

OCENA NATĘŻENIA EROZJI WODNEJ W UPRAWIE BURAKA CUKROWEGO NA GLEBIE LESSOWEJ

J. Rejman, R. Brodowski

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego,
Polska Akademia Nauk, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: rejman@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki pomiarów rozbryzgu i zmywu gleby oraz spływu powierzchniowego na poletkach z burakami cukrowymi oraz utrzymywanymi w ugorze. Na poletkach z burakami prowadzono pomiary wskaźnika ulistnienia oraz wysokości roślin. Stwierdzono, że efektywność okrywy roślinnej w ograniczaniu zmywu gleby można ze zbliżoną dokładnością ocenić za pomocą obu parametrów roślinnych. Opracowano model do prognozowania zmywu gleby dla uprawy buraków cukrowych w oparciu o energię kinetyczną opadu i wskaźnik ulistnienia.

Słowa kluczowe: erozja wodna, buraki cukrowe, model USLE.

WSTĘP

Zagrożenie erozją wodną jest szczególnie duże w uprawach roślin uprawianych w szerokiej rozstawie międzyrzędzi. Jedną z takich upraw jest uprawa buraków cukrowych, zajmująca duży areal na glebach lessowych, które ze względu na swoje właściwości oraz występowanie w terenie urzeźbionym zaliczane są do gleb najbardziej podatnych na erozję wodną.

Do oceny natężenia erozji wodnej w uprawach roślin najczęściej stosowany jest empiryczny model USLE (Universal Soil Loss Equation), [8]. Efektywność roślin uprawnych w ochronie gleby przed erozją oceniana jest za pomocą wskaźnika okrywy roślinnej (C) tego modelu. Wskaźnik C definiowany jest jako stosunek ilości zmywu gleby na poletkach z roślinami do zmywu gleby na

poletkach utrzymywanych stale w czarnym ugorze. Jednakże większość opracowanych wartości wskaźnika C odnosi się do upraw charakterystycznych dla obszarów USA i w związku z tym brakuje danych dla upraw występujących na terenie Polski (m.in. buraków cukrowych, ziemniaków, rzepaku).

Celem przeprowadzonych badań było określenie natężenia erozji wodnej oraz ocena możliwości jej przewidywania w uprawie buraka cukrowego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe zostało założone na glebie pólowej wytworzonej z lessu w Bogucinie (20 km na północ od Lublina - Płaskowyż Nałęczowski) w 1997 roku. Gleba ta według klasyfikacji Turskiego i in. [7] została określona jako słabo zerodowana i charakteryzowała się następującymi właściwościami: 0,7 % piasku, 80,3% pyłu, 19% łu, w tym 12% łu koloidalnego, 1,8% substancji organicznej oraz pH w KCl 5,3.

Poletka o długości 20 m i szerokości 3 m zlokalizowano na zboczu południowym o nachyleniu 7%. W dolnej części poletek założono instalacje zbierające spływ powierzchniowy i zmyw gleby. Celem określenia powierzchni zbiorczej dla spływu powierzchniowego i przenoszonych ilości zmywanej gleby, od pozostałej części pola, jak również między sobą poletka zostały oddzielone folią wkopaną na głębokość 10 cm. Badania prowadzono na 2 poletkach utrzymywanych w czarnym ugorze i 2 poletkach z burakami cukrowymi. Pomiar erozji wodnej prowadzono w odstępach tygodniowych. Ilość przemieszczonego materiału glebowego (zmywu gleby) określano na podstawie objętości mieszaniny wody i gleby zebranej z poletka oraz stężenia tej mieszaniny. Stężenie mieszaniny określano w oparciu o pobraną próbę, po rozdzieleniu jej na fazę stałą (suchą masę gleby) i fazę płynną (woda). Pomiar rozbryzgu gleby prowadzono za pomocą kubków (splash cups) o średnicy 5 cm.

Na poletkach zasiano buraki cukrowe odmiany PN Mono 1 w rozstawie 18 x 45 cm. Siew przeprowadzono 24.04.1997 przy pomocy siewnika punktowego. Rzędy roślin przebiegały wzdłuż zbocza. W okresie wzrostu roślin w odstępach tygodniowych wykonywano zdjęcia rozwoju okrywy roślinnej. Zdjęcie obejmowało powierzchnię 1,4 x 0,9 m. Na zdjęciu określano powierzchnię gleby pokrytą przez rośliny buraka cukrowego (wskaźnik ulistnienia – LAI), dzieląc je na 600 kwadratów o boku 5 mm i oceniając wizualnie procent pokrycia powierzchni gleby przez rośliny w każdym kwadracie. Wartości te po zsumowaniu i podzieleniu przez ilość kwadratów określały wartość wskaźnika

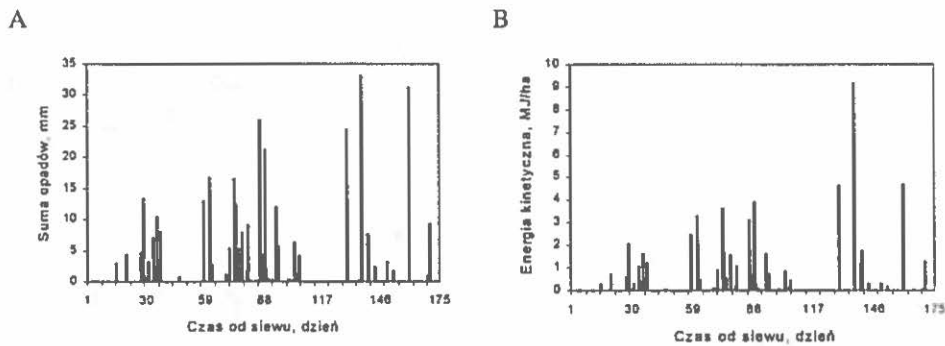
ulistnienia. Dodatkowo w trakcie wegetacji mierzono wysokość roślin na całej długości poletka w odstępach co 1 m.

Charakterystykę opadu określano na podstawie zapisów intensywności opadu z pluwiografu, umieszczonego obok poletek. Dane te posłużyły do wyznaczenia wartości energii kinetycznej [3].

WYNIKI

Charakterystyka opadów

W okresie od 12.05.97 do 06.10.97 suma opadów wynosiła 341,3 mm (w tym opad efektywny o intensywności cząstkowej powyżej 5 mm h^{-1} wyniósł 202,1 mm), energia kinetyczna - $60,79 \text{ MJ ha}^{-1}$, natomiast wskaźnik erozyjności opadów EI_{30} - $1320,9 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. W tym okresie wystąpiło 7 opadów o sumie od 10 do 20 mm, 3 opady o sumie od 20 do 30 mm i 2 opady powyżej 30 mm. Opady te charakteryzowały się przeciętnymi wartościami energii kinetycznej w zakresie od $1,61$ do $4,68 \text{ MJ ha}^{-1}$, za wyjątkiem opadu w dniu 6.09.97 ($9,18 \text{ MJ ha}^{-1}$). Obliczony dla tego opadu wskaźnik EI_{30} stanowił aż 46% całkowitej wartości wskaźnika dla całego okresu pomiarowego. Rozkład sum dobowych opadów i wartości energii kinetycznej opadów przedstawiono na Rys. 1.



Rys. 1. Sumy dobowe (A) i wartości energii kinetycznej (B) opadów, Bogucin.

Fig. 1. Daily precipitation (A) and values of rainfall kinetic energy (B), Bogucin.

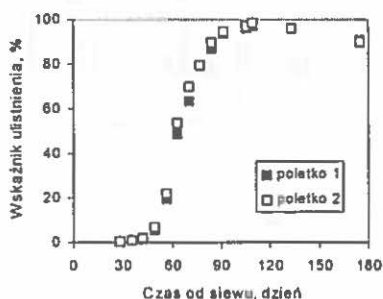
Charakterystyka rozwoju roślin

Pierwsze rośliny pojawiły się w 28 dniu od siewu buraków, po czym wartości wskaźnika ulistnienia systematycznie wzrastały osiągając od 105 dnia od siewu wartości bliskie 100%, by w późniejszym okresie (pod koniec okresu wegetacji) ulec zmniejszeniu do 90%. Wartości wskaźnika ulistnienia były bardzo zbliżone na obu poletkach (Rys. 2A). Średnia maksymalna wysokość roślin wynosiła 60 cm. Rośliny osiągnęły tę wysokość w 90 dniu po siewie i utrzymywała się ona na tym samym poziomie do końca okresu wegetacji (Rys. 2B).

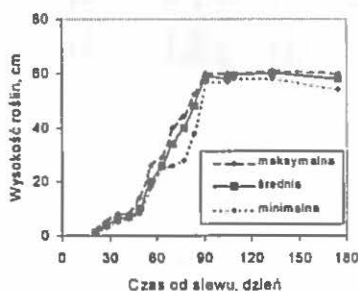
Erozja wodna gleby

Sumaryczne wartości rozbryzgu, zmywu gleby i spływu powierzchniowego przedstawiono w Tabeli 1. Należy podkreślić, że podane w Tabeli 1 wartości zmywu gleby i spływu powierzchniowego zostały zgodnie z metodyką modelu USLE przeliczone do powierzchni 1 ha. Wartości tych nie należy jednak utożsamiać z rzeczywistymi ilościami gleby, czy też spływu przenoszonymi w trakcie opadów z powierzchni 1 ha. Jak wykazały badania przeprowadzone przez Rejmana i Usowicza [6] zarówno zmyw gleby, jak i spływ powierzchniowy są zbierane ze znacznie mniejszej powierzchni aniżeli całkowita wielkość poletka (60 m^2), stanowiąca podstawę tego przeliczenia. Stąd też wartości spływu powierzchniowego stanowią jedynie 4,6% opadu efektywnego na poletku w czarnym ugorze i 1,3% opadu efektywnego na poletkach z burakami. Najbardziej erozyjny opad w dniu 6.09 stanowił aż 78% sumarycznego zmywu gleby na poletkach w czarnym ugorze i 21% zmywu na poletkach z burakami.

A



B



Rys. 2. Zmiany wskaźnika ulistnienia (A) i wysokość roślin buraka cukrowego (B), Bogucin.

Fig. 2. Changes of leaf area index (A) and height of sugar beet plants (B), Bogucin.

Tabela 1. Sumaryczne wartości parametrów erozji wodnej, Bogucin

Table 1. Total values of soil erosion, Bogucin

Parametr erozji	Obiekt	
	Ugór	Buraki cukrowe
Rozbryzg, Mg ha ⁻¹	32,450	19,480
Zmyw gleby, Mg ha ⁻¹	16,021	0,588
Splyw powierzchniowy*, mm	6,2	1,8

Objaśnienia: * - dla niektórych okresów pomiarowych o łącznej sumie opadów 240,1 mm (w tym sumie opadu efektywnego 135,0 mm).

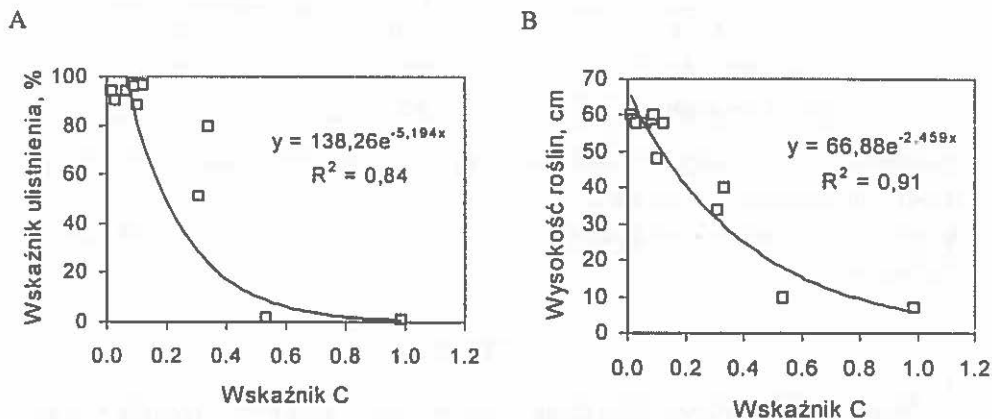
Abbreviations: * - for some measurement periods of total rainfall sum 240,1 mm (including sum of effective rainfall 135,0 mm).

DYSKUSJA

Miarę oceny efektywności danej uprawy może stanowić stosunek wielkości parametru erozji wyznaczonego na poletkach z burakami do wielkości tego parametru wyznaczonego na poletku utrzymywanym w czarnym ugorze. Im stosunek ten jest mniejszy tym bardziej efektywna jest ochrona przeciwerozyjna danej rośliny uprawnej. Dla sumarycznych danych doświadczalnych z Bogucina stosunek ten stanowi dla rozbryzgu gleby 0,60, spływu powierzchniowego 0,29, a dla zmywu gleby 0,037. Tak wyrażona efektywność jest uzależniona od stopnia rozwoju roślin i maleje wraz z ich rozwojem. Na Rys. 3 przedstawiono zależność pomiędzy stosunkiem zmywu gleby na obiekcie z roślinami do zmywu gleby na obiekcie utrzymywanym w czarnym ugorze (wskaźnik C) a analizowanymi parametrami buraka cukrowego. Generalnie, wartości tego wskaźnika są prognozowane na podstawie zmian wskaźnika ulistnienia [8]. Przeprowadzone badania wykazały, że w przypadku buraka cukrowego dokładniejsze było prognozowanie wartości tego wskaźnika na podstawie wysokości roślin.

Uzyskana w doświadczeniu wartość wskaźnika C dla uprawy buraka cukrowego (0,037) była znacznie mniejsza aniżeli wartości otrzymane dla uprawy buraka na glebie lessowej w Belgii (0,26-0,43), [2]. Wartość wskaźnika C była również mniejsza w porównaniu do wartości wyznaczonych na glebie lessowej dla kukurydzy (0,33), pszenicy jarej (0,17) i jęczmienia jarego (0,20), [5]. Główny wpływ na małą wartość wskaźnika wywarł intensywny opad podczas pełnego zakrycia międzyrzędzi przez buraki cukrowe (9 września 1997). Pomijając dane zmywu spowodowane przez ten opad, wartość wskaźnika C dla

buraków wynosiłaby 0,19. Dobra ochrona gleby przez rośliny buraka cukrowego może być związana z dużą intercepcją opadu, dochodzącą do 80% i znacznie większą w porównaniu do okrywy pszenicy [1].



Rys. 3. Zależność między wskaźnikiem C modelu USLE oraz wskaźnikiem ulistnienia (A) i wysokością roślin (B) buraka cukrowego.

Fig. 3. Relationship between index C of USLE model and leaf area index (A) and height (B) of sugar beet.

Zależności między parametrami erozji wodnej i parametrami opadów w najlepszy sposób opisywały funkcje wykładnicze. W największym stopniu z parametrami erozji skorelowana była energia kinetyczna opadów (Tabela 2). Przykłady równań regresji zostały przedstawione na Rys. 4. Dane literaturowe wskazują, że w dużym stopniu z energią kinetyczną opadu skorelowany jest przede wszystkim rozbryzg gleby [4], natomiast dla zmywu gleby większe wartości współczynników korelacji stwierdzano dla zależności ze wskaźnikiem erozyjności opadu EI_{30} [8].

Wyznaczone na podstawie badań, współczynniki korelacji dla zmywu gleby i spływu powierzchniowego były większe na obiektach z roślinami aniżeli na obiektach utrzymywanych w czarnym ugorze. Świadczy to, że w dużym stopniu na wielkość zmywu gleby i spływu powierzchniowego na obiektach utrzymywanych w czarnym ugorze, poza samymi parametrami opadu, wpływały inne czynniki (głównie wilgotność gleby), natomiast na obiektach z roślinami

wpływ tych czynników był znacznie mniejszy. Jedynie w przypadku rozbryzgu gleby, współczynniki korelacji były większe dla czarnego ugoru.

Tabela 2. Współczynniki korelacji (R^2) dla zależności między parametrami erozji wodnej i opadu
Table 2. Correlation coefficient (R^2) for relationship between soil erosion and rainfall parameters

Parametr	Obiekt	Energia kinetyczna, MJ ha ⁻¹	Wskaźnik EI ₃₀ , MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹	Suma opadów, mm	Opad efektywny, mm
Rozbryzg	Ugór	0,88 <i>w</i>	0,71 <i>l</i>	0,66 <i>l</i>	0,64 <i>l</i>
	Buraki	0,55 <i>w</i>	0,33 <i>l</i>	0,32 <i>l</i>	0,38 <i>l</i>
Zmyw gleby	Ugór	0,45 <i>w</i>	0,64 <i>w</i>	0,11 <i>w</i>	0,30 <i>w</i>
	Buraki	0,54 <i>w</i>	0,23 <i>w</i>	0,18 <i>w</i>	0,17 <i>w</i>
Splyw powierzchniowy	Ugór	0,37 <i>w</i>	0,05 <i>l</i>	0,26 <i>w</i>	0,26 <i>w</i>
	Buraki	0,76 <i>w</i>	0,40 <i>l</i>	0,52 <i>w</i>	0,71 <i>w</i>

Objaśnienia: *w* – model wykładniczy, *l* – model liniowy.

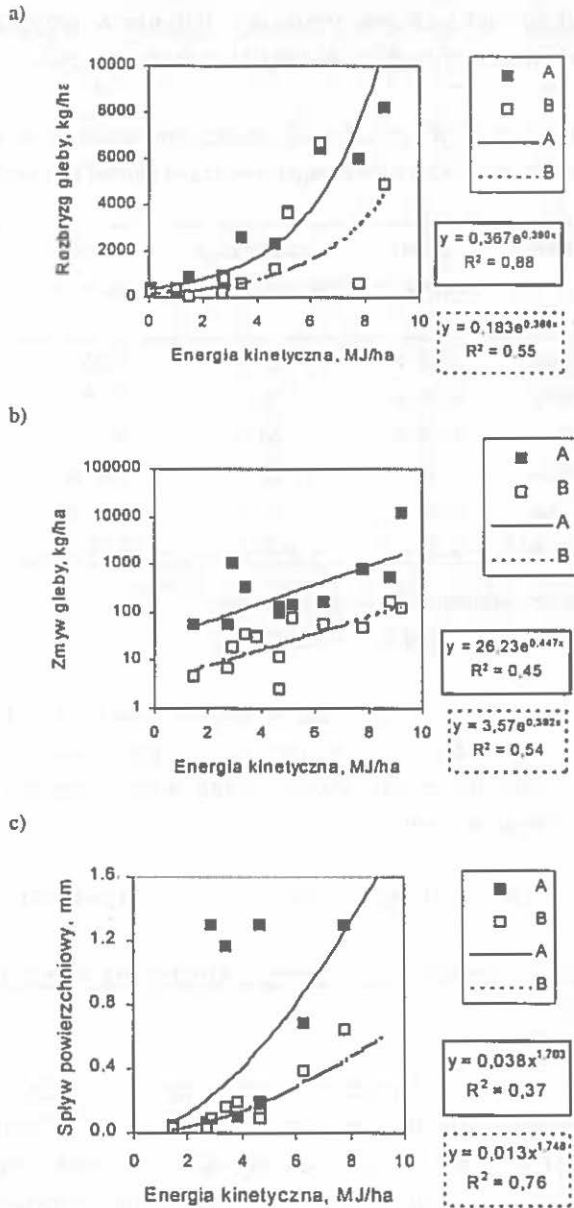
Abbreviations: *w* – exponential model, *l* – linear model.

Podstawowe znaczenie dla oceny natężenia erozji wodnej w uprawie buraka cukrowego posiada określenie możliwości prognozowania ilości gleby przemieszczanej w procesie erozji. Zastosowana analiza regresji wielokrotnej pozwoliła na opracowanie modelu:

$$Y = 1,45 x_1^2 - 0,454x_2 + 30,77 \quad (R^2=0,83)$$

gdzie: Y – zmyw gleby (kg ha⁻¹); x_1 – energia kinetyczna opadu (MJ ha⁻¹), x_2 – wskaźnik ulistnienia (%).

Przedstawiony model charakteryzował się większą dokładnością prognozowania w porównaniu do prostych równań regresji. Poziom istotności tego modelu wyniósł $p=0,0002$, a poziomy istotności współczynników modelu poniżej 0,05. Prognozowanie ilości zmywanej gleby na obiektach z burakami cukrowymi na podstawie ilości rozbryzgu było znacznie mniej dokładne ($R^2=0,49$).



Rys. 4. Zależność między energią kinetyczną opadu a rozbryzgiem (a), zrywem gleby (b) i spływem powierzchniowym (c), obiekty: A – ugór, B – buraki cukrowe, Bogucin, 1997.

Fig. 4. Relationship between rainfall kinetic energy and splash (a), soil loss (b) and runoff (c), treatments: A – bare fallow, B – sugar beets, Bogucin, 1997.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania polowe wykazały, że:

1. Rośliny buraków cukrowych w trakcie całego okresu wegetacji ograniczały zmyw gleby do 96%, spływ powierzchniowy do 71% oraz rozbryzg gleby do 40% wartości uzyskanych na obiekcie utrzymywanym w ugorze.
2. Efektywność ochrony gleby przed erozją przez rośliny buraka może być prognozowana ze zbliżoną dokładnością na podstawie wysokości roślin ($R^2=0,91$), jak i wartości wskaźnika ulistnienia ($R^2=0,84$).
3. Ilość gleby przemieszczanej w procesie erozji na obiekcie z burakami cukrowymi może być prognozowana na podstawie energii kinetycznej oraz wskaźnika ulistnienia ($R^2=0,83$).

PIŚMIENNICTWO

1. Appelmans F., Van Hove J., De Leenheer L.: Rain interception by wheat and sugarbeet crops. In: Assessment of erosion (Eds. De Boodt M., Gabriels D.), J. Willey and Sons, Chichester, 227-235, 1980.
2. Bollinne A.: Adjusting the universal soil loss equation for use in Western Europe. In: Soil erosion and conservation (Eds. El-Swaify S.A., Moldenhauer W.C., Lo A.), Ankeny, Iowa, SCSA, 206-213, 1985.
3. Brown L.C., Foster G.R.: Storm erosivity using idealised intensity distributions. Transactions of the ASAE, 30, 370-386, 1987.
4. Morgan R.P.C.: Establishment of plant covers parameters for modelling splash detachment. In: Soil erosion and conservation (Eds. El-Swaify S.A., Moldenhauer W.C., Lo A.), SCSA, Ankeny, Iowa, 377-383, 1985.
5. Rejman J.: Runoff and soil loss under conventional tillage for cereal production in SE Poland. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 2B/97, 559-562, 1997.
6. Rejman J., Usowicz B.: Zastosowanie modelu USLE do przewidywania natężenia erozji wodnej gleby: teoria i praktyka. Bibliotheca Fragmenta Agronomica, 4A/98, 231-244, 1998.
7. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., Paluszek J.: Wpływ erozji na fizyczne właściwości gleb wytworzonych z lessu. Roczniki Gleboznawcze, 38, 1, 37-49, 1987.
8. Wischmeier W.H., Smith D.D.: Predicting rainfall erosion losses. USDA Agric. Handb. 537. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C., 1978.

PREDICTION OF SOIL EROSION IN SUGARBEET CROP ON LOESS SOIL

J. Rejman, R. Brodowski

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences
Str. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland

SUMMARY

Results of field experiments conducted according to the USLE method are presented. Together with measurements of splash, soil loss, and runoff, leaf area index and plant height were evaluated. Effectiveness of crop cover in limiting of erosion was correlated with both plant parameters at similar level. A regression model to predict soil loss on the basis of kinetic energy and leaf area index was proposed.

Keywords: soil erosion, sugar beet, USLE model.