

برآورد و مقایسه میزان فرسایش خاک در نظام‌های کشاورزی حفاظتی و مرسوم (مطالعه موردی: مزارع سویای شهرستان گرگان)

سعید موشانی^۱، حسین کاظمی^{۲*}، افشین سلطانی^۳، محمداسماعیل اسدی^۴، محسن حسین‌علیزاده^۵

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴)

چکیده

استان گلستان از لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید سویا در رتبه اول کشور قرار دارد. بیش‌ین سطح زیرکشت سویا در این استان به شهرستان گرگان اختصاص دارد. اخیراً در این شهرستان نظام کشاورزی حفاظتی در حال گسترش می‌باشد. با توجه به اهمیت فرسایش در هدر رفت خاک و تأثیر آن در حاصل‌خیزی، برآورد میزان فرسایش در اراضی کشاورزی دارای اهمیت است. هدف از این مطالعه برآورد و مقایسه میزان فرسایش خاک تحت دو نظام کشت مرسوم و حفاظتی سویا و تهیه نقشه فرسایش در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان می‌باشد. مطالعه حاضر در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. بدین منظور ۳۸ مزرعه با نظام کشت مرسوم و ۱۰ مزرعه نظام کشت حفاظتی با استفاده از معادله جهانی هدررفت خاک ارزیابی شدند. مزارع در چهار جهت اصلی شهرستان و بر اساس پنج مرکز خدمات کشاورزی انتخاب شدند. برای تهیه نقشه متغیرهای دخیل در معادله جهانی هدررفت خاک از روش‌های زمین‌آماری در محیط ArcMap نسخه ۱۰/۳ استفاده شد. با توجه به نتایج، میزان فرسایش در اراضی تحت نظام حفاظتی با میانگین ۵۵/۰۲۴ کیلوگرم بر هکتار در سال و تحت نظام مرسوم با میانگین ۱۳۱/۳۱ کیلوگرم بر هکتار در سال زراعی برآورد شد. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد بین این دو نظام کشت بر اساس آزمون تی وجود دارد. هم‌چنین با بررسی نقشه میزان فرسایش خاک، مشخص شد که مزارع واقع در نیمه شرقی شهرستان، دارای بیش‌ترین میزان فرسایش می‌باشند. دلیل این امر بالا بودن میزان فرسایش‌پذیری باران، فرسایش‌پذیری خاک و نیز کمبود پوشش سطح خاک به واسطه حذف بقایای گیاهی می‌باشد. بطور کلی با اجرای کشاورزی حفاظتی در اثر حفظ بقایا در سطح خاک و کاهش خاک‌ورزی، فرسایش خاک کاهش یافته و با حفاظت از خاک به‌عنوان یک خدمت بوم‌سازگانی، می‌توان اثرات ناشی از فرسایش را به‌طور معنی‌دار در مزارع کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: سویا، سامانه اطلاعات جغرافیایی، فرسایش، کشاورزی حفاظتی، معادله جهانی هدررفت خاک

موشانی س.، کاظمی ح.، سلطانی ا.، اسدی م.ا.، حسنعلی زاده م. ۱۴۰۰. برآورد و مقایسه میزان فرسایش خاک در نظام‌های کشاورزی حفاظتی و مرسوم (مطالعه موردی: مزارع سویای شهرستان گرگان). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۹، شماره ۲. صفحه: ۶۱-۷۲.

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 - ۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (مکاتبه‌کننده)
 - ۳- استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
 - ۴- دانشیار آبیاری و زهکشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
 - ۵- دانشیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- *پست الکترونیک: hkazemi@gau.ac.ir

مقدمه

مزارع گندم، سیب‌زمینی، کلزا، چغندر قند و آیش را به‌ترتیب ۱/۰۵، ۲/۸۷، ۰/۳۹، ۰/۲۷ و ۱/۰۶ تن بر هکتار گزارش نمود و اذعان داشت که حدود ۸۸ درصد فرسایش در این منطقه در مزارع کشت‌شده با شخم برگردان رخ می‌دهد. اوگوروزکان و همکاران (Ugur Ozcan *et al.*, 2008) میزان فرسایش در مراتع، مزارع و جنگل‌های استان کانکری ترکیه را به‌ترتیب برابر با ۱۲۹۰، ۱۹۹۰ و ۸۹۰ کیلوگرم بر هکتار گزارش نمودند. ون پلت و همکاران (Van Pelt *et al.*, 2017) در یک مطالعه طولانی‌مدت در ایالت تگزاس ایالات‌متحده آمریکا نشان دادند بر اثر اعمال تیمارهای خاک‌ورزی با مالچ، کلس و بی‌خاک‌ورزی، کم‌ترین فرسایش در تیمار بی‌خاک‌ورزی با ۴/۶ تن بر هکتار در سال بدست آمد. استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در تعیین فرسایش توسط لو و همکاران (Lu *et al.*, 2004) برای جنگل‌های آمازون در برزیل انجام شد. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2003) نیز برای تعیین فرسایش خاک، مجموعه‌ای از داده‌ها و اطلاعات مانند تصاویر ماهواره‌ای، فرساینده‌ها، باران، فرسایش‌پذیری خاک، عامل طول و شیب اراضی، عامل پوشش گیاهی و عامل حفاظت تلفیق را کردند. در اراضی کشاورزی بروز فرسایش یکی از مشکلاتی است که علاوه بر کاهش حاصلخیزی، عوارضی هم‌چون آبخشی عناصر شیمیایی را به همراه دارد. استان گلستان به عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی کشور مطرح بوده که از لحاظ میزان فرسایش در وضعیت نامطلوبی قرار دارد، به‌طوری‌که در برخی مطالعات میزان آن را برای اراضی کشاورزی بین حدود ۲۰ تا ۲۶ تن بر هکتار در سال گزارش داده‌اند (Kiani *et al.*, 2017). استان گلستان دارای ۶۷۶۱۹۶ هکتار اراضی کشاورزی است که در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ حدود ۳۲۵۰۰ هکتار آن به کشت سویا اختصاص یافته است. در سال‌های اخیر با ترویج نظام‌های کشاورزی حفاظتی برخی از کشاورزان منطقه به بکارگیری اصول این نظام تمایل پیدا کرده‌اند که عملاً می‌توان نظام کشت سویا را در شهرستان گرگان به دو نظام مرسوم و حفاظتی تقسیم کرد. بر این اساس هدف از این مطالعه برآورد و مقایسه میزان فرسایش در اراضی کشاورزی تحت کشت سامانه حفاظتی و مرسوم سویا در

خاک، یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی هر کشور محسوب می‌گردد. بشر در طی تاریخ تکاملی خود، همواره از خاک به‌عنوان بستری برای کشت و کار محصولات کشاورزی و تأمین نیازهای غذایی استفاده نموده است تا ادامه حیات خود را تضمین نماید (Salehi *et al.*, 2014). فرسایش خاک یک پدیده طبیعی و موضوع مهم در این رابطه، تشدید فرسایش است، جایی که فرسایش طبیعی با فعالیت‌های انسانی مانند مدیریت اراضی یا تغییر کاربری اراضی تشدید می‌شود (Gobin *et al.*, 2003). تاکنون انواع مختلفی از فرسایش شناخته‌شده است، مهم‌ترین آن‌ها فرسایش آبی، فرسایش بادی و انتقال خاک از طریق خاک‌ورزی است (Auerswald *et al.*, 2003). اندازه‌گیری مقدار فرسایش به خاطر تفاوت در زمان و مکان دارای مشکلاتی می‌باشد، به همین منظور، بسیاری از مدل‌های فرسایش خاک توسعه یافته‌اند و ابزاری مفید برای مطالعه فرسایش خاک محسوب می‌شوند (Nearing *et al.*, 1990). معادله جهانی هدررفت خاک یکی از مرسوم‌ترین مدل‌ها بوده که در جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مدل دارای ریشه تجربی بوده و هنوز هم بهترین ابزار برای ارزیابی طولانی مدت فرسایش آبی (Nearing, 1998) و فرسایش پاشمانی (Salehi *et al.*, 2014) است.

به کار بردن اقدامات مدیریتی مناسب در اراضی کشاورزی می‌تواند در حفظ خاک و کاهش فرسایش نقش مهمی داشته باشد (Fiener & Auerswald, 2003). بقایای گیاهی و روش خاک‌ورزی اثرات متفاوتی بر میزان فرسایش خاک می‌گذارند. امروزه کشاورزی مرسوم با از بین بردن بقایا و خاک‌ورزی‌های شدید و سنگین همراه می‌باشد. در عوض نظام کشاورزی حفاظتی با ویژگی‌های مطلوبی از جمله حفظ بقایا در سطح خاک، کم‌ترین دست‌ورزی خاک و رعایت تناوب زراعی همراه است (Asadi & Sadeghi, 2017). لال و همکاران (Lal *et al.*, 2007) بیان داشتند که خاک‌ورزی مرسوم همراه با سوزاندن بقایا، موجب می‌شود خاک در مقابل باران و باد آسیب‌پذیر شده و شرایط وقوع فرسایش فراهم گردد. پراسون (Prasuhn, 2012) در بررسی میزان فرسایش در اراضی کشاورزی سوییس طی ده سال، میزان فرسایش در

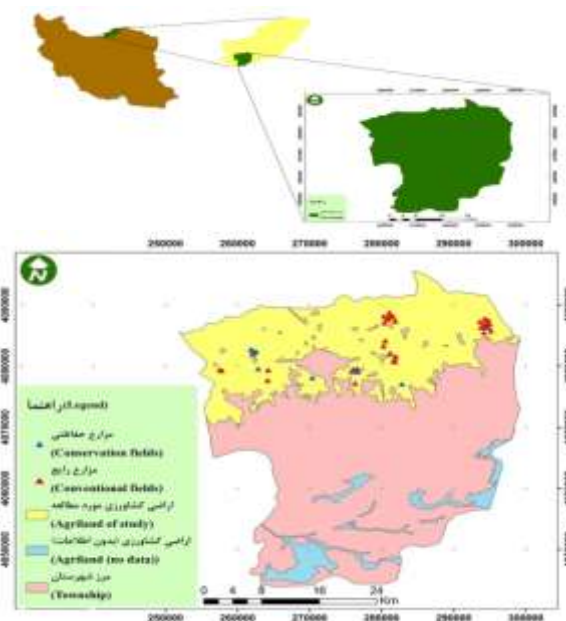
می‌باشد. در این پژوهش ۴۸ مزرعه سویا انتخاب شدند که ۳۸ مزرعه تحت کشت مرسوم و ۱۰ مزرعه تحت کشت سامانه حفاظتی قرار داشتند. انتخاب مزارع در چهار جهت اصلی شهرستان و براساس پنج مرکز خدمات کشاورزی (حومه گرگان، جلین، نوده ملک، سرخکلاته و ورسن) انجام شد. برای نمونه‌برداری خاک از الگوی W استفاده شد (شکل ۲). براساس این الگو ابتدا مزارع از نظر مساحت به سه گروه a اراضی زیر پنج هکتار، b اراضی بین ۵ تا ۱۳ هکتار و c اراضی بالای ۱۳ هکتار تقسیم شدند (Kazemi, 2016) و مختصات جغرافیایی مزارع در دسته های a، b و c به ترتیب در نقاط ۳، ۵ و ۷ توسط GPS مدل گارمین exs60 ثبت گردید. نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک توسط اوگر انجام شد.

شهرستان گرگان با استفاده از معادله جهانی هدررفت خاک و سامانه اطلاعات جغرافیایی بود.

مواد و روش‌ها

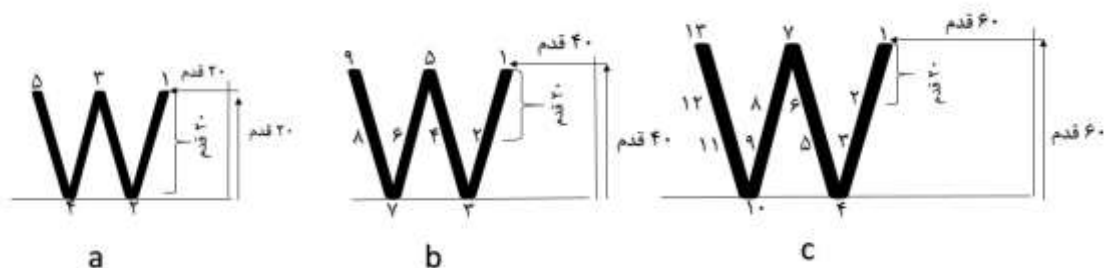
منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری از مزارع

مطالعه حاضر در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. محدوده مورد مطالعه شهرستان گرگان واقع در استان گلستان و اراضی کشاورزی (شکل ۱) این شهرستان در محدوده ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی انتخاب شد. میانگین بارش سالانه این شهرستان در یک دوره آماری بلند مدت برابر با ۴۵۲/۰۲ میلی‌متر در سال



شکل ۱- موقعیت شهرستان گرگان در استان گلستان و کشور و موقعیت مزارع سویای مورد مطالعه تحت نظام‌های مرسوم و حفاظتی

Figure 1. Location of Gorgan County in Golestan Province and distribution of studied of conventional and conservation field



شکل ۲- نحوه نمونه‌برداری بر اساس الگوی W در مزارع گروه a، b و c (Kazemi, 2016)

Figure 2. Sampling method based on the W pattern in the fields of group a, b and c (Kazemi, 2016)

معادله جهانی هدررفت خاک (USLE)

از بهترین معادلات برای محاسبه میزان فرسایش را ویشمایر و اسمیت (Wischmeier & Smith, 1978) ارائه دادند که به معادله جهانی هدررفت خاک (رابطه ۱) معروف است. این معادله مبنای تجربی داشته و بر اساس داده‌های میدانی و با استفاده از شش عامل اصلی شامل فرساینده‌ی باران، فرسایش‌پذیری خاک، عامل طول و شیب (یا پستی‌وبلندی) عامل کاربری اراضی و نهایتاً مدیریت عرصه، فرسایش را محاسبه می‌کند (Ugur Ozcan et al., 2008). معادله جهانی هدررفت خاک طی سال‌های متوالی به طور گسترده در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است، زیرا این مدل علاوه بر ساده و قوی بودن، نشان‌دهنده یک رویکرد استاندارد است (Desmet & Govers, 1996). در این معادله بر مجموع انرژی بارندگی برای محاسبه شدت فرسایش حاصل از انواع فرسایش ورقه‌ای، بین شیاری و شیاری تأکید می‌شود. در فرمول جهانی فرسایش خاک، تأثیر هر کدام از عوامل موثر بر فرسایش به صورت یک عدد محاسبه می‌شود و در نهایت، میزان فرسایش از حاصل ضرب این اعداد به شکل رابطه (۱) بیان می‌گردد:

$$A \times R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

که در آن A: مقدار خاک فرسایش یافته به وسیله فرسایش ورقه‌ای و شیاری (برحسب واحد جرم بر واحد سطح و در واحد زمان) است، R: عامل بارندگی است که قدرت فرساینده‌ی باران را نشان می‌دهد (برحسب مگاژول بر میلی‌متر بر هکتار در ساعت در سال)، K: ضریب فرسایش‌پذیری خاک بوده که به صورت یک عدد می‌باشد و حساسیت ذاتی خاک به فرسایش را مشخص می‌کند (بر حسب تن بر ساعت بر مگاژول بر میلی‌متر)، L: عامل طول شیب است و عبارت از نسبت فرسایش در طول شیب به فرسایش در کرت شاهد. منظور از کرت شاهد، کرتی است که در همان زمین و همان شیب وجود دارد. این کرت، فاقد پوشش گیاهی است و در جهت شیب، شخم‌خورده است و همواره تحت آیش می‌باشد. مساحت این کرت ۴۰/۵ مترمربع، شیب آن نه درصد؛ عرض آن ۱/۸۳ متر و طول آن ۲۲/۱۳ متر می‌باشد، S: عامل شیب زمین است که نسبت فرسایش در شیب موجود در زمین به مقدار فرسایش در کرت شاهد (شیب نه درصد) می‌باشد؛ C: عامل پوشش گیاهی و عبارت است از فرسایش

حاصل‌شده در زمینی با پوشش گیاهی مشخص نسبت به مقدار فرسایش در شرایط کرت شاهد که بدون پوشش بوده و در جهت شیب شخم‌خورده است؛ P: عامل حفاظت خاک و عبارت است از نسبت فرسایش یک زمین حفاظت‌شده به مقدار فرسایش همان زمین که هیچ‌گونه عملیات حفاظتی در آن انجام نگرفته است (1999 Refahi, 2001; Ahmadi,

محاسبه عامل فرساینده‌ی باران (R)

ضریب R شاخصی است که به انرژی جنبشی باران بستگی دارد و با حداکثر شدت باران‌های ۳۰ دقیقه‌ای همبستگی نزدیک نشان می‌دهد. عامل بارندگی در واقع همان شاخص ویشمایر (EI₃₀) است (Refahi, 2001). با توجه با فقدان داده‌های تفصیلی رگبار، برای برآورد فرساینده‌ی باران از روش فورنیه استفاده گردید. ابتدا داده‌های ماهانه و سالانه برای نه ایستگاه هم‌دیدگی و باران‌سنج موجود در سطح شهرستان گرگان (جعفرآباد، جلین، جهاد کشاورزی، زیارت، فرودگاه گرگان، نوچمن، نومل، ورسن و هاشم‌آباد) و دو ایستگاه برای بررسی دقیق‌تر خارج از شهرستان (حیدرآباد و فاضل‌آباد) در یک دوره آماری ۱۵ ساله از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ جمع‌آوری گردید. سپس با استفاده از رابطه (۲)، شاخص فورنیه برای تمام ایستگاه‌ها به دست آمد و سپس با جای‌گذاری شاخص فورنیه در روابط (۳) یا (۴) که توسط رنارد و فریموند (Renard & Freimund, 1994) برای مناطق فاقد داده‌های تفصیلی رگبار (شدت بارندگی) پیشنهاد شده است، مقدار عامل R برای ایستگاه‌های شاخص برآورد شد.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{\sum_{i=1}^{12} p_i} \quad (2) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن F: شاخص فورنیه؛ p_i میانگین بارندگی روزانه در ماه i؛ p میانگین بارندگی سالانه

$$55 > F \quad \text{اگر}$$

$$R_{factor} = (0.07397 \times F^{1.847}) / 17.2 \quad (3)$$

$$55 \leq F \quad \text{و اگر}$$

$$R_{factor} = (95.77 - 6.081 \times F + 0.4770 \times F^2) / 17.2 \quad (4)$$

برای تعیین مقدار عامل فرساینده‌ی باران در هر مزرعه ابتدا در محیط ArcMap میان‌یابی انجام شد و سپس فایل رستری عامل مذکور به نقطه تبدیل و سپس

پنج درصد ۰/۴ و شیب بیش‌تر از پنج برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شد (Refahi, 2001; Ahmadi, 1999)

ویشمیر در سال ۱۹۵۰ رابطه بین میزان شیب (S) و فرسایش (E) را مطابق رابطه (۷) به دست آورد:

$$E = 0.43 + 0.3s + 0.043s^2 \quad (7)$$

که در این رابطه، S بیانگر درصد شیب زمین می‌باشد. عامل درجه‌ی شیب (S) از طریق رابطه (۸) قابل محاسبه است:

$$S = \frac{E}{E_0} \quad (8)$$

که در آن E: فرسایش در شیب مورد نظر؛ E₀: فرسایش در شیب کُرت شاهد (کُرت با شیب نه درصد) می‌باشد. برای محاسبه درجه‌ی شیب، روابط (۷) و (۸) با یکدیگر ترکیب شده تا رابطه (۹) به دست آید (Refahi, 2001; Salehi et al., 2014).

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2 \quad (9)$$

که در آن S: فاکتور شیب؛ s: درصد شیب می‌باشد.

به‌منظور تهیه نقشه‌های طول و درجه شیب در منطقه مطالعاتی از مدل رقومی ارتفاع با وضوح ۹۰ متر با استفاده از افزونه *Spatial Analyst Tools > Surface* در نرم‌افزار ArcMap نسخه ۱۰/۳ جهت و درصد شیب تهیه گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Google Earth طول شیب (λ) هر مزرعه بر اساس جهت شیب برداشت گردید. در نهایت با استفاده از رابطه (۶) و (۹) ضرایب L و S برای هر یک از مزارع جداگانه برآورد شد.

عملیات حفاظتی (P)

عامل حفاظت خاک، عبارت است از نسبت مقدار خاک از بین رفته در واحد سطح یک زمین حفاظت‌شده، به زمینی که لخت باشد و در جهت تندترین شیب، شخم زده شود. به‌طور کلی، منظور از کارهای حفاظتی، کشت در روی خطوط تراز، کشت نواری و تراس‌بندی در عرصه‌های طبیعی است. دیگر عملیات حفاظتی مانند تناوب‌های زراعی، کود دادن، قرار دادن بقایای گیاهی در سطح زمین و غیره، مربوط به عامل مدیریت زراعی می‌باشند (Refahi, 2001; Salehi et al., 2014). در این مطالعه به دلیل عدم استفاده از تراس‌بندی، کشت نواری و کشت روی خطوط تراس و به عبارتی دخیل نبودن عامل حفاظت، عدد P یک در نظر گرفته شد (Salehi et al., 2014).

نزدیک‌ترین نقطه به هر مزرعه به‌عنوان مقدار عامل فرسایش آن مزرعه ثبت گردید.

عامل فرسایش‌پذیری خاک (K)

در این مطالعه برای برآورد عامل K از ضرایب پیشنهادی ارائه شده توسط استوارت و همکاران (Stewart et al., 1975) استفاده شد که ضریب K را برای تمامی بافت‌های خاک بر اساس میزان ماده آلی نشان می‌دهد. رفاهی (Refahi, 2001) و احمدی (Ahmadi, 1999) جدولی برای ضریب فرسایش‌پذیری خاک ارائه دادند که فقط بافت خاک را شامل می‌شد. اما استوارت و همکاران (Stewart et al., 1975) جدولی را پیشنهاد داده است که بر اساس بافت خاک و ماده آلی خاک، ضریب فرسایش‌پذیری خاک تخمین زده می‌شود. این اعداد بر اساس سامانه US می‌باشد و برای تبدیل به سامانه SI ۷/۵۹ تقسیم می‌گردد (Salehi et al., 2014).

تعیین بافت خاک

در این مطالعه بافت خاک به روش هیدرومتری تعیین شد (Klute & Dinauer, 1986). پس از تعیین بافت خاک، نقشه آن بر اساس شبکه‌بندی مثلثی تیسن یا روش نزدیک‌ترین همسایه تهیه گردید (Kazemi, 2016).

تعیین ماده آلی

برای تعیین ماده آلی خاک ابتدا کربن آلی خاک از طریق روش والکی-بلک (Walkley & Black, 1934) صورت پذیرفت. پس از تعیین کربن آلی خاک از طریق رابطه (۵) میزان ماده آلی تعیین گردید (Qazanshahi, 2005).

$$OM = OC \times 1.724 \quad (5)$$

عامل طول و درجه شیب (LS)

اصولاً هرچه طول شیب، زیادتر باشد، شدت فرسایش بیش‌تر می‌شود. میزان فرسایش در طول یک شیب، یکنواخت نمی‌باشد و به‌طور معمول در قسمت‌های انتهایی، بیش‌تر است. براین اساس عامل طول شیب (L) را می‌توان از رابطه‌ی (۶) به دست آورد (۳۰):

$$L = \left(\frac{\lambda}{m}\right)^m \quad (6)$$

λ: طول شیب زمین (برحسب متر)؛ m: که بسته به شیب زمین، مقدار آن برای شیب کم‌تر از یک درصد برابر با ۰/۲، شیب یک تا سه درصد برابر با ۰/۳، شیب سه تا

جدول ۱- ضریب پوشش گیاهی (C) بر اساس درصد پوشش زمین و درصد پوشش در تماس با خاک یا بقایای گیاهی سطح خاک (Salehi et al., 2014)

Table 3. Coefficient of vegetation (C) based on the percentage of land cover and cover percentage in contact with soil or plant residues of soil surface (Salehi et al., 2014)

Canopy type and height	Coverage percentage	Type of surface coating	Coverage percentage in contact with soil					
			0	20	40	60	80	95-100
Tall plants and low altitude plants with an average height of 0.5 m for dropping drops	25	G	0.36	0.17	0.09	0.038	0.012	0.003
	25	W	0.36	0.20	0.13	0.082	0.041	0.011
	50	G	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
	50	W	0.26	0.16	0.11	0.075	0.039	0.011
	75	G	0.17	0.10	0.06	0.031	0.011	0.003
	75	W	0.17	0.12	0.09	0.067	0.038	0.011

G: Forage crops, plant similar forage; W: Plants with broadleaf

G: علوفه، گیاهان شبیه علوفه؛ W: نباتات بوته‌ای پهن‌برگ

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طرح کاملاً تصادفی نامتعادل و برای مقایسه میانگین بین دو تیمار کشت مر سوم و کشت حفاظتی از آزمون تی در نرم‌افزار SAS نسخه ۹ استفاده گردید.

نتایج و بحث

فرساینده‌گی باران (R)

نتایج جدول (۲) نشان داد که در ایستگاه‌های جعفرآباد، نومل و فاضل‌آباد به ترتیب بیش‌ترین میزان فرساینده‌گی باران و ایستگاه‌های جهاد کشاورزی گرگان، هاشم‌آباد و ورسن به ترتیب کم‌ترین میزان فرساینده‌گی باران دارا هستند. میزان تغییرات این عامل وابستگی زیادی به شدت بارش یا انرژی جنبشی باران دارد. پس از آن نقشه فرساینده‌گی باران در زمین‌های کشاورزی با استفاده از روش کریجینگ به علت دارا بودن کم‌ترین خطای برآورد تهیه شد (شکل ۳).

تهیه نقشه فرسایش

برای تهیه نقشه عامل‌های معادله جهانی هدررفت خاک در سطح شهرستان گرگان، از انواع روش‌های درون‌یابی کلاسیک و زمین‌آمار شامل وزن‌دهی فاصله معکوس، چندجمله‌ای معکوس^۲ و کریجینگ^۳ در نرم‌افزار ArcMap نسخه ۱۰/۳ استفاده شد. هر روشی که کم‌ترین خطای برآورد یا ریشه دوم میانگین مربعات (RMSE) را داشته، برای تهیه لایه نهایی از آن استفاده گردید. خطای برآورد با استفاده از رابطه (۱۱) بدست آمد (Webster & Oliver, 2000).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (z(x_i) - z(x_i))^2} \quad (11)$$

که RMSE خطای برآورد، $Z^*(X_i)$ مقدار برآورد شده در نقطه X_i ، $Z(X_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده در نقطه X_i و N تعداد نقاط می‌باشد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

جدول ۲- عامل فرساینده‌گی در ایستگاه‌های باران‌سنجی شهرستان گرگان و حومه

Table 2. Rainfall erosivity factor in rain gage stations in Gorgan county and countryside

Station name	Latitude			Longitude			R (MJ mm ha ⁻¹ y ⁻¹)
	Degree	Minutes	Second	Degree	Minutes	Second	
Jafaabad	36	50	45.77	54	41	34.31	126.56
Jelin	36	51	37.77	54	33	33.31	70.90
Gorgan agriculture jihad	36	50	30.77	54	26	29.31	3.19
Heydarabad	36	56	39.00	54	32	360.64	4.89
Ziarat	36	43	12.00	54	28	48.00	71.32
Gorgan airport	36	53	60.00	54	23	60.00	75.60
Fazelabad	36	53	60.00	54	44	60.00	95.36
Nochaman	36	45	55.69	54	18	25.28	79.98
Nomal	36	49	12.00	54	34	12.00	100.33
Varsan	36	50	20.69	54	19	44.28	5.98
Hashemabad	36	51	56.70	54	48	2.00	8.78

3Kriging

1Inverse distance weighted

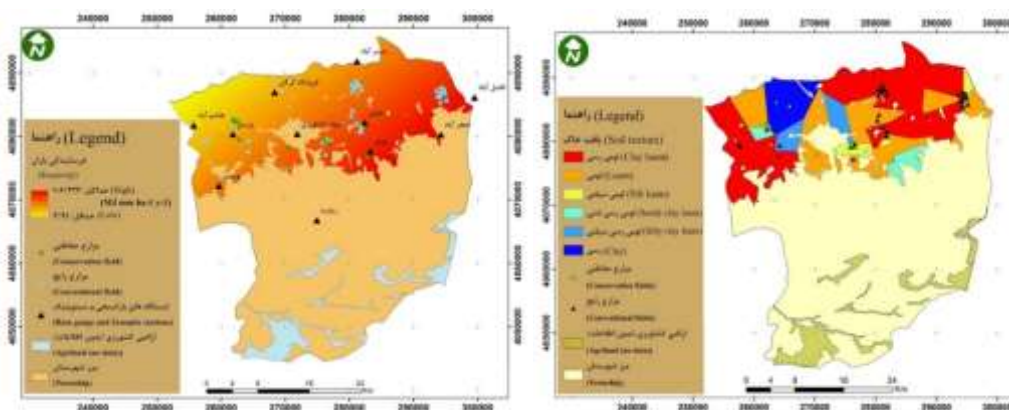
2Local polynomial interpolation

با بررسی نقشه میزان فرساینده‌گی باران مشخص گردید که در بخش‌هایی از شرق و جنوب شرق اراضی مورد مطالعه بیش‌ترین میزان فرساینده‌گی باران وجود دارد (شکل ۳). داده‌های تفصیلی نشان داد که در مناطق منتهی به کوهستان در نوار جنوبی و بخش‌هایی از جنوب شرق، شدت بارندگی در زمان بارش نسبت به سایر مناطق بیش‌تر بود که رابطه مستقیم با فرساینده‌گی باران دارد.

شاخص فرسایش‌پذیری خاک (K)

بر اساس نقشه بافت خاک، مشخص شد که کلاس بافت خاک غالب منطقه لومی-رسی و لومی می‌باشد (شکل ۳). اصولاً ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله بافت، تأثیر اساسی بر پایداری خاکدانه‌ها دارند، از جمله اینکه بر میزان نفوذپذیری و از دست رفتن خاک مؤثر هستند. در این مطالعه مقدار عامل فرسایش‌پذیری خاک بر اساس سامانه SI در اراضی مرسوم بین ۰/۱۵ تا ۰/۵۵ تن بر ساعت بر مگاژول در میلی‌متر و در اراضی حفاظتی بین ۰/۳۶۸ تا ۰/۵۵ تن بر ساعت بر مگاژول در میلی‌متر تعیین شد.

نقشه ماده آلی (شکل ۴) بر اساس روش کریجینگ تهیه گردید. در نقشه فرسایش‌پذیری خاک (شکل ۴) مشخص شد که در بخش‌های مرکزی و نیمه شرقی شهرستان بیش‌ترین فرسایش‌پذیری و نیمه غربی کم‌ترین مقدار فرسایش‌پذیری را دارند. ویژگی‌های فیزیکی خاک از جمله بافت، تأثیر اساسی بر پایداری خاکدانه‌ها دارند، بنابراین بر میزان نفوذپذیری و از دست رفتن خاک مؤثر هستند. کشاورزی حفاظتی دارای سه شرط حداقل ۳۰ درصد بقایا در سطح خاک، حداقل خاکورزی و رعایت تناوب زراعی است که هر کدام از آن‌ها اثرات مستقیم و مثبت بر ماده آلی خاک می‌گذارند. در برخی منابع به طور واضح بیان شده که کاهش عملیات مکانیکی غیر لازم و حذف عملیات شخم، باعث بهبود ماده آلی، حفظ ساختمان و تهویه مناسب خاک می‌گردد که باعث نفوذ آب و مانع ایجاد سله شده و حرکت رواناب را می‌کاهد (Magdof & Harold, 2009).



شکل ۳- نقشه شاخص فرساینده‌گی باران و بافت خاک در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Figure 3. Maps of rainfall erosivity index and Soil texture in agricultural lands of Gorgan County

ماده آلی با بهبود ساختمان خاک و افزایش پایداری خاکدانه‌ها و در نتیجه افزایش نفوذپذیری، موجب کاهش تخریب خاکدانه‌ها و پاشمان خاک می‌شود. ماده آلی با ایجاد پیوند بین ذرات رس خاک و افزایش مقاومت خاکدانه‌ها موجب پایداری در برابر جدا شدن توسط عوامل فرسایش‌دهنده مانند آب و باد می‌گردد (Honarbaksh, & Hayavi, 2018). اوروسوالد و همکاران (Auerswald et al., 2003) بیان کردند که ماده آلی اثر مستقیم روی فرسایش‌پذیری خاک و اثر غیرمستقیم از طریق پایداری

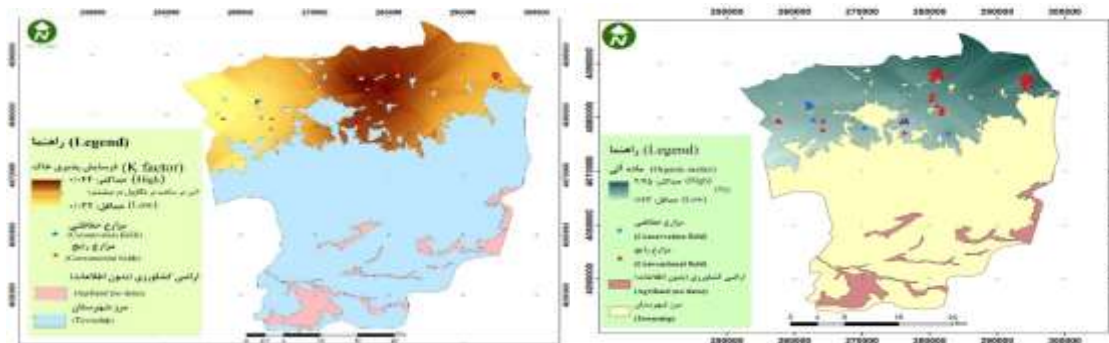
بین ذرات رس خاک و افزایش مقاومت خاکدانه‌ها موجب

بنابراین در اکثر مناطق کم‌ترین میزان عامل طول و شیب مشاهده شد. در مطالعات مختلف نیز نتایج مشابهی در زمینه برآورد عامل طول و شیب بدست آمد، مثلاً اگوراوزکان و همکاران (Ugur Ozcan *et al.*, 2008) بیان نمودند که عامل طول و شیب (LS) در ۹۸ درصد اراضی کشاورزی آنکارا در کشور ترکیه بین ۲ تا ۲۰ و در دو درصد باقی‌مانده بین دو تا پنج قرار دارد. این مقدار در مقایسه با سایر کاربری‌ها مانند جنگل و مرتع بسیار کم‌تر می‌باشد. در مطالعه دیگر اوروسوالد و همکاران (Auerwald *et al.*, 2003) شیب مزارع در اراضی مرسوم و ارگانیک در باواریا (آلمان) را به ترتیب ۷/۵ و ۸/۷ درصد و میانگین طول شیب را در مزارع مرسوم و ارگانیک را به ترتیب ۱۸۵ و ۱۵۰ متر بیان نمود و در نهایت عامل طول و شیب (LS) را در اراضی مرسوم و ارگانیک به ترتیب ۱/۲ و ۲/۳۴ برآورد نمودند. این نتایج نشان می‌دهد که این عامل در مزارعی که یکپارچه نبوده و هر مزرعه دارای وسعت کم‌تری نسبت به سایر کاربری‌ها می‌باشد، معمولاً مقادیر آن پایین است.

پایداری در برابر جدا شدن توسط عوامل فرسایش دهنده مانند آب و باد می‌گردد (Esmaeelnejhad *et al.*, 2016). پس از تعیین بافت خاک و میزان ماده آلی با استفاده از جدول ارائه شده توسط استوارت و همکاران (Stewart *et al.*, 1975)، ضریب فرسایش‌پذیری خاک تعیین و نقشه آن بر اساس روش چند جمله‌ای موضعی تهیه گردید. مشخص شد که در بخش‌های مرکزی و نیمه شرقی شهرستان بیش‌ترین پتانسیل فرسایش‌پذیری و نیمه غربی کم‌ترین فرسایش‌پذیری را دارند (شکل ۴).

عامل شیب و طول دامنه (LS)

نقشه عامل طول و شیب (شکل ۵) با استفاده از روش چند جمله‌ای موضعی که کم‌ترین خطای برآورد را داشت، تهیه گردید. از آنجایی که بیش‌تر اراضی کشاورزی در زمین‌هایی با شیب‌های کم‌تر از هشت درصد مناسب کشت محصولات زراعی می‌باشند (Kazemi, 2016) و اراضی کشاورزی شهرستان گرگان نیز در شیب‌های کم‌تر از هشت درصد قرار دارند و از طرفی طول شیب در اراضی کشاورزی در مقایسه با حوزه‌های آبریز کم‌تر می‌باشد،



شکل ۴- نقشه ماده آلی و فرسایش‌پذیری خاک در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Figure. 4. Maps of organic matter and soil erodibility in agricultural lands of Gorgan County

حفاظتی مقدار پوشش سطح خاک بیش از اراضی مرسوم بود، نهایتاً این ضریب در اراضی حفاظتی کم‌تر برآورد شد.

برآورد فرسایش خاک

با توجه به نتایج، میزان فرسایش در اراضی تحت نظام حفاظتی با میانگین ۵۵/۰۲۴ کیلوگرم بر هکتار و تحت کشت مرسوم با میانگین ۱۳۱/۳۱ کیلوگرم بر هکتار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ برآورد شد (جدول ۳).

به‌نظر می‌رسد که بیش‌ترین عامل تأثیرگذار در تفاوت مقدار فرسایش بین دو نوع سامانه کشت، بیش‌تر بودن پوشش سطح خاک در اراضی با کشت حفاظتی و در

عامل پوشش گیاهی (C)

عامل پوشش گیاهی بر اساس جدول ارائه‌شده توسط صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2014)؛ رفاهی (Refahi, 2001) و احمدی (Ahmadi, 1999) برای مزارع مرسوم با توجه به پوشش گیاهی ۷۵ درصدی و بدون پوشش سطح خاک، ۰/۱۷ و برای مزارع حفاظتی با ۷۵ درصد پوشش گیاهی و ۴۰ درصد پوشش خاک، ۰/۰۹ محاسبه گردید. در این مطالعه این عامل تحت تأثیر پوشش بقایا در تماس با خاک بوده و از آنجایی که در اراضی

حفاظتی، افزایش عملکرد محصول و نیز کاهش فرسایش خاک را گزارش نمودند. در این مطالعه برای تهیه نقشه میزان فرسایش خاک از روش زمین‌آماری کریجینگ به علت داشتن کم‌ترین میزان خطای برآورد، استفاده گردید. در نقشه فرسایش خاک (شکل ۵) نشان داده شد که در نیمه شرقی شهرستان بیش‌ترین میزان فرسایش وجود دارد. دلیل این امر بالا بودن میزان فرساینده‌گی باران (شکل ۳) و فرسایش‌پذیری خاک (شکل ۴) و نیز کمبود پوشش سطح خاک به واسطه بقایای گیاهی می‌باشد، زیرا در این منطقه، کشاورزان کم‌تری نسبت به بخش غربی تمایل به حفظ بقایا و رعایت اصول کشاورزی حفاظتی داشتند.

نتیجه پایین بودن ضریب C یا پوشش گیاهی می‌باشد. فرسایش پاشمانی مهم‌ترین و اولین فرآیند فرسایش در اراضی کشاورزی است (Honarbaksh & Hayavi, 2018). پوشش سطح خاک با بقایای گیاهی باعث نفوذ بیش‌تر آب، جلوگیری از برخورد قطرات باران به سطح خاک و فرسایش پاشمانی و نیز با حفظ رطوبت خاک سبب کاهش فرسایش در مزارع حفاظتی شده است. آورسوالد و همکاران (Auerswald *et al.*, 2003) میزان فرسایش در دو نظام ارگانیک و مرسوم را به ترتیب برابر ۴۰ و ۲۹۰ کیلوگرم بر هکتار در سال گزارش کردند. هم‌چنین پرزگروواس و چیسمن (Perezgrovas & Cheesman, 2014) در بررسی ۱۴ ساله اثرات کشاورزی

جدول ۴- نتایج مقایسه میزان فرسایش خاک (بر اساس سامانه SI) در دو نظام کشت حفاظتی و کشت مرسوم سویا در شهرستان گرگان

Table 3. Results of comparison of soil erosion (based of SI system) in two conservation and conventional systems of soybean in Gorgan County

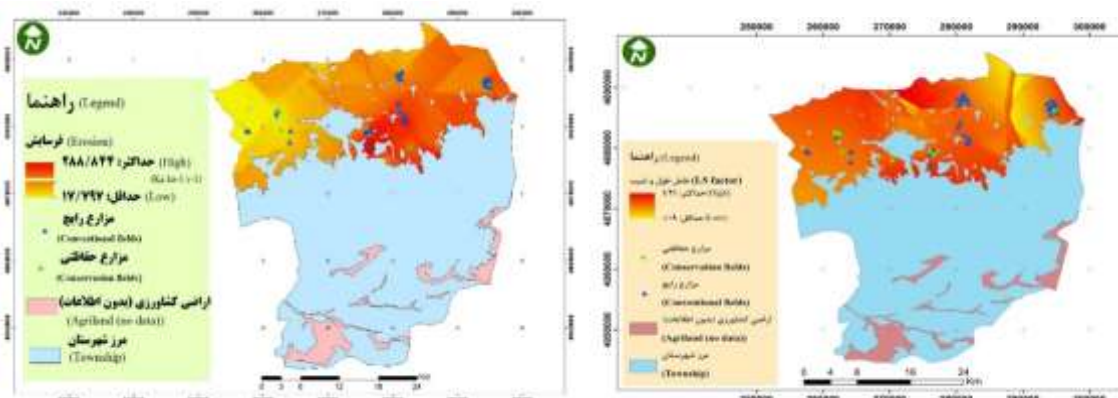
Cultivation system	Standard error \pm mean (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	The mean difference (kg ha ⁻¹ year ⁻¹)	df	T value	P
Conventional system	11.99 \pm 131.31	76.028	46	3.10	0.0033**
Conservation system	6.98 \pm 55.024				

** significant at P<0.001

** معنی داری در سطح یک درصد

کربن آلی خاک، کاهش عمق خاک حاصلخیز سطحی، کاهش حاصلخیزی خاک و کاهش ظرفیت نگهداری آب در خاک و اثرات خارج از مزرعه منجر به کاهش کیفیت خاک، هوا و آب از طریق رسوب خاک، آلودگی آب و رواناب، سرشارسازی^۱ و آزادسازی گازهایی نظیر دی‌اکسید کربن و متان می‌گردد (Lal, 2014).

توره و تامپسون (Troeh & Thompson, 1993) میزان از دست رفتن خاک در اروپا را ۱۷ تن بر هکتار و میزان تولید خاک را یک تن بر هکتار در سال بیان نمودند. اصولاً اثرات فرسایش را می‌توان در دو بخش داخل مزرعه‌ای و خارج مزرعه‌ای برشمرد که اثرات فرسایش در داخل مزرعه باعث کاهش کیفیت خاک از طریق کاهش محتوی



شکل ۵- نقشه عامل طول و شیب و فرسایش خاک در اراضی کشاورزی شهرستان گرگان

Figure 5. Maps of length and slope factor and soil erosion in agricultural lands of Gorgan County

نتیجه‌گیری کلی

فرسایش در اراضی کشاورزی گردد، حایز اهمیت است. نتایج این مطالعه نشان داد که با اجرای کشاورزی حفاظتی و با حفظ خاک به‌عنوان یک خدمت بوم‌سازگانی حاصل از اجرای کشاورزی حفاظتی در شهرستان گرگان، می‌توان اثرات ناشی از فرسایش را به‌طور معنی‌دار کاهش داد و از خسارت‌های زیست‌محیطی و اقتصادی آن جلوگیری نمود و هم‌زمان حاصلخیزی خاک را نیز بهبود بخشید.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بابت تأمین هزینه مالی این مطالعه قدردانی می‌گردد.

در این مطالعه نتایج نشان داد که در اراضی با نظام حفاظتی، میزان فرسایش خاک بیش از ۵۰ درصد کم‌تر از نظام کشاورزی مرسوم بود. این نتیجه مطلوب بیش‌تر در اثر حفظ بقایای گیاهی در سطح خاک حاصل شد. این بقایا از پاشمان و جابجایی خاک جلوگیری می‌نمایند و ضریب پوشش گیاهی را پایین می‌آورند. گزارش‌ها نشان می‌دهد که ایران از نظر فرسایش رتبه اول خاورمیانه و رتبه دوم جهان را داراست و فرسایش از مهم‌ترین معضلات در اراضی کشاورزی ایران به حساب می‌آید که علاوه بر کاهش حاصلخیزی خاک، اثرات منفی بر محیط زیست و بوم‌سازگان می‌گذارد. بنابراین هر روش مدیریتی از جمله اجرای نظام حفاظتی که بتواند منجر به کاهش

References

- Ahmadi H. 1999. Applied Geomorphology. 3th Ed, Tehran University Press. 714 p. (In Persian)
- Asadi M.E., and Sadeghi S. 2017. Healthy soils with conservation agriculture systems. Nowrouzi Press, 135p. (In Persian)
- Auerswald K., Kainz M., and Fiener P. 2003. Soil erosion potential of organic versus conventional farming evaluated by USLE modelling of cropping statistics for agricultural districts in Bavaria. *Soil Use and Management*, 19(4): 305-311.
- Desmet P.J.J., and Govers G. 1996. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51:427-433.
- Esmaelnejhad L., Ramezanzpour H., and Seyedmohammadi J. 2016. Various erosional forms in Marly lands with different physical properties and clay mineral variations in southern Guilan province. *Watershed Engineering and Management*, 7(4): 523-535. (In Persian)
- Fiener P., and Auerswald K. 2003. Concept and effects of a multi-purpose grassed waterway. *Soil Use and Management*, 19(1): 65-72.
- Gobin A., Jones R., Kirkby M., and Kosmas C. 2003. Assessment and reporting on soil erosion, background and workshop report. European Environmental Agency, Printed in Denmark, 100p.
- Honarbaksh A., and Hayavi F. 2018. Laboratory study of splash erosion in different soil tissues using rain simulation. *Quantitative Geomorphology Studies*. 7 (2): 1-18. (In Persian)
- Kazemi H. 2016. Application of geographic information system (GIS) in crop sciences. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press, 266p. (In Persian)
- Kiani F., Behtarinejhad B., Najafinejhad A., and Kaboli R. 2017. Evaluation the erosion and sediment in different land uses of Tamer watershed, Golestan Province using SWAT model. *Water and Soil*, 31(5): 1383-1395. (In Persian)
- Klute A., and Dinauer R.C. 1986. Physical and mineralogical methods. *Planning*. 8: 79.
- Lal R. 2014. Soil conservation and ecosystem services. *International Soil and Water Conservation Research*, 2: 36-47.
- Lal R., Reicosky D., and Hanson J. 2007. Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research*, 93(1): 1-12.
- Lu D., Li G., Valladares G.S. and Batistella M. 2004. Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degradation and Development*, 15(5): 499-512.
- Magdoff F., Harold V.E. 2009. Building soils for better crops. 3th Ed. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE), Burlington. 310p.

- Nearing M.A. 1998. Why soil erosion models over-predict small soil losses and under-predict large soil losses. *Catena*, 32(1): 15–22.
- Nearing M.A., Lane L.J., Alberts E.E., and Laflen J.M. 1990. Prediction technology for soil erosion by water: Status and research needs. *Soil Science Society of America Journal*, 54(6): 1702-1711.
- Nikkami D., and Mahdian M.H. 2015. Rainfall erosivity mapping in Iran. *Watershed Engineering and Management*, 6(4): 364-376. (In Persian)
- Perezgrovas R.R., and Cheesman S. 2014. Conservation agriculture as an alternative for soil erosion control and crop production in steep-slopes regions cultivated by small-scale farmers in Motozintla, Mexico. *World Journal of Agricultural Research*, 2(6): 18-24.
- Prasuhn V. 2012. On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. *Soil and Tillage Research*, 120: 137-146.
- Qazanshahi J. 2005. Soil and Plant Analysis. Aeeizh Press, 272p. (In Persian)
- Refahi H. 2001. Water Erosion and Its Control. 2th Ed, Tehran University Press, 671 p. (In Persian).
- Renard K.G., and Freimund J.R. 1994. Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Hydrology*, 157:1-4. 287-306.
- Salehi M.H., Esfandiarpour Brojeni A., Mohajer R., and Bagheri Bodaghabadi M. 2014. Water and Soil Conservation. Payam Noor University Press, 210p. (In Persian)
- Stewart B.A., Woolhiser D.A., Wischmeier W.H., Caro J.H., and Frere M.H. 1975. Control of water pollution from cropland. Washington Department of Agriculture, Agricultural Research Service Publishing, 326p.
- Troeh F., and Thompson L. 1993. Soils and Fertility. 5th Ed. Oxford University Press, New York, 462p.
- Ugur Ozcan A., Erpul G., Basaran M., and Erdogan E.H. 2008. Use of USLE/GIS technology integrated with geostatistics to assess soil erosion risk in different land uses of Indagi Mountain Pass-C₅ ankiri, Turkey. *Environmental Geology*, 53: 1731-1741.
- Van Pelt R.S., Hushmurodov S.X., Baumhardt R.L., Chappell A., Nearing M.A., Polyakov V.O., and Strack J.E. 2017. The reduction of partitioned wind and water erosion by conservation agriculture. *Catena*, 148: 160-167.
- Walkley A. and Black I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1): 29-38.
- Wang G., Gertner G., Fang S., and Anderson A.B. 2003. Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM images and a slope map. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(8): 889-898.
- Webster R., and Oliver M.A. 2000. Geostatistics for Environmental Scientists. Wiley Press, 271p.
- Wischmeier W.H., and Smith D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses- a guide to conservation planning. US Department of Agriculture, Agricultural Handbook 537, USDA Washington DC.

Estimation and Comparison of Soil Erosion in Conservation and Conventional Agricultural Systems (Case study: Soybean Agricultural Lands in Gorgan County)

**Saeid Moushani¹, Hossein Kazemi^{2*}, Afshin Soltani³, Mohammad Esmaeil Asadi⁴,
Mohsen Hoseinalizadeh⁵**

(Received: April, 2020 Accepted: November, 2020)

Abstract

Golestan province has the first rank in Iran in terms of soybean production and area. Most of these areas are located in Gorgan County. Recently, conservation agricultural system is developing in this county. Considering the importance of erosion in soil loss and fertility decline, estimating the amount of soil erosion in agricultural lands is important. The current study carried out in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, during 2016-2017. Soybean field were selected from four main directions based on five agricultural service centers. In order to 38 conventional fields and 10 conservation fields were evaluated based on Universal Soil Lose Equation (USLE). The maps of USLE parameters were produced by interpolation methods in ArcMap 10.3. According to the results, the average amounts of erosion were estimated as of 55.024 kg ha⁻¹ per year in the conservation fields and 131.31 kg ha⁻¹ per year in the conventional fields. The results showed that there was a significant difference between these two agricultural systems in Gorgan based on T test in the 99% probability level. Also, soil erosion map showed that the eastern part of the county had the most erosion amounts. The reasons of these results were the high rainfall erosivity, soil erodibility and the lack of soil surface coverage from plant residue. Generally, soil erosion was reduced with the implementation of conservation agriculture system, maintaining the plant residue in soil surface and reducing soil tillage. Thus, the effects of erosion can be significantly reduced in fields using conservation of soil as an ecosystem service.

Keywords: Conservation agriculture, Erosion, Geographic Information System, Soybean, Universal soil loss equation

Moushani S., Kazemi H., Soltani A., Asadi M.E., Hoseinalizadeh M. 2021. Estimation and comparison of soil erosion in conservation and conventional agricultural systems (case study: Soybean agricultural lands in Gorgan county). *Applied Soil Research*, 9(2): 61-72.

¹ Former of Agroecology MSc. student, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

² Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

³ Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

⁴ Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran.

⁵ Associate Professor, Department of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

*Corresponding Author Email: hkazemi@gau.ac.ir