

گزارش کوتاه علمی

ارزیابی اثرات بلندمدت فرسایش بر پتانسیل باروری خاک در حوضه کوهین استان قزوین

*حیدر غفاری گوشه^۱ و منوچهر گرچی^۲

^۱ دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران، دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: حفظ باروری خاک یکی از عوامل کلیدی در کشاورزی پایدار به شمار می‌رود. فرسایش خاک در بلندمدت باعث تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و کاهش باروری خاک می‌گردد. بنابراین به منظور پایداری تولیدات کشاورزی، تعیین فرسایش قابل قبول ضرورت دارد. روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات فرسایش بر عملکرد محصول و باروری خاک ارائه شده است که یکی از رایج‌ترین آن‌ها، استفاده از مدل شاخص باروری خاک است. مدل شاخص باروری یک مدل نسبتاً ساده بوده و به متغیرهای محدودی نیاز دارد. همین ویژگی‌ها باعث شده این مدل در مناطقی که داده‌های محدودی وجود دارد به‌طور گسترده استفاده گردد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش اثرات بلندمدت فرسایش بر باروری خاک در حوضه نمونه کوهین در استان قزوین ارزیابی گردید. برای این منظور چهار پروفیل در منطقه حفر و تشریح گردید. از شاخص باروری خاک اصلاح‌شده توسط دوان و همکاران برای تعیین باروری خاک استفاده شد. براساس شرایط خاک و اقلیم منطقه به منظور تعیین فرسایش قابل قبول، مقدار افت ۵٪ باروری خاک در بازه زمانی ۱۰۰ سال به‌عنوان آستانه مجاز در نظر گرفته شد. مقدار میانگین سالانه فرسایش با استفاده از روش سزیم ۱۳۷ برآورد گردید.

یافته‌ها: نتایج آزمایش فعالیت سزیم ۱۳۷ نشان داد که میانگین سالانه فرسایش خاک در ۵۰ سال گذشته ۴۴ تن بر هکتار در سال، معادل از دست رفتن ۳/۷ میلی‌متر از خاک سطحی در هر سال است. با در نظر گرفتن این مقدار فرسایش، باروری خاک سری کوهین سالانه ۰/۵۸ درصد کاهش پیدا می‌کند. با در نظر گرفتن ۵ درصد افت باروری خاک در مدت ۱۰۰ سال به‌عنوان تابع هدف، فرسایش قابل قبول برای سری کوهین به‌طور میانگین حدود ۴/۷۲ تن بر هکتار در سال تعیین شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به مقدار میانگین سالانه فرسایش در حوضه کوهین، به‌منظور حفظ پایداری باروری خاک و تولیدات کشاورزی تا ۱۰۰ سال آینده لازم است مقدار فرسایش حدود ۹۰٪ کاهش یابد. با در نظر گرفتن نسبت تحویل رسوب برابر با ۰/۲۵، رسوب قابل تحمل حدود ۱/۱ تن در هکتار در سال خواهد بود که از لحاظ تولید رسوب نیز در حد قابل قبولی است. مقدار ماده آلی و ظرفیت نگهداری آب خاک از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید در خاک سری کوهین هستند. بنابراین توصیه می‌شود به‌منظور افزایش باروری خاک سری کوهین، اقدامات مدیریتی مناسب در راستای افزایش ماده آلی خاک اعمال گردد.

واژه‌های کلیدی: شاخص باروری خاک، کشاورزی پایدار، آسیب‌پذیری خاک

مقدمه

منابع خاک به دلیل محدود بودن و تجدیدنابذیر بودن آن در مقیاس عمر انسان، از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. تخریب خاک یکی از مهم‌ترین چالش‌های در تمام کشورها است. پژوهش‌ها ثابت کرده‌اند که مهم‌ترین عامل تخریب خاک، فرسایش می‌باشد (۷). فرسایش از طریق حذف خاک سطحی و تغییر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی باعث افت باروری خاک می‌گردد (۱۴). باروری خاک، گنجایش خاک برای تولید یک یا چند محصول خاص در یک سیستم مدیریتی مشخص را نشان می‌دهد. حفظ باروری خاک مهم‌ترین عامل کلیدی در پایداری تولیدات کشاورزی است (۵). هدررفت خاک ناشی از فرسایش در بلندمدت باعث کاهش باروری خاک می‌گردد (۱، ۶). روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثرات فرسایش بر عملکرد محصول و باروری خاک ارائه شده است (۱۲) که از بین آن‌ها مدل شاخص باروری به‌عنوان ابزاری مفید برای برآورد پتانسیل تولید نسبی خاک‌های مختلف، اثرات بلندمدت فرسایش بر تولید محصول و هدررفت قابل تحمل خاک برای برنامه‌های حفاظتی مورد استفاده قرار گرفته است (۱۳، ۳، ۱۱، ۵). مدل شاخص باروری یک مدل نسبتاً ساده بوده و به متغیرهای محدودی نیاز دارد. همین ویژگی‌ها باعث شده این مدل در مناطقی که داده‌های محدودی وجود دارد به‌طور گسترده استفاده گردد (۵). مدل باروری خاک فرض می‌کند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی لایه‌های مختلف خاک بیش‌ترین تأثیر را بر رشد ریشه و عملکرد محصول دارند و سایر عوامل مانند اقلیم، مدیریت و پتانسیل ژنتیکی گیاه ثابت فرض شده و به‌طور مستقیم در مدل استفاده نمی‌شوند (۴). مدل

شاخص باروری برای نخستین بار در خاک‌های تحت کشت ذرت در آمریکا ابداع گردید (۱۳) و پس از آن به‌طور گسترده در مناطق مختلف برای ارزیابی باروری خاک (۱۶، ۱۷، ۱۸) و اثرات بلندمدت فرسایش بر باروری خاک (۲، ۴، ۱۰، ۱۱) استفاده شده است.

هدف از این پژوهش ارزیابی اثرات بلندمدت فرسایش بر پتانسیل تولید محصولات کشاورزی با استفاده از مدل باروری خاک و تعیین فرسایش قابل قبول در حوضه تحقیقاتی کوهین است.

مواد و روش‌ها

ارزیابی باروری خاک: پس از بررسی نقشه خاک و شیب و بازدیدهای صحرایی، چهار پروفیل در منطقه حفر و تشریح گردید. برای ارزیابی باروری خاک از شاخص باروری پیرس و همکاران (۱۹۸۴) اصلاح شده توسط دوان و همکاران (۲۰۱۱) استفاده شد. این شاخص به‌عنوان تابعی از مؤثرترین ویژگی‌های خاک در تولید محصول طبق رابطه زیر محاسبه شد (۱۳، ۵).

$$PI = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot B_i \cdot O_i \cdot CL_i \cdot K_i) \quad (1)$$

که در آن، PI: شاخص باروری، حرف A: ظرفیت نگهداری رطوبت، حرف B: چگالی ظاهری، حرف O: مقدار ماده آلی، CL: مقدار رس و K: اهمیت نسبی هر افق در تولید محصول را نشان می‌دهند. شاخص باروری خاک براساس ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هر لایه تعیین می‌شود و برابر با مجموع باروری لایه‌های مختلف خاک تا عمق ۱۰۰ سانتی‌متر است (۴). اثر هر کدام از ویژگی‌ها بر تولید محصول، با استفاده از منحنی‌های امتیازدهی بین ۱ و ۰

نتایج و بحث

نتایج آزمایش فعالیت سزیم ۱۳۷ نشان داد که میانگین سالانه فرسایش خاک در ۵۰ سال گذشته ۴۴ تن بر هکتار در سال، معادل از دست رفتن ۳/۷ میلی‌متر از خاک سطحی در هر سال است (۸) که بخش عمده‌ای از تلفات خاک در این بازه زمانی مربوط به اجرای روش‌های غلط شخم بوده و در حال حاضر مقدار فرسایش در این اراضی بسیار کم‌تر است. با در نظر گرفتن این مقدار فرسایش، باروری خاک سری کوهین سالانه ۰/۵۸ درصد کاهش پیدا می‌کند. به بیانی دیگر، با این مقدار فرسایش، نیمه‌عمر باروری خاک سری کوهین به‌طور میانگین ۸۸/۷۵ سال است. یعنی پس از این مدت، باروری خاک نسبت به وضعیت کنونی ۵۰ درصد کاهش یابد (۹). در این پژوهش با در نظر گرفتن ۵ درصد افت باروری خاک در مدت ۱۰۰ سال به‌عنوان تابع هدف، فرسایش قابل قبول برای سری کوهین به‌طور میانگین حدود ۴/۷۲ تن بر هکتار در سال تعیین شد. بنابراین برای پایداری باروری خاک و تولیدات کشاورزی تا ۱۰۰ سال آینده در خاک سری کوهین لازم است مقدار فرسایش حدود ۹۰٪ کاهش یابد. البته در چند سال گذشته اقدامات حفاظتی خوبی (بهبود پوشش گیاهی، کشاورزی حفاظتی، شخم روی خطوط تراز، درختکاری) توسط گروه مهندسی و علوم خاک پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در حوضه انجام شده که مقدار فرسایش را تا حد زیادی کاهش داده است.

نرمال‌سازی می‌شود. حاصلضرب امتیازها برای هر لایه باروری آن لایه را مشخص می‌کند.

تعیین فرسایش قابل قبول: برای ارزیابی تغییرات بلندمدت باروری خاک ناشی از فرسایش از مدل مفهومی پیشنهاد شده توسط استوکینگ (۲۰۰۳) استفاده گردید (۱۵). این مدل مفهومی شامل مراحل زیر است (۵):

- ارزیابی کمی پتانسیل باروری خاک براساس مدل شاخص باروری
- ارزیابی آسیب‌پذیری خاک‌ها در مقابل فرسایش طبق رابطه زیر:

$$V = \frac{\Delta PI_d}{d} \quad (2)$$

- تعیین مقدار فرسایش موجود در منطقه
- پیش‌بینی مقدار افت باروری خاک در یک برنامه زمانی مشخص توسط رابطه زیر:

$$R\% = \frac{\Delta PI}{PI_0} \times 100 = \frac{V \times E \times t}{PI_0} \times 100 \quad (3)$$

- انتخاب مقدار افت قابل قبول باروری خاک و تعیین فرسایش قابل تحمل
- در رابطه‌های بالا، ΔPI : تغییرات شاخص باروری، d : ضخامت خاک فرسایش‌یافته (سانتی‌متر)، E : میانگین سالانه فرسایش، R : مقدار کاهش باروری خاک، t : برنامه زمانی مورد نظر و PI_0 : شاخص باروری کنونی خاک است (۵).

تعیین میانگین فرسایش سالانه: میانگین فرسایش سالانه در حوضه کوهین با استفاده از روش سزیم ۱۳۷ برآورد گردید (۱۹).

جدول ۱- تعیین فرسایش قابل تحمل براساس ۵٪ افت قابل قبول باروری خاک در ۱۰۰ سال.

Table 1. Determination of soil loss tolerance based on productivity reduction rate of 5% over 100 years.

موقعیت	شاخص باروری (بدون بعد)	آسیب پذیری خاک در برابر فرسایش (بر سانتی متر)	کاهش باروری پس از ۱۰۰ سال (درصد)	نیمه عمر باروری خاک (سال)	فرسایش قابل تحمل (تن بر هکتار در سال)
	Productivity Index (unitless)	Soil vulnerability to erosion (cm ⁻¹)	Soil productivity reduction rate (%)	Half-life of the soil productivity (year)	Soil loss tolerance (ton. ha ⁻¹ yr ⁻¹)
پروفیل ۱	0.091	-0.0017	0.68	72	3.5
پروفیل ۲	0.096	-0.0018	0.69	72	3.7
پروفیل ۳	0.095	-0.0014	0.54	92	5.3
پروفیل ۴	0.105	-0.0012	0.42	119	6.4
میانگین (Average)	0.097	-0.0015	0.58	88.75	4.72

نتیجه گیری

مقدار ماده آلی و ظرفیت نگهداری آب خاک از مهم ترین عوامل محدود کننده تولید در خاک سری کوهین هستند. بنابراین توصیه می شود به منظور افزایش باروری خاک سری کوهین، اقدامات مدیریتی مناسب در راستای افزایش ماده آلی خاک اعمال گردد. مقدار میانگین فرسایش قابل تحمل در حوضه کوهین حدود ۴/۷ تن بر هکتار در سال تعیین گردید که با در

نظر گرفتن تحویل رسوب برابر با ۰/۲۵، رسوب قابل تحمل برابر ۱/۱ تن بر هکتار در سال خواهد بود که به لحاظ تولید رسوب نیز در حد قابل قبولی است. مقایسه مقدار میانگین فرسایش موجود با فرسایش قابل تحمل در حوضه نشان می دهد برای پایداری تولیدات کشاورزی در یک برنامه زمانی ۱۰۰ ساله، مقدار فرسایش باید حدود ۹۰٪ کاهش یابد.

منابع

1. Bakker, M.M., Govers, G., and Rounsevell, M.D. 2004. The crop productivity-erosion relationship: an analysis based on experimental work. *Catena*. 57: 55-76.
2. Bhattacharyya, P., Mandal, D., Bhatt, V.K., and Yadav, R.P. 2011. A Quantitative Methodology for Estimating Soil Loss Tolerance Limits for Three States of Northern India. *J. Sust. Agric.* 35: 3. 276-292.
3. Delgado, F. 2003. Soil physical properties on Venezuelan steepplands: Applications to conservation planning. The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics. College on Soil Physics.
4. Duan, X., Xie, Y., Liu, B., Liu, G., Feng, Y., and GAO, X. 2012. Soil loss tolerance in the black soil region of Northeast China. *J. Geogr. Sci.* 22: 4. 737-751.
5. Duan, X., Xie, Y., Ou, T., and Lu, H. 2011. Effects of soil erosion on long-term soil productivity in the black soil region of northeastern China. *Catena*. 87: 268-275.
6. Fenton, T., Kazemi, M., and Lauterbach-Barrett, M. 2005. Erosional impact on organic matter content and productivity of selected Iowa soils. *Soil Tillage Res.* 81: 163-171.
7. GLASOD. 1990. Global Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation. World maps, ISRIC: Wageningen.
8. Gorji, M. 2004. Effects of surface soil surface removal (erosion simulation) on crop yield and evaluation of fertilizer compensation effects. Ph.D. Thesis, soil science, Tehran University. (In Persian)

9. Lal, R. 1998. Soil Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environment Quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 17: 4. 319-464.
10. Lobo, D., Lozano, Z., and Delgado, F. 2005. Water erosion risk assessment and impact on productivity of a Venezuela soil. *Catena*. 64: 2-3. 297-306.
11. Mandal, D., Sharda, V.N., and Tripathi, K.P. 2010. Relative efficacy of two biophysical approaches to assess soil loss tolerance for doon valley soils of india. *J. Soil Water Cons.* 65: 1. 42-49.
12. Olson, K.R., Lal, R., and Norton, L.D. 1994. Evaluation of methods to study soil erosion-productivity relationships. *J. Soil Water Cons.* 49: 6. 586-590.
13. Pierce, F.J., Larson, W.E., and Dowdy, R.H. 1984. Soil loss tolerance: Maintenance of long-term soil productivity. *J. Soil Water Cons.* 39: 2. 136-138.
14. Pimentel, D., and Burgess, M. 2013. Soil Erosion Threatens Food Production. *Agriculture*. 3: 3. 443-463.
15. Stocking, M.A. 2003. Tropical soils and food security: the next 50 years. *Sci.* 302: 1356-1359.
16. Thompson, A.L., Gantzer, C.J., and Hammer, R.D. 1992. Productivity of claypan soil under rain-fed and irrigated conditions. *J. Soil Water Cons.* 47: 5. 405-410.
17. Udawatta, R.P., and Henderson, G.S. 2003. Root distribution relationships to soil properties in Missouri oak stands: a productivity index approach. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 6. 1869-1878.
18. Yang, J., Hammer, R.D., Thompson, R.D., and Blanchar, R.W. 2003. Predicting soybean yield in dry and wet year using a soil productivity index. *Plant Soil*. 250: 2. 175-182.
19. Zapata, F. 2003. The use of environmental radionuclides as tracers in soil erosion and sedimentation investigations: recent advantages and future developments. *Soil and Tillage Research*. 69: 3-13.



Short Technical Report

Assessing the effects of erosion on long-term soil productivity potential in Kohin watershed, Ghazvin province

***H. Ghafari Goosheh¹ and M. Gorji²**

¹Ph.D. Student, Dept. of Soil Science and Engineering, Tehran University,

²Associate Prof., Dept. of Soil Science and Engineering, Tehran University

Received: 04/25/2014; Accepted: 01/12/2015

Abstract

Background and Objectives: Maintaining soil productivity is one of the key factors in sustainable agriculture. Erosion often causes changes in soil physical, chemical and biological properties as well as reducing soil productivity over a long-term period of time. Therefore, determining soil erosion tolerance is necessary for sustainable agriculture production. There are several methods to evaluate the effects of erosion on crop yield and soil productivity such as productivity index, which is one of the most common methods. PI model is a relatively simple model that needs limited variables. That is why it is widely used in areas where there are limited data.

Materials and Methods: In this study, the long-term effects of erosion on soil productivity in the typical Kohin watershed were evaluated. For this purpose, four profiles were drilled and described in the area. Modified productivity model was used to evaluate soil productivity changes, resulting in long term effects of erosion. Productivity reduction rate of 5% over 100 years was considered as the threshold to determine soil loss tolerance, based on soil and climate conditions of the area. The average annual erosion rate was estimated using the cesium-137 method.

Results: The results showed that the average annual erosion rate of Kohin watershed was 44 tons per hectare per year based on cesium-137 activity method in the last 50 years, equivalent to a loss of 7.3 mm of topsoil every year. Therefore, soil productivity reduces about 0.58 percent annually due to current erosion. Considering productivity reduction rate of 5% over 100 year as an acceptable threshold, soil loss tolerance of Kohin soil series was calculated about 4.7 tons per hectare per year.

Conclusion: In order to sustain soil productivity and agricultural production up to 100 years, it is necessary to reduce the amount of erosion around 90 percent. Considering the sediment delivery ratio of 0.25, the average annual sediment load was obtained about 1.1 tons per hectare per year, which is acceptable in terms of environment. Both organic matter content and available water content had the highest impact on soil productivity index. Therefore, it is recommended to take appropriate management measures toward increasing soil organic matter in order to enhance soil productivity of Kohin series.

Keywords: Productivity index, Sustainable agriculture, Soil vulnerability

* Corresponding Authors; Email: heidar_ghafari@yahoo.com