 2011). مشابه با فرسایش آبی یا بادی، مکانیسم فرسایش خاک‌ورزی نیز در سه مرحله قابل تمایز می‌باشد: ۱) کشیدن: هنگامی که خاک در تماس با ابزارهای خاک-ورزی است و به جلو کشیده می‌شود ۲) پرش: هنگامی که ذرات تماس خود را با خاک از دست می‌دهند و در اثر ضربه ادوات خاک‌ورزی به جلو پرتاب می‌شوند و ۳) غلتیدن: زمانی که کلوخه‌ها و ذرات خاک با کوچکترین تماس پرش می‌کنند و بعد از نشستن در سطح زمین روی خاک غلتیده می‌شوند (Torri et al., 2002). فرسایش خاک‌ورزی اولین بار در سال ۱۹۴۰ در کشور لهستان اندازه‌گیری شد، ولی تا سال ۱۹۹۰ خیلی مورد توجه قرار نگرفت تا اینکه مطالعات و مقالات بیشتری در این باره انجام شد (Zglobicki, 2002). تحقیقات مختلفی برای اندازه‌گیری میزان فرسایش خاک‌ورزی انجام شده است (Lindstrom et al., 1990, 1992; Govers et al., 1994; De Alba et al., 2004; Zhang et al., 2009; Wysocka-Czubaszek and Czubaszek, 2014). برای تعیین کمیت جابجایی خاک در ارتباط با خاک‌ورزی دو روش اصلی ارایه شده است. انواع مختلفی از ردیاب‌ها از جمله سنگ، تراشه‌های فولادی، قالب‌های پلاستیکی با هسته فلزی و مکعب‌های آلومینیومی که در مکان‌های مشخصی از خاک دفن می‌شوند و جابجایی آن‌ها پس از خاک‌ورزی و کشت ثبت می‌شوند (Barneveld *et al.*, 2009). روش‌های مشابهی مثل روش‌های شیمیایی با استفاده از ایزوتوپ‌های رادیواکتیو یا با استفاده از غلظت‌های مشخص با

درجه بالا مثل پتاسیم کلرید (KCl) به عنوان نشان‌گر قبل از خاک‌ورزی و جابجایی در مطالعه حرکت خاک به منظور تعیین کمیت فرسایش خاک‌ورزی به کار گرفته می‌شوند (Barneveld *et al*., 2009). بارنولد و همکاران (Barneveld *et al*., 2009) به منظور تعیین میزان فرسایش خاک‌ورزی به دو روش استفاده از ردیاب و نشانگر کردن خاک، تحقیقی را در ۱۸ دامنه مختلف با شیب‌های ۲ تا ۴۳ درصد در باغات زیتون شمال غرب سوریه انجام دادند. آنها بیان داشتند که میزان فرسایش خاک‌ورزی در این دو روش دارای تفاوت معنی‌داری است. آزادگان و همکاران (۱۳۷۸) با انجام تحقیقی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی قاملو استان کردستان در زمینی با شیب ۱۴-۲ درصد با گاوآهن برگردان‌دار میزان جابجایی خاک را ۱۴/۰۸ تن در هکتار در سال گزارش کردند. وان مویسن و همکارانش (Van Muysen et al., 2000) تحقیقی در اولدانبرگ بلژیک در قطعه زمینی با شیب ۳۰ درصد انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش عمق خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار به ۴۰ سانتی‌متر، با وجود کاهش سرعت خاک‌ورزی از ۱/۸۱ متر بر ثانیه به ۱/۵۴ و ۱/۴۵ متر بر ثانیه میزان انتقال خاک از ۱۵۵ کیلوگرم در متر به ۲۳۳ و ۲۸۱ کیلوگرم در متر در هر عملیات افزایش یافت. کاهش سرعت خاک‌ورزی به ۰/۲۷ متر بر ثانیه منجر به کاهش میزان انتقال خاک به اندازه ۶۸ کیلوگرم در متر در هر عملیات شد. کوشوتیچ و همکاران (Košutić *et al.* 2006) نشان دادند که سیستم خاک‌ورزی مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار با مصرف انرژی برابر ۱۸۱۳/۱۰ مگاژول در هکتار بیشترین مصرف انرژی را دارد در حالی‌که سیستم حفاظتی با گاوآهن قلمی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب به انرژی ۳۷/۵ درصد و ۸۵/۱ درصد کمتری نیاز دارند. مهدی‌زاده و همکاران (Mehdizade *et al.2013*) در تحقیقی اثرات آب و فرسایش خاک‌ورزی در کیفیت خاک در منطقه نیمه خشک ایران دریافتند که آب و فرسایش خاک‌ورزی تأثیر منفی در ماده آلی ، نیتروژن، پتاسیم و هدایت هیدرولیکی خاک دارند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه با طول جغرافیایی ۴۶/۱۵ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷/۱۵ درجه شمالی اجرا شد. این ایستگاه در ارتفاع ۱۷۲۰ متری از سطح دریا قرار دارد. حداکثر مطلق درجه حرارت ایستگاه ۳۷ درجـه سانتی‌گراد، حداقل مطلق ۲۵- درجه و متوسط سالیانه آن ۹/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

قالب آماری طرح و اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با ۴ تیمار شامل: بی‌خاکورزی (NT)، شخم قلمی (RT)، کم خاک‌ورزی (MT) و شخم مرسوم با گاوآهن برگردان‌دار + دیسک (CT) در ۳ تکرار و در تناوب ماشک-گندم اجرا شد. نمونه‌های خاک قبل از اعمال شخم از مزرعه تهیه و در درون کیسه‌هایی پلاستیکی نگهداری و پس از انتقال به آزمایشگاه، ابتدا هوا خشک و سپس خصوصیات فیزیکی مورد نظر شامل فراوانی نسبی اندازه ذرات به روش هیدرومتری (Gee and Or, 2002)، جرم مخصوص ظاهری از سه نقطه در هر کرت و در دو عمق (۰تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری) در نمونه‌های دست نخورده به روش (Grossman and Reinsch, 2002)، رطوبت خاک به روش وزنی و برای تعیین کمیت فرسایش خاک‌ورزی و میزان جابجایی خاک، از ردیاب فلزی به روش القای الکترومغناطیسی استفاده شد (Van Muysen *et al*., 2000; Zhang *et al*., 2009). ردیاب‌های مکعبی با اندازه ۲×۱/۶×۱/۶ سانتی‌متر قبل از دفن کردن در خاک نشان‌دار شدند. جایگذاری ردیاب‌ها در ۱۳ ترانسکت در یک عرض کار دستگاه خاک‌ورزی به طور عمود بر شخم قبل از عملیات خاک‌ورزی در هر کرت آزمایشی دفن شدند به طوری‌که هر دو نقطه در هر ترانسکت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر قرار گرفتند. بسته به عمق شخم (۱۵ یا ۲۵ سانتی‌متر) در مجموع از ۴ یا ۶ ردیاب در هر عمق شخم استفاده شد. هنگامی که ردیاب‌ها در خاک قرار داده شدند موقعیت اولیه آن‌ها ثبت شد. بعد از اعمال عملیات خاک‌ورزی جابجایی تراشه‌ها به وسیله ردیاب فلزی مشخص، با دست حفر و به‌وسیله متر اندازه‌گیری شد. در نهایت متوسط میزان جابجایی ردیاب‌ها را در هر جهت (جلو و جانبی) و در هر عمق در کل طول مزرعه به عنوان جابجایی خاک در اثر عملیات خاک‌ورزی‌های مختلف در نظر گرفته شد.

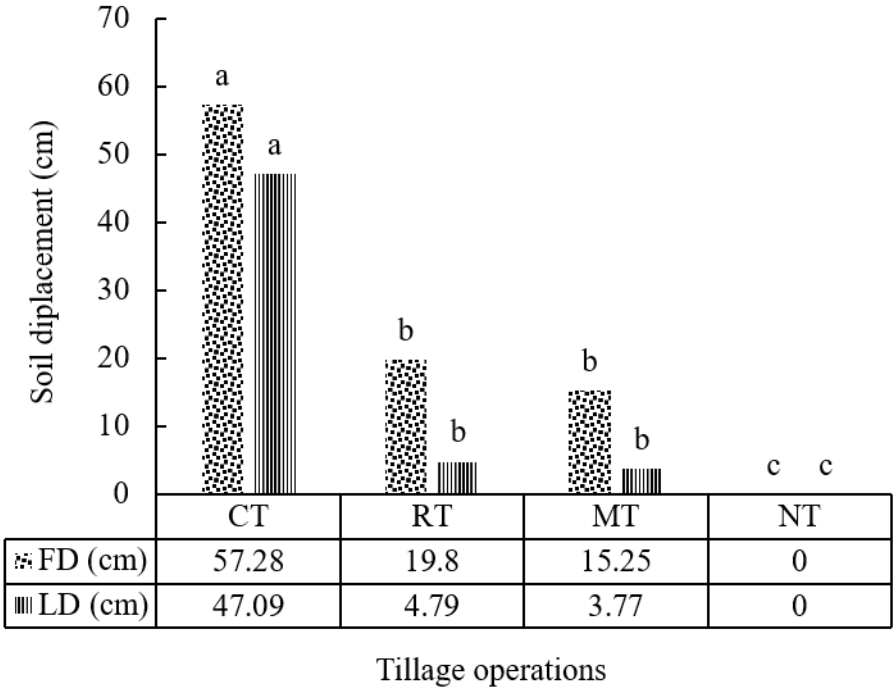
نتایج و بحث

جدول ۱ پارامترهای آماری ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شده را گزارش می‌کند. اندازه‌گیری بافت خاک نشان داد که کلاس بافت در منطقه مورد مطالعه لوم رسی بود (رس ۳۹ درصد، سیلت ۳۶ درصد و شن ۲۵ درصد). از ۱۲۴۸ ردیاب دفن شده ۱۱۹۴ ردیاب پیدا شد ولی ۵۴ ردیاب غیر قابل بازیافت بود. تجزیه و تحلیل آماری در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که میزان بازیافت برای سیستم های مختلف خاک‌ورزی متفاوت بود. به طور کلی میزان بازیابی ردیاب‌های دفن شده در خاک ۹۵/۷ درصد بود که برای سیستم‌های مختلف خاکورزی CT، RT و MT به ترتیب ۹۰/۸، ۹۸/۹ و۹۸/۱ درصد بود. پیدا شدن کمتر ردیاب‌ها در CT احتمالا به دلیل اختلاط بیشتر خاک از جمله وارونگی و برگرداندن خاک توسط شخم مرسوم می‌باشد. میزان بازیابی ردیاب‌های دفن شده در خاک در سایر مطالعات از ۵۵ درصد تا ۹۹ درصد گزارش شده است (Lindstrom *et al.*, 1990; Govers *et al.*, 1994; Thapa *et al.*, 1999; Zhang *et al.*, 2004; Barneveld *et al.*, 2009). استفاده از ردیاب فلزی قابل تشخیص توسط القای الکترومغناطیسی و حفاری گسترده از کل منطقه طرح به احتمال زیاد به عنوان عامل اصلی بهبود وضعیت بازیابی ردیاب‌های دفن شده باشد. بازیابی ۹۵/۷ درصد از ردیاب‌ها، در مقایسه با نتایج گاورز و همکاران (Govers *et al.*, 1994b) که از تراشه‌های پلاستیکی با هسته فلزی ۱۵ میلی‌متر استفاده کرده بودند و بازیافت را حدود ۹۰ درصد گزارش کرده بودند، بهبود بیشتری را نشان می‌دهد. هیچ ردیابی برای NT استفاده نشد چرا که حداقل عمق شخم مورد استفاده برای ردیاب باید ۲ سانتی‌متر باشد. لذا NT قابل اغماض بود.

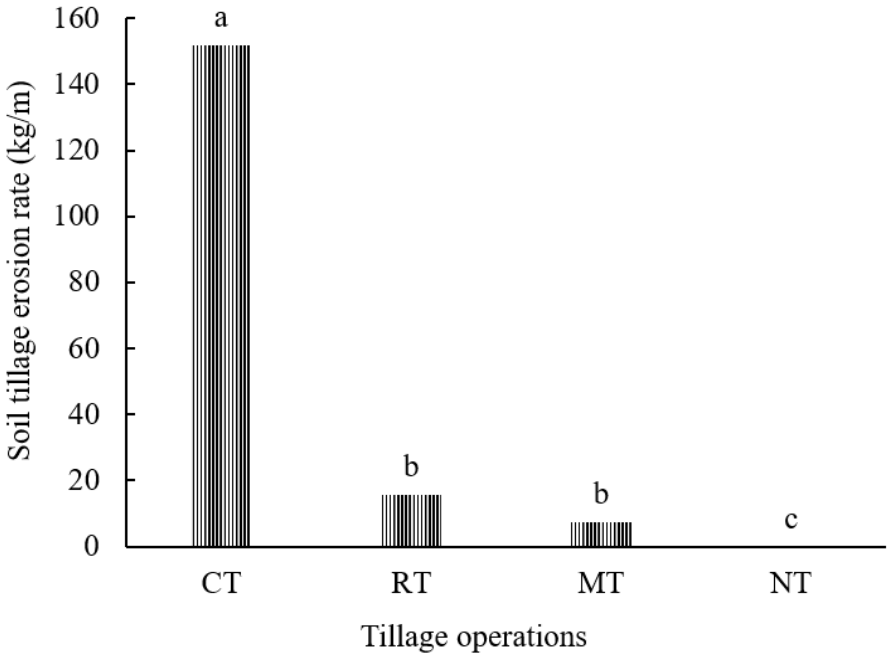
به دلیل استفاده از تمام عملیات خاک‌ورزی روی خطوط تراز، جابجایی خاک توسط عملیات خاک‌ورزی برای هر دو جهت (رو به جلو و جانبی) اندازه‌گیری شد. جابجایی ردیاب‌ها در هر دو جهت برای سیستم های مختلف خاک‌ورزی در سطح احتمال ۵ درصد متفاوت بود. میانگین جابجایی ردیاب برای هر یک از عملیات خاکورزی در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد که خاک‌ورزی مرسوم (CT) دارای بیشترین مقدار جابجایی در هر دو جهت رو به جلو و جانبی می‌باشد. طبق نتایج بدست آمده در شکل ۱ خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (CT) دارای ۵۷ سانتی‌متر جابجایی رو به جلو و ۴۷ سانتی‌متر جابجایی جانبی و RT و MT به ترتیب با ۲۰ و ۱۵ سانتی‌متر جابجایی رو به جلو و ۵ و ۴ سانتی‌متر دارای جابجایی جانبی می‌باشند. طبق نتایج شکل ۲ میزان فرسایش خاکورزی در CT برابر ۱۵۲ کیلوگرم بر متر می‌باشد که نسبت به RT و MT به ترتیب حدودا ۱۰ و ۲۰ برابر فرسایش بیشتری اتفاق افتاده است. نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد که RT و MT به ترتیب ۱۶ و ۷ کیلوگرم بر متر فرسایش در اثر خاک‌ورزی ایجاد می‌کنند. با توجه به بازیابی بسیار عالی ردیاب‌ها فرصتی وجود دارد تا با توجه به اطلاعات آزمایش یک نوع مدل سازی برای ذرات مشابه تعریف کرد. اگرچه تحقیقات بیشتری مورد نیاز است تا برای منطقه مورد مطالعه مناسب‌ترین سیستم خاک‌ورزی را انتخاب و پیشنهاد کرد. ولی با توجه به نتایج به‌دست آمده به نظر می‌رسد به دلیل پایین بودن میزان فرسایش خاک‌ورزی درگاوآهن قلمی و همچنین در دسترس بودن آن مناسب-ترین سیستم خاک‌ورزی برای منطقه باشد.

جدول ۱- پارامترهای توصیفی ویژگی‌های خاک اندازه‌گیری شده

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات (درصد)
رطوبت وزنی (گرم بر گرم)	۱۰/۹۵	۱۰/۳۰	۱۲/۳۰	۵/۴۸
درصد رس (گرم بر کیلوگرم)	۳۵۶/۶	۳۵۹/۶	۳۷۷/۶	۲/۸۴
شن (گرم بر کیلوگرم)	۳۱۷/۷	۲۸۳/۵	۳۶۰/۶	۱۲/۳۶
جرم مخصوص ظاهری (کیلوگرم بر متر مکعب)	۱۳۰۳/۲۴	۱۲۵۴/۵۶	۱۳۵۳/۶۴	۲/۳۱



شکل ۱- مقایسه میانگین جابجایی ردیاب‌ها در بین تیمارهای مختلف (FD: جابجایی رو به جلو و LD: جابجایی جانبی)



شکل ۲- مقایسه میانگین میزان فرسایش خاک‌ورزی در بین تیمارهای مختلف

منابع

آزادگان، ب. رفاهی، ح. شاهوئی، ص. طباطبائی‌فر، ا. ۱۳۷۸. تأثیر عملیات خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار در حرکت و جابجایی خاک در اراضی شیب‌دار. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد سی‌ام، شماره ۴، صفحه‌های ۷۵۱ تا ۷۵۹.

Barneveld, R., Bruggeman, A., Sterk, G. & Turkelboom, F. 2009. Comparison of two methods for quantification of tillage erosion rates in olive orchards of north-west Syria. Soil & Tillage Research, 103, 105-112.

De Alba, S., Lindstrom, M., Schumacher, T. E., & Malo, D. D. 2004. Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage: a new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes. Catena, 58(1), 77-100.

Dercon, G. 2001. Tillage erosion assessment in the Austro Ecuatoriano. In., Katholieke Universiteit Leuven.

Gee, G. W. & Or, D. 2002. 2.4 Particle-size analysis. Methods of soil analysis. Part, 4, 255-293.

Govers, G., Vandaele, K., Desmet, P. & Poesen, J. 1994. Characterizing soil tillage as a geomorphological process. In: 13. International Conference on Soil Tillage for Crop Production and Protection of the Environment, Aalborg (Denmark), 24-29 Jul 1994. KVL, ISTRO.

Grossman, R. & Reinsch, T. 2002. 2.1 Bulk density and linear extensibility. Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods, 201-228.

Košutić, S., Filipović, D., Gospodarić, Z., Husnjak, S., Kovačev, I. & Čopec, K. 2006. Effects of different soil tillage systems on yield of maize, winter wheat and soybean on albic luvisol in North-West Slavonia. Journal of central European agriculture, 6, 241-248.

Li, S., Lobb, D. A. & Lindstrom, M. J. 2007. Tillage translocation and tillage erosion in cereal-based production in Manitoba, Canada. Soil & Tillage Research, 94, 164-182.

Lindstrom, M., Nelson, W. & Schumacher, T. 1992. Quantifying tillage erosion rates due to moldboard plowing. Soil & Tillage Research, 24, 243-255.

Lindstrom, M., Nelson, W., Schumacher, T. & Lemme, G. 1990. Soil movement by tillage as affected by slope. Soil & Tillage Research, 17, 255-264.

Mehdizade, B., Asadi, H., Shabanpour, M. & Ghadiri, H. 2013. Impact of erosion and tillage on the productivity and quality of selected semiarid soils of Iran. International Agrophysics, 27, 291-297.

Thapa, B., Cassel, D. & Garrity, D. P. 1999. Assessment of tillage erosion rates on steepland Oxisols in the humid tropics using granite rocks. Soil & Tillage Research, 51, 233-243.

Torri, D., & Borselli, L. 2002. Clod movement and tillage tool characteristics for modeling tillage erosion. Journal of Soil and Water Conservation, 57(1), 24-28.

Van Muysen, W., Govers, G., Van Oost, K. & Van Rompaey, A. 2000. The effect of tillage depth, tillage speed, and soil condition on chisel tillage erosivity. Journal of Soil and Water conservation, 55, 355-364.

Wysocka-Czubaszek, A., & Czubaszek, R. 2014. Tillage erosion: the principles, controlling factors and main implications for future research. Journal of Ecological Engineering, 15(4), 150-159.

Zgłobicki, W. 2002. Dynamika współczesnych procesów denudacyjnych w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wydaw. Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.

Zhang, J. & Li, F. 2011. An appraisal of two tracer methods for estimating tillage Erosion rates under hoeing tillage. Procedia Environmental Sciences, 11, 1227-1233.

Zhang, J., Frielinghaus, M., Tian, G. & Lobb, D. A. 2004. Ridge and contour tillage effects on soil erosion from steep hillslopes in the Sichuan Basin, China. Journal of Soil and Water conservation, 59, 277-284.

Zhang, J., Su, Z. & Nie, X. 2009. An investigation of soil translocation and erosion by conservation hoeing tillage on steep lands using a magnetic tracer. Soil & Tillage Research, 105, 177-183.

Quantifying soil displacement and tillage erosion rate by different tillage systems

M. Kouselou[1], S. Hashemi[1], M. Rahmati[1], I. Eskandari[2], B. M. McKenzie[3], E. Karimi[1], A. Rezaei[1]

[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, East Azerbaijan, Iran

[2] Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization Maragheh, Iran

[3] The James Hutton Institute, Invergowrie, Dundee DD2 5DA, UK

Abstract

The current research aimed to evaluate the soil displacement and tillage erosion rates under different tillage systems including no-tillage (NT), reduced tillage (RT), minimum tillage (MT), and conventional tillage (CT) by moldboard plough + disk harrow with three replications in wheat- vetch rotation in the dryland agricultural research institute, Maragheh, Iran. Soil samplings were carried out to evaluate soil physical properties including

soil texture, water content, and bulk density and field measurement of soil displacement was carried out at tillage time. Results revealed that conventional tillage on contour line had significantly higher soil displacement in tillage direction (around 57 cm soil displacement) compared to reduced and minimum tillage systems (with around 20 and 15 cm displacements, respectively). Convectional tillage also had higher lateral soil displacement (downwardly in main slope direction) which is also known as tillage erosion rate among applied tillage systems (48 cm or 152 $kg.m^{-1}$ *vs.* 5 and 4 cm or 16 and 7 $kg.m^{-1}$). While a range of factors contribute to the tillage systems adopted by farmers our results suggest that non-inversion, reduced tillage with e.g. a chisel plough is an appropriate system to limit tillage erosion and a viable alternative to conventional tillage in region.

Keywords: Tillage erosion, Soil displacement, Tillage operation