

МИЛЕНА МИТОВА, СВЕТЛА РУСЕВА

Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Н. Пушкиров”, София

Анализ на чувствителността на индекса за податливост на почвите към ерозиране от факторите, които го определят

Sensitivity Analysis of the USLE Soil Erodibility Factor to Its Determining Parameters

M. Mitova, S. Rousseva

N. Poushkarov Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection, Sofia, Bulgaria

Abstract

The soil erodibility index (USLE K-factor) is one of the major soil erosion predictors. It depends on soil texture, organic matter content, soil structure and soil profile water permeability. Sensitivity analysis of the K-factor to its determining parameters would give an opportunity to control the soil loss through erosion by controlling the parameters, which reduce the K-factor value. The aim of the report is to present the results of analysis of the relative weight of these soil characteristics in the K-factor values.

The relative impact of the soil parameters on K-factor was studied through a series of statistical analyses of data from the geographic database for soil erosion risk assessments in Bulgaria. The results show that the content of particles finer than 0.002 mm has the most significant relative impact on the soil erodibility, followed by the content of particles with size from 0.1 mm to 0.002 mm, the class of the water permeability of the soil profile, the content of organic matter and the aggregation class.

Key words: soil erodibility factor, sensitivity analysis, soil structure, organic matter, soil profile water permeability

Терминът „податливост на почвите към ерозиране” характеризира устойчивостта на почвата към ерозиране, както от дъждовните капки, така и от повърхностния воден отток и зависи от минералния, химичния, механичния и агрегатния състав на почвата, устойчивостта на почвената структура, съдържанието на органично вещество и хидравличната проводимост. Уравнението за прогнозиране на почвените загуби от ерозия (USLE) дефинира К-фактор като средногодишни почвени загуби (А) от единица индекс на ерозионност на дъждовете (R-фактор) при стандартни условия на почва без растителност, обработвана по наклона на склон 5° и дължина 22 м. Физичните, химичните и минералните свойства на

почвата и техните взаимодействия са тясно свързани със стойностите на К-фактор. Един от най-широко използваните емпирични модели за изчисляване на индекса за податливост на почвата към ерозиране (К-фактор) е номограмата на Wischmeier et al. (1971), която се представя аналитично чрез формулата:

$$K = 2.77 \cdot 10^{-7} M^{1.14} (12 - a) + 0.043(b - 2) + 0.033 (4 - c), \quad (1)$$

където: $M = [\% (0,1 - 0,002)]^* [100 - (\% < 0,002)]$; а - процентното съдържание на органично вещество; b - кодът на агрегираност на повърхностния почвен слой; c - класът на хидравлична проводимост на почвения профил.

Номограмата е адаптирана за определяне на К-фактор чрез налични данни от едро-мощащите почвени проучвания в България (Русева, 2002). Текстурният параметър (М) се изчислява чрез данните за механичния състав в повърхностните хоризонти на почвите, като относителното съдържание на частиците с размери < 0,002 mm и от 0,1 до 0,002 mm, необходими за изчисляването на М, се изчисляват чрез процедурата за трансформация за данни на механичния състав на почвата, разработен от Rousseva (1997). Параметър b (класът на агрегираност) се определя въз основа на информацията от почвено-морфологични описания за агрегираност на повърхностните хоризонти на почвените профили, изследвани при едро-мощащи почвени проучвания чрез адаптация на номограмата на Wischmeier et al. (1971) за съответствие с дефинициите за агрегираност, използвани при почвените проучвания в България (Русева, 2002). Класът на хидравлична проводимост се определя въз основа на данни за текстурната диференциация и текстурния клас на почвения профил, определен като среднопретеглен от механичния състав на почвено-генетичните хоризонти чрез адаптация на номограмата на Wischmeier и др. (1971) за съответствие с педотрансфер-

ните функции, разработени от Русева (2001).

Целта на разработката беше да се анализира чувствителността на индекса за податливост на почвите към ерозиране, определен по номограмата на Wischmeier et al. (1971), по отношение на параметрите, които го определят – механичен състав, съдържание на органично вещество, клас на агрегираност и клас на хидравлична проводимост.

Материал и методи

Направени са статистически анализи за оценка на зависимостта на индекса за податливост на почвите към ерозиране (К-фактор) от параметрите, които го определят по уравнението на номограмата (Wischmeier et al., 1971). Чрез корелационни анализи е определена степента на свързаност между К-фактор, от една страна и съдържанието на частици с размер от 0,1 до 0,002 mm, съдържанието на частици < 0,002 mm, съдържанието на органично вещество, клас на агрегираност и клас на хидравлична проводимост. За параметрите, чийто коефициент на детерминация с К-фактор е над 0,75 е направен регресионен анализ. Чувствителността на К-фактор спрямо даден параметър е изследвана при варирането му между възможните минимални и

Таблица 1. Средни, минимални и максимални стойности на параметрите, които определят К-фактор
Table 1. Average, minimum and maximum values of the parameters, which determine K-factor

Показател	Съдържание на частици 0,1 – 0,002 mm, %	Съдържание на частици < 0,002 mm, %	Съдържание на органично вещество (параметър а), %	Клас на агрегираност (параметър b)	Клас на хидравлична проводимост (параметър c)
Средна	56,6	31,9	2,8	2	3
Минимум	28,3	6,6	0,6	1	2
Максимум	75,9	70,7	14,8	3	6

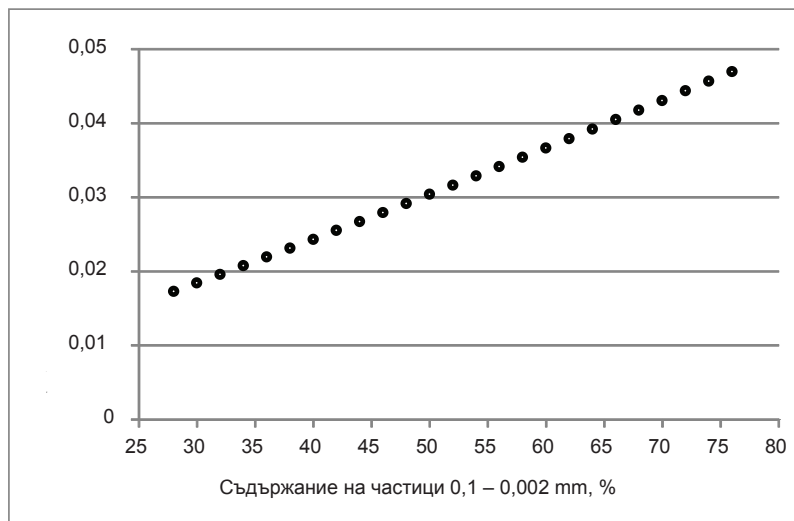
Таблица 2. Резултати от корелационните и регресионните анализи за стойностите на параметрите, които определят К-фактор (R – коефициент на корелация, $r = R^2$ – коефициент на детерминация, a_0 – интерсепта на линейната регресия, a_1 – наклон на линейната регресия)

Table 2. Results of correlation and regressions analyses for the values of the parameters, which determine K-factor (R – correlation coefficient, $r = R^2$ – coefficient of determination, a_0 – intercept of the linear regression, a_1 – slope of the linear regression)

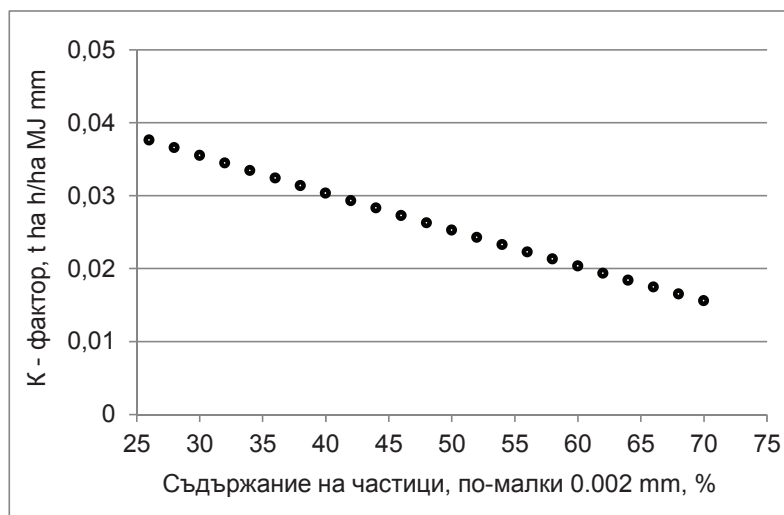
x	R	r	a_0	a_1
0,1 – 0,002	0,9998	0,9997	-0,00040	0,00062
< 0,002	-0,9998	0,9996	0,05108	-0,00051
a	-1,0000	1,0000	0,04401	-0,00339
b	1,0000	1,0000	0,02589	0,00431
c	-1,0000	1,0000	0,04441	-0,00330

Таблица 3. Резултати от корелационните и регресионните анализи за трансформираните стойности на параметрите, които определят K-фактор (R – коефициент на корелация, $r = R^2$ – коефициент на детерминация, a_0 – интерсепта на линейната регресия, a_1 – наклон на линейната регресия)
 Table 3. Results of correlation and regressions analyses for transformed values of the parameters, which determine K-factor (R – correlation coefficient, $r = R^2$ – coefficient of determination, a_0 – intercept of the linear regression, a_1 – slope of the linear regression)

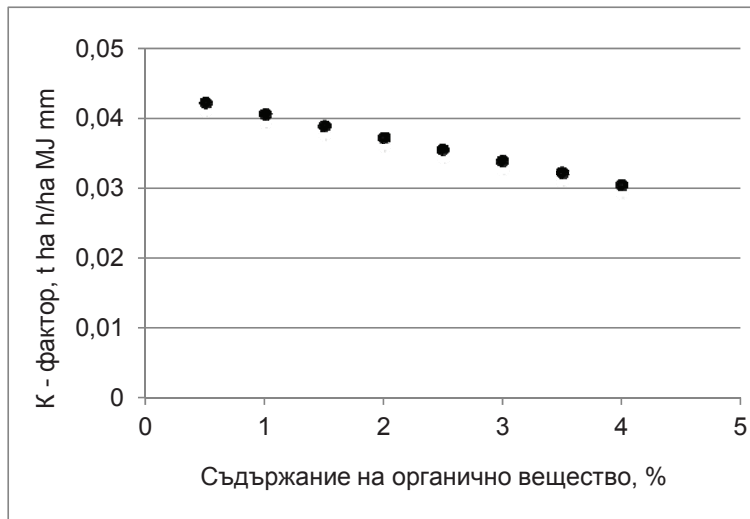
x	R	r	a_0	a_1
0,1 – 0,002	0,9998	0,9997	0,03181	0,00912
< 0,002	-0,9998	0,9996	0,03156	-0,00994
a	-1,0000	1,0000	0,03637	-0,00415
b	1,0000	1,0000	0,03451	0,00340
c	-1,0000	1,0000	0,03121	-0,00452



Фиг. 1. Зависимост между индекса за податливост на почвата към ерозиране и съдържанието на частици с размер 0,1 – 0,002 mm
 Fig. 1. Relationship between the soil erodibility factor and the content of particles with size from 0.1 to 0.002 mm

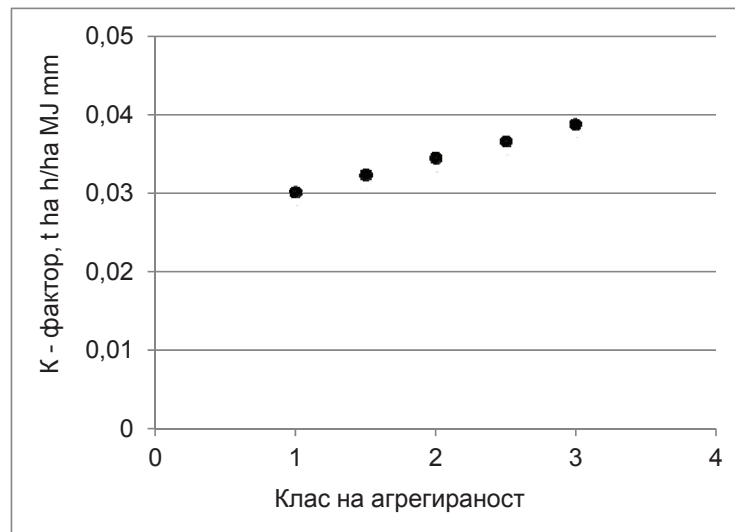


Фиг. 2. Зависимост между индекса за податливост на почвата към ерозиране и съдържанието на частици с размер < 0,002 mm
 Fig. 2. Relationship between the soil erodibility factor and the content of particles finer than 0.002 mm



Фиг. 3. Зависимост между индекса за податливост на почвата към ерозиране и съдържанието на органично вещество

Fig. 3. Relationship between the soil erodibility factor and the content of organic matter



Фиг. 4. Зависимост между индекса за податливост на почвата към ерозиране и класа на агрегираност

Fig. 4. Relationship between the soil erodibility factor and the class of aggregation

максимални стойности при определена средна стойност на останалите параметри. Средните, минимални и максимални стойности на всеки от параметрите (табл. 1) са определени от географската база данни за ерозионните фактори и риск (Русева, 2002).

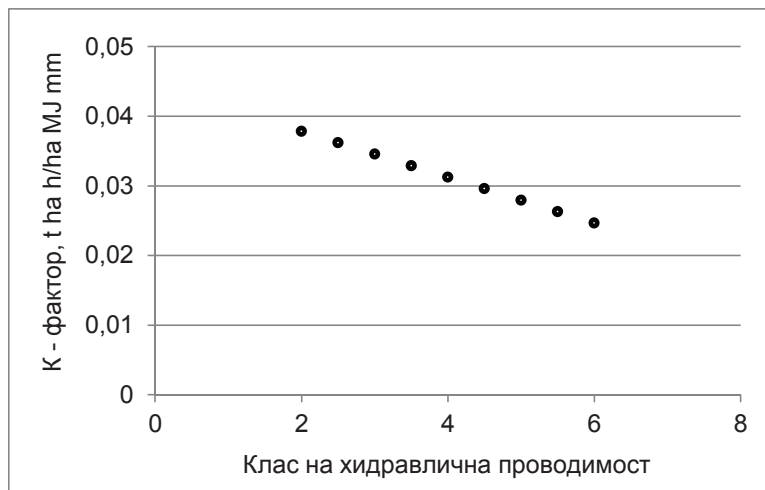
Както се вижда от данните в табл. 1, стойностите на петте параметъра, които определят K-фактор, варират в различни граници, което затруднява сравняването на тяхното влияние върху K. За преодоляване на този проблем е направена трансформация за нормализиране на редиците (x_{ij}) на отделните параметри (x_i , при $i = 1, 2, 3, 4, 5$) чрез съответните сред-

ни (x_{iav}) и стандартни отклонения (σ_i) по формулата:

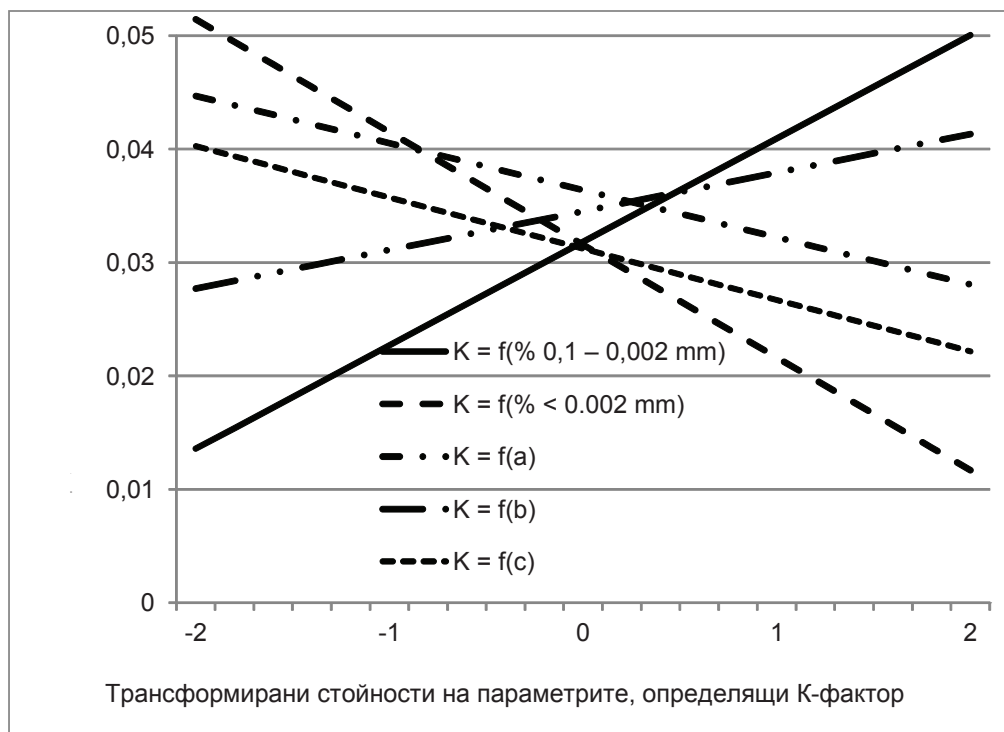
$$X_{ij} = (x_{ij} - x_{iav})/\sigma_i$$
, където X_{ij} са съответните трансформирани стойности.

Резултати и обсъждане

Първият параметър, зависимостта на K-фактор от който е изследвана, е съдържанието на частици с размер от 0,1 до 0,002 mm. Резултатите от корелационния анализ показват (табл. 2), че зависимостта на индекса за податливост на почвите към ерозиране от съдържанието на частици с размер от 0,1 до 0,002 mm може да се опише адекватно с линейна зави-



Фиг. 5. Зависимост между индекса за податливост на почвата към ерозиране и класа на хидравлична проводимост
 Fig. 5. Relationship between the soil erodibility factor and the class of the soil profile permeability



Фиг. 6. Зависимости между индекса за податливост на почвите към ерозиране и факторите, които го определят
 Fig. 6. Relationships between the soil erodibility factor and the transformed values of the parameters determining K-factor

симост, тъй като коефициентът на корелация между тези величини е 0,999. Графиката ясно илюстрира линейната правопрпорционална зависимост между K-фактор и съдържанието на частици от 0,1 до 0,002 mm, т. е. с увеличаване на съдържанието на частици с такъв размер податливостта на почвата към ерози-

ране също нараства. Така може да се приеме, че при по-голямото им съдържание в почвите податливостта на тези почви към ерозиране също ще бъде по-голяма, което пък се обяснява с по-лесното отмиване на тези частици от повърхностния отток. При увеличаване на съдържанието на частици с размер от 0,1 до

0,002 mm с 10 процентни пункта, стойността на К-фактор нараства с 0,006 t ha h/ha MJ mm (табл. 2, фиг. 1).

Следващият параметър, спрямо който е изследвана чувствителността на К-фактор е съдържанието на ил, частици с размер < 0,002 mm. Тук също стойността на коефициента на корелация позволява зависимостта да бъде представена линейно (табл. 2), но тъй като той е отрицателен, тя е обратнопропорционална, т. е. с увеличаване на съдържанието на тези частици стойностите на К намаляват, т. е. с увеличаването на съдържанието на ил с 10 процентни пункта стойността на податливостта на почвите към ерозиране (К-фактор) намалява с 0,005 t ha h/ha MJ mm (фиг. 2).

Зависимостта на К-фактор от съдържанието на органично вещество също може да бъде изразена линейно. Тя е обратнопропорционална, т. е. с увеличаване съдържанието на хумус стойностите на податливостта на почвата към ерозиране намаляват – при увеличаване на съдържанието на органично вещество с 0,5 процентни пункта стойността на К-фактор намалява с 0,003 t ha h/ha MJ mm (фиг. 3).

Линейна зависимост съществува и между класа на агрегираност и индекса за податливост на почвите към ерозиране. С увеличаването на стойностите му стойността на К-фактор също нараства. Зависимостта между тях е правопропорционална. При увеличаване на класа на агрегираност с 0,5 стойността на К-фактор се увеличава с 0,004 t ha h/ha MJ mm. По-големите агрегати се разрушават по-лесно под действието на силата на удара на дъждовните капки и повърхностния воден отток (фиг. 4).

Резултатите от корелационния анализ между класа на хидравлична проводимост и индекс

са за податливост на почвите към ерозиране позволява зависимостта между тях да бъде описана чрез линейна регресия. С увеличаване стойностите на параметъра с 0,5 податливостта на почвата към ерозиране намалява с 0,003 t ha h/ha MJ mm, т. е. зависимостта, която съществува между тях е обратнопропорционална. С редуциране на част от повърхностния отток при водопроницаеви почви ерозионният процес протича с по-малък интензитет (фиг. 5).

Резултатите от корелационните и регресионните анализи за трансформираните стойности на параметрите, които определят К-фактор (табл. 3) показват високата степен на корелация между К-фактор и параметрите, които го определят. Данните за стойностите на наклона на линейните регресии потвърждават направените по-горе изводи за правата пропорционалност на зависимостта на К-фактор от процентното съдържание на частици с размер 0,1 – 0,002 mm и класа на агрегираност и обратнопропорционалната зависимост на К от процентното съдържание на частици, по-малки от 0,002 mm, съдържанието на органично вещество и класа на водопроницаемост. Абсолютните стойности на параметрите на наклона на линейната регресия показват, че съдържанието на частици, по-малки от 0,002 mm има най-силно относително влияние върху индекса за податливост на почвата към ерозиране, следвано от съдържанието на частици с размер 0,1 – 0,002 mm, класа на водопроницаемост на почвения профил, съдържанието на органично вещество и класа на структурност. Тези изводи са илюстрирани ясно в графиката на фиг. 6.

Заклучение

Съдържанието на частици, по-малки от 0,002 mm има най-силно относително влияние върху индекса за податливост на почвата към ерозиране, следвано от съдържанието на частици 0,1 – 0,002 mm, класа на водопроницаемост на почвения профил, съдържанието на органично вещество и класа на структурност.

Зависимостите на индекса за податливост на почвите към ерозиране от съдържанието на частици с размер от 0,1 до 0,002 mm и класа на агрегираност са правопропорционални. При увеличаване на относителното съдържание на частици с размер от 0,1 до 0,002 mm с единица, стойността на индекса за податливост на почвата към ерозиране нараства с 0,0091 t ha h/ha MJ mm. При същото относително увеличение на класа на агрегираност стойността на К-фактор нараства с 0,0034 t ha h/ha MJ mm.

Зависимостите на индекса за податливост на почвата към ерозиране от съдържанието на ил, съдържанието на органично вещество и класа на хидравлична проводимост са обратно-пропорционални. С увеличаване на относителното съдържание на ил с единица стойността на индекса на податливост на почвата към ерозиране намалява с 0,0099 t ha h/ha MJ mm. При същото относително увеличаване на съдържанието на органично вещество и на класа на хидравлична проводимост стойностите на К-фактор намаляват съответно с 0,0042 и 0,0045 t ha h/ha MJ mm.

Литература

Русева, С. 2001. Параметризиране на хидроложките характеристики на Българските почви. *Почвозна-ние агрохимия и екология*, **36** (4-6): 48-50

Русева, С. С. 2002. Информационна основа на географска база данни за площната водна ерозия. Хабилизационен труд. ИП „Н. Пушкиров”, София, 198 с.

Rousseva, S. S. 1997. Data transformations between soil texture schemes. *European Journal of Soil Science*, **48**: 749-758

Wischmeier, W. H., Johnson, C. B., Cross, B. V. 1971. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *Journal of Soil and Water Conservation*, **26**: 189-193