



## بررسی اثر خاکورزی و موقعیت شیب بر پایداری خاکدانه با استفاده از نمایه‌های مختلف پایداری

حسین خوشرنگ<sup>1</sup> و حسین اسدی<sup>2</sup>

1,2- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه گیلان

[Khoshrang1@gmail.com](mailto:Khoshrang1@gmail.com)

### چکیده

بسیاری از پدیده‌ها در خاک تحت تاثیر خاکدانه‌های آن است. معمول‌ترین روش برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه تعیین توزیع اندازه آنها به وسیله الک‌تر است. نمایه‌های فراوانی نیز برای این روش ارائه شده است. در این آزمایش تاثیر نوع خاکورزی، موقعیت و عمق خاک بر پایداری خاکدانه با استفاده از چهار نمایه‌ی  $GMD$ ،  $MWD$ ،  $ASI$  و بعد فراکتال بررسی شد. نتایج نشان داد که خاکورزی تاثیر معنی‌داری در جرم مخصوص ظاهری، ماده آلی، درصد رس و سیلت و همچنین نمایه‌های  $GMD$ ،  $MWD$  و بعد فراکتال داشت. این در حالی است که موقعیت روی هر سه شاخص ذکر شده تاثیر معنی‌دار نداشت. همچنین نتایج نشان‌دهنده همبستگی بالای منفی بعد فراکتال با دو نمایه‌ی  $GMD$  و  $MWD$  بود.

کلمات کلیدی: : ساختمان خاک، پایداری خاکدانه، الک تر، بعد فراکتال،  $ASI$

### مقدمه

پایداری ساختمان خاک به وسیله پایداری خاکدانه‌های آن بیان شده و می‌تواند به عنوان شاخصی برای تخریب خاک مورد استفاده قرار گیرد (سدرا، 2000). پایداری خاکدانه توانایی اتصال‌های خاکدانه‌ای در مقاومت کردن نسبت به فشارهایی است که موجب گسیختگی آنها می‌شود (رزکوا و والا، 2004). معمول‌ترین روش برای اندازه‌گیری پایداری خاکدانه الک‌تر می‌باشد. نمایه‌های مختلفی بر مبنای روش الک‌تر ارائه شده است. هدف از این آزمایش مطالعه تاثیر پذیری و مقایسه چهار نمایه‌ی  $GMD$ ،  $MWD$ ،  $ASI$  و بعد فراکتال تحت تاثیر خاکورزی و موقعیت شیب است.

### مواد و روشها

محل نمونه‌برداری ایستگاه "تحقیقات حفاظت خاک و آب و کشت دیم" واقع در استان قزوین بود. نیمی از نمونه‌برداری داخل ایستگاه که خاکورزی به صورت عمود بر جهت شیب و نیمی دیگر از منطقه همجوار که خاکورزی به صورت سنتی در جهت شیب بود، انجام گرفت. سه موقعیت بالایی، میانی و پایینی انتخاب و با سه تکرار نمونه‌برداری سطحی (0-15 سانتیمتر) و عمقی (30-15 سانتیمتر) انجام شد. نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و تحت آزمایش‌های فیزیکی؛ الک تر، جرم مخصوص ظاهری به روش کلوخه (بلیک و هارتج، 1986)، بافت خاک (روش هیدرومتر) و شیمیایی؛ pH (مک لین، 1982)، EC (پیچ و همکاران، 1982)، ماده آلی (روش والکلی بلاک، پیچ و همکاران، 1982) و کربنات کلسیم معادل (روش خنثی کردن با اسید کلریدریک، اسپارک، 1996) قرار گرفتند.

**نحوه انجام الک تر:** برای نمایه‌های  $GMD$ ،  $MWD$  و بعد فراکتال، خاک دست نخورده از الک 8 میلی‌متر عبور و مقدار 50 گرم نمونه‌ی معرف از آن انتخاب، یک شب در دمای اتاق به صورت موئینگی اشباع و سپس به دستگاه الک‌تر منتقل شد. برای به دست آوردن نمایه‌ی  $ASI$  مقدار 100 گرم از نمونه‌ی دست نخورده‌ای که از الک 4/75 میلی‌متر گذشته است بر روی ردیف الک به صورت  $0/075$ ،  $0/125$ ،  $0/25$ ،  $0/5$  و 2 میلی‌متر به صورت خشک الک و توزیع اندازه خشک خاکدانه‌ها به دست آمد و سپس هر کلاس به طور جداگانه الک‌تر شد (نیزاس و ویدوفسکا، 2003).



نحوه محاسبه شاخص های پایداری: برای محاسبه نمایه های MWD و GMD به ترتیب از رابطه ون باول (1949) و مازوراک (1950) استفاده شد.

$$MWD = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i W_i \quad [1]$$

$$GMD = \exp \left( \frac{\sum_{i=1}^n W_i \log \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \right) \quad [2]$$

در هر دو رابطه؛  $\bar{X}_i$ : میانگین قطر خاکدانه هایی که بر روی هر الک باقی می ماند،  $W_i$ : نسبت وزن خاکدانه های هر الک به وزن کل و  $n$ : تعداد الک می باشد. همچنین در رابطه GMD،  $\sum_{i=1}^n W_i$ : وزن کل خاکدانه ها است.

برای محاسبه بعد فراکتال از رابطه (تورکات، 1986) استفاده شد.

$$N_i = c \bar{X}_i^{-D} \quad [3]$$

$N$  تعداد تجمعی خاکدانه های باقی مانده روی الک ها،  $X_i$ : اندازه متوسط خاکدانه ها روی الک  $N$  و  $c$ : یک ثابت است. بعد فراکتال ( $D$ )، یک صفت مشخصه مواد تخریب شده است و از طریق رگرسیون بین لگاریتم های  $N_i$  و  $X_i$  به دست می آید. برای محاسبه نمایه ای ASI از داده های الک تر مربوطه استفاده شد. بدین گونه که توزیع اولیه و توزیع ثانویه به صورت مناسب در جدول گذار جایگذاری و نمایه پایداری خاکدانه از رابطه مربوطه به دست آمد (نیزاس و ویدوفسکا، 2003).

$$ASI = d_0 w_0 + d_1 w_1 + \dots + d_{k-1} w_{k-1} \quad [4]$$

محاسبات آماری: به منظور بررسی اثر نوع خاکورزی، جهت و موقعیت شیب و همچنین عمق خاک بر روی خواص خاک و پایداری خاکدانه از طرح آماری آشیانه ای استفاده شد. برای این منظور از نرم افزار SAS بهره گرفته شد.

### نتیجه گیری

**خصوصیات خاک:** برخلاف خاکورزی اثر موقعیت شیب بر کرنات کلسیم معادل معنی دار بود. کرنات کلسیم معادل در موقعیت بالایی هر دو خاکورزی بیشتر از دو موقعیت دیگر بود. همچنین موقعیت پایینی خاکورزی موازی CCE بیشتری نسبت به خاکورزی عمود داشت. علت می تواند ایجاد فرسایش در موقعیت بالایی و حرکت بیشتر CCE تحت تاثیر نوع خاکورزی باشد. به جز موقعیت بالای شیب در سایر موقعیت ها جرم مخصوص ظاهری خاکورزی موازی افزایش معنی دار نشان داد. در خاک زیرین، اغلب خاکورزی عمود جرم مخصوص ظاهری بیشتری نشان داد. علت می تواند تاثیر بیشتر خاکورزی موازی بر خاک زیرین باشد که موجب کم شدن فشردگی خاک در این لایه شده است. از نظر ماده آلی خاکورزی عمود، تنها در موقعیت پایینی برتری خود را نسبت به خاکورزی موازی از دست داد. از طرفی به جز موقعیت بالایی، در سایر موقعیت ها در هر دو خاکورزی، خاک عمقی ماده آلی بیشتری نسبت به سطح داشت. تاثیر شخم در اکسیداسیون بیشتر خاک سطحی می تواند علت این موضوع باشد. خاکورزی روی تغییرات pH اثر معنی دار نداشت اما روند جزئی افزایش pH به سمت پایین شیب در خاکورزی موازی مشاهده شد که با افزایش کرنات کلسیم معادل هماهنگ است. مشاهده محتوای رس بیشتر در موقعیت های بالا و میانی در خاکورزی موازی نشانه هدر رفت خاک در اثر نوع خاکورزی و ظاهر شدن خاک زیرین با رس بیشتر باشد. میزان سیلت در هر دو خاکورزی به جز موقعیت وسط در خاک سطحی بیشتر از خاک عمقی بود ولی از نظر تغییرات از یک موقعیت به موقعیت دیگر روند خاصی مشاهده نشد. میزان شن خاک سطحی در هر دو خاکورزی در پایین شیب افزایش نشان داد و مقدار آن در خاکورزی عمود بیشتر بود (جدول 1).

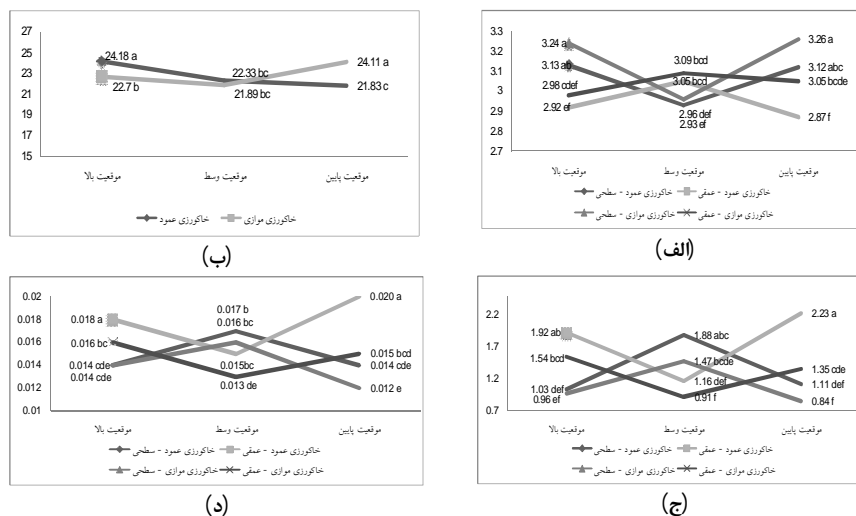


جدول 1- اثر خاکورزی و موقعیت شیب بر خصوصیات خاک اندازه گیری شده

Sand	Silt (%)	Clay	OM	pH	Pb(MG/m <sup>3</sup> )	CCE (%)		
15.75 <sup>bc</sup>	54.25 <sup>b</sup>	30.00 <sup>e</sup>	1.10 <sup>b</sup>	7.44 <sup>bcd</sup>	1.55 <sup>abc</sup>	25.24 <sup>a</sup>	-15	بالا
18.21 <sup>a</sup>	44.56 <sup>e</sup>	37.23 <sup>bc</sup>	0.94 <sup>de</sup>	7.46 <sup>abc</sup>	1.61 <sup>a</sup>	25.51 <sup>a</sup>	-30	خاکورزی عمود
15.44 <sup>c</sup>	53.85 <sup>c</sup>	30.71 <sup>e</sup>	0.94 <sup>de</sup>	7.48 <sup>ab</sup>	1.45 <sup>ef</sup>	21.99 <sup>b</sup>	-15	
16.89 <sup>abc</sup>	57.16 <sup>a</sup>	2.95 <sup>f</sup>	1.30 <sup>a</sup>	7.40 <sup>de</sup>	1.39 <sup>fg</sup>	21.13 <sup>b</sup>	-30	
18.27 <sup>a</sup>	52.90 <sup>b</sup>	28.83 <sup>e</sup>	0.93 <sup>de</sup>	7.40 <sup>de</sup>	1.45 <sup>ef</sup>	17.52 <sup>d</sup>	-15	پایین
13.51 <sup>d</sup>	47.88 <sup>cd</sup>	39.42 <sup>ab</sup>	1.08 <sup>bc</sup>	7.42 <sup>cde</sup>	1.48 <sup>cde</sup>	18.85 <sup>cd</sup>	-30	
11.96 <sup>d</sup>	54.01 <sup>b</sup>	34.43 <sup>d</sup>	0.64 <sup>f</sup>	7.40 <sup>de</sup>	1.46 <sup>def</sup>	26.55 <sup>a</sup>	-15	
16.19 <sup>bc</sup>	49.38 <sup>c</sup>	34.03 <sup>d</sup>	0.93 <sup>de</sup>	7.38 <sup>e</sup>	1.46 <sup>def</sup>	26.05 <sup>a</sup>	-30	خاکورزی موازی
12.96 <sup>d</sup>	46.05 <sup>d</sup>	40.99 <sup>a</sup>	0.76 <sup>f</sup>	7.51 <sup>a</sup>	1.58 <sup>ab</sup>	20.79 <sup>bc</sup>	-15	
16.89 <sup>abc</sup>	52.80 <sup>c</sup>	30.00 <sup>e</sup>	1.00 <sup>cd</sup>	7.41 <sup>cde</sup>	1.35 <sup>g</sup>	20.47 <sup>bc</sup>	-30	
16.99 <sup>ab</sup>	52.79 <sup>b</sup>	30.22 <sup>e</sup>	0.91 <sup>e</sup>	7.45 <sup>bcd</sup>	1.52 <sup>bcd</sup>	20.42 <sup>bc</sup>	-15	پایین
17.40 <sup>ab</sup>	46.97 <sup>cde</sup>	34.72 <sup>cd</sup>	1.04 <sup>bcd</sup>	7.46 <sup>abc</sup>	1.41 <sup>efg</sup>	20.39 <sup>bc</sup>	-30	

حروف متفاوت نشانه‌دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال 1 درصد می‌باشد.

نمایه‌های پایداری: خاکورزی و موقعیت شیب اثر معنی‌دار بر نمایه‌ی ASI داشتند. در موقعیت بالای شیب، خاکورزی عمود پایداری بیشتری (ASI بیشتر) را نشان داد اما به سمت پایین شیب این برتری به سمت خاکورزی موازی تغییر کرد. بعد فراکتال تحت تاثیر خاکورزی مقادیر بیشتری را در خاکورزی موازی نمایش داد که نشان‌دهنده‌ی ساختمان ضعیف‌تر است. در اغلب موقعیت‌ها اختلاف بین خاک سطحی و عمقی معنی‌دار نبود. از نظر نمایه‌ی MWD، خاک عمقی در موقعیت بالا در هر دو خاکورزی پایداری بهتری را نشان داد. موقعیت شیب تاثیر معنی‌داری بر این نمایه نداشت. همچنین در تمام موارد خاکورزی عمود پایداری بیشتری را نشان داد. در مورد نمایه‌ی GMD هم روند مشابه نمایه‌ی MWD بود (شکل 1).



شکل 1- اثر خاکورزی و موقعیت شیب بر نمایه‌های (الف) - بعد فراکتال (ب) - ASI (ج) - MWD و (د) - GMD

همبستگی نمایه‌ها با خصوصیات خاک: در ادامه تحلیل‌ها، همبستگی متغیرها از طریق آزمون ضریب همبستگی پیرسون بررسی گردید (جدول 2). از میان نمایه‌های پایداری، بعد فراکتال همبستگی منفی با درصد رس و همبستگی مثبت با درصد سیلت داشت. این بدان معنی است که با افزایش رس در خاک بعد فراکتال کاهش می‌یابد. مقدار کمتر



بعد فراکتال نشان‌دهنده ساختمان بهتراست. از طرفی با افزایش درصد سیلت بعد فراکتال رو به فزونی می‌گذارد و بیانگر خاکدانه‌های ناپایدارتر است. نمایه‌ی ASI، تنها با کربنات کلسیم معادل همبستگی مثبت نشان داد. نمایه‌های MWD و GMD با درصد رس خاک همبستگی مثبت داشتند. نکته‌ی قابل توجه همبستگی بالای منفی بعد فراکتال با نمایه‌های MWD و GMD بود. در حالی که در این میان ASI هیچ‌گونه همبستگی با این نمایه‌ها نشان نداد.

جدول 2 - نتایج آزمون ضریب همبستگی پیرسون بین نمایه‌ی های پایداری و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نمونه‌های خاک

GMD	MWD	D	ASI	Sand	Silt	Clay	EC	pH	OM	BD	CCE	
-0,140	-0,163	0,044	1	0,085	0,266	-0,275	0,027	0,239	0,124	-0,214	0,329*	ASI
-0,872**	-0,871**	1	0,044	0,009	0,450**	-0,400*	0,602**	-0,184	-0,222	-0,083	0,131	D
0,974**	1	-0,871**	-0,163	-0,161	-	0,501**	-	0,188	0,127	0,254	-0,054	MWD
1	0,974**	-0,872**	-0,140	-0,248	-	0,499**	-	0,135	0,185	0,210	-0,092	GMD

\* و \*\* بیانگر سطوح معنی داری به ترتیب 5 و 1 درصد هستند.

### نتیجه‌گیری

نتایج از اثر مشخص نوع خاکورزی بر خصوصیات خاک و پایداری خاکدانه‌ها حکایت می‌کند. خاکورزی موازی باعث کاهش معنی‌دار در ماده آلی خاک و افزایش کربنات کلسیم معادل شده است. هر دو این عوامل باعث تخریب ساختمان و کم شدن بازدهی محصول می‌شود. برخلاف خاکورزی موقعیت شیب تاثیر معنی داری بر نمایه‌های پایداری نداشت. همبستگی مثبت بالای دو نمایه‌ی MWD و GMD و همبستگی منفی بالای آنها با بعد فراکتال نشان‌دهنده توانایی بعد فراکتال در پیش بینی وضعیت ساختمانی خاک همانند دو نمایه‌ی دیگر است. تنها نمایه‌ی ASI تحت تاثیر موقعیت قرار گرفت. نمایه‌ی ASI هیچ‌گونه همبستگی با سایر نمایه‌ها نشان نداد اما همبستگی مثبت آن با میزان CCE خاک دلیل تغییرات آن با موقعیت شیب است. به نظر می‌رسد قضاوت در مورد توانایی نمایه‌ی ASI در برآورد پایداری خاکدانه‌ها هنوز به مطالعات بسیار بیشتری در شرایط مختلف اقلیمی و کشت و کار بستگی دارد.

### منابع

- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed., Agronomy 9: 363–382.
- Cerda, A. 2000. Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in southern Bolivia. Soil Till. Res., 57: 159–166.
- Mazurak, A.P. 1950. Effect of gaseous phase on water-stable synthetic aggregates. Soil Sci. 69: 135–148.
- McLean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed., Agronomy 9: 199-224
- Niewczas, J and B.Witkowska-Walczak. 2003. Index of aggregates stability as linear function value of transition matrix elements. Soil Till. Res. 70 (2): 121–130
- Page, A., L. Miller and D. R. Keeny. 1982. Method of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Scie. Am. Madison, Wisconsin, USA.
- Rohošková, M. and M. Valla. 2004. Comparison of two methods for aggregate stability measurement – a review. Plant Soil Environ. 50(8): 379–382.
- Spark, D. 1996. Method of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods. SSSA Book Series NO. 5. Soil Science Society of America, Madison, WI.



دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران  
تبریز، 12 الی 14 شهریور 1390  
(فرسایش و حفاظت خاک)

- Turcotte, D. L. 1986. Fractals and fragmentation. *J. Geophys. Res.* 91(82): 1921-1926.
- Van Bavel, C.H.M. 1949. Mean weight diameter of soil aggregates as a statistical index of aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14: 20-23.