

OKREŚLENIE WPLYWU WILGOTNOŚCI I STANU POWIERZCHNI
GLEBY WYTWORZONEJ Z PIASKU GLINIASTEGO
NA SPŁYW POWIERZCHNIOWY I ZMYW GLEBY

Ryszard Brodowski, Jerzy Rejman

Institut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: ryszardb@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. W badaniach przeprowadzonych na glebie wytworzonej z piasku gliniastego określono wpływ wilgotności i stanu powierzchni na spływ powierzchniowy. Stwierdzono, że spływ inicjowany był bezpośrednio po rozpoczęciu symulowanego opadu deszczu we wszystkich kombinacjach warunków początkowych. Porównując poszczególne cykle pomiarowe zaobserwowano różnice w szybkości wzrostu intensywności spływu i porównywalny poziom stabilizacji. W zależności od warunków początkowych stwierdzono znaczne zróżnicowanie w ilości zmywanej gleby. Uzyskane wyniki wskazują na dużą podatność badanej gleby na powstawanie spływu powierzchniowego oraz zmyw gleby i związane z tym zagrożenia środowiskowe.

Słowa kluczowe: erozja, spływ powierzchniowy, zmyw gleby, wilgotność początkowa, piasek gliniasty

WSTĘP

Spływ powierzchniowy reprezentuje tę część wody dostarczonej przez opad deszczu do powierzchni gleby, która nie może być wchłonięta przez glebę ani zgromadzona na jej powierzchni. Przeważnie spływ powierzchniowy rozpoczyna się jako spływ laminarny (erozja powierzchniowa), który miejscami przechodzić może w spływ skoncentrowany (erozja liniowa – żłobinowa, wąwózowa) [6,14]. Złożoność procesu jakim jest spływ powierzchniowy wynika z jego zależności od bardzo wielu czynników, do których zaliczyć można intensywność i czas trwania opadu, rodzaj gleby, wilgotność początkową, przewodnictwo wodne gleby w strefie nasyconej, zagęszczenie i zaskorupienie powierzchni gleby, rodzaj okrywy roślinnej, cechy topograficzne, nachylenie i jego długość. Z tego względu badania nad powstawaniem i przebiegiem spływu powierzchniowego dotyczą wpływu przynajmniej niektórych z tych czynników [1,2,5,8,9,11,13,15].

Generalnie przyjmuje się, że gleby utworzone z utworów pyłowych są najbardziej podatne na erozję i występowanie spływu powierzchniowego. Stosunkowo mniejsza rola przypisywana jest glebom utworzonym z utworów piaszczystych [1,7,10].

Celem przeprowadzonych badań z symulatorem opadów było określenie wpływu początkowej wilgotności gleby o składzie piasku gliniastego oraz stanu jej powierzchni na spływ powierzchniowy i zmyw gleby.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na próbie glebowej pobranej z warstwy ornej gleby płowej (piasek gliniasty mocny pylasty) (tab. 1). Glebę powietrznie suchą, po przesianiu przez sita o średnicy oczek 1 cm umieszczano w pojemniku (50x50x25 cm) uzyskując gęstość $1,44 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Pojemnik wyposażony w sondy do pomiaru wilgotności (objętościowej) metodą reflektometrii czasowej (TDR) ustawiano pod nachyleniem 9%. Glebę poddawano wstępnemu deszczowaniu o intensywności $28 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ przez 150 minut (cykl R0). Energia kinetyczna opadu wynosiła $19,3 \text{ J}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{mm}^{-1}$, co stanowi około 85% energii kinetycznej opadu naturalnego o tej samej intensywności [3,4]. Po 2 dobach spulchniano powierzchnię gleby do głębokości 8 cm otrzymując mikrorelief nieukierunkowany. Następnie stosowano opad o intensywności $28 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ przez 60 minut na glebie o powierzchni: wilgotnej-niezaskorupionej (cykl R1), wilgotnej-zaskorupionej (cykl R2) i wysuszonej-zaskorupionej (cykl R3). Badania prowadzono w 3 powtórzeniach. Początkowa wilgotność i stan powierzchni gleby przed deszczowaniem wynikały bezpośrednio z zastosowanych wcześniej opadów (intensywność i czas trwania) oraz przerw pomiędzy poszczególnymi cyklami (R0 → 2 doby i spulchnienie → R1 → 1 doba → R2 → 5 dób i osuszanie → R3).

Tabela 1. Charakterystyka badanej gleby

Table 1. Characteristics of the investigated soil

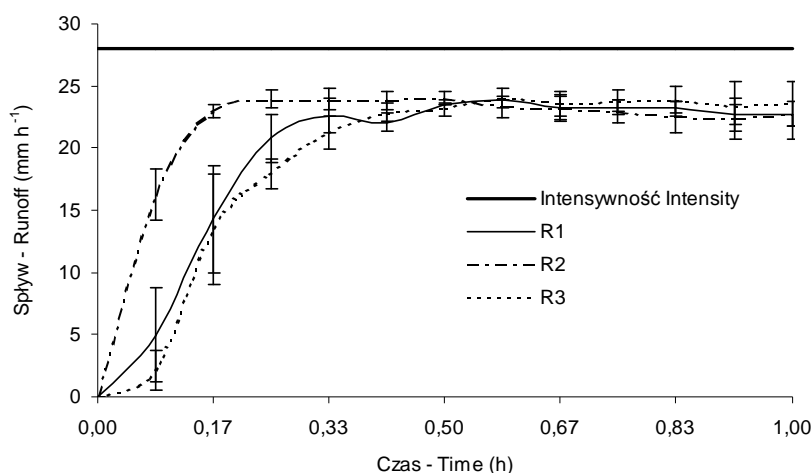
Skład granulometryczny – Granulometric composition (mm, %)						Próchnica Humus (%)	pH KCl
1-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	< 0,002		
40,3	8,7	31,0	13,0	3,0	4,0	1,33	6,6

W celu określenia gęstości gleby w powierzchniowej warstwie (0-5 cm) pobrano próbki gleby przed cyklem R1 ($1,28 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) oraz po deszczowaniu R3 ($1,64 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Przed cyklami R2 i R3, aby nie naruszyć deszczowanej powierzchni, nie pobierano gleby do wyznaczenia gęstości. Dla cyklu R1 początkowa wilgotność (zmierzona na głębokości 1,5 cm) wyniosła 0,23, dla R2 0,28, zaś dla

R3 $0,11 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. W trakcie każdego opadu prowadzono w odstępach 5 minutowych pomiary spływu powierzchniowego oraz wilgotności gleby na głębokościach 1,5; 5 i 10 cm. Ilość wyerodowanej gleby (zmywu) oznaczano poprzez zważenie, wysuszonej w temperaturze 105°C frakcji stałej spływu powierzchniowego, którą uprzednio rozdzielono od fazy ciekłej przez przesączenie.

WYNIKI

Zastosowana metodyka doświadczenia pozwoliła uzyskać odmienne warunki wilgotnościowe i zagęszczenia badanej gleby dla wszystkich 3 cykli. W cyklach R1, R2 i R3 spływ zaczynał się bezpośrednio po rozpoczęciu symulowanego opadu (rys. 1). Hydrografy poszczególnych cykli opadów uszeregować można według szybkości wzrostu wielkości spływu następująco: $R2 > R1 > R3$. Najszybciej stabilizował się spływ podczas cyklu R2 (po 10 min), następnie podczas R1 (20 min) i R3 (25 min). Poziom stabilizacji spływu był zbliżony dla wszystkich trzech cykli, a jego wartość średnia wyniosła $23,3 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ z odchyleniem standardowym $0,5 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$.

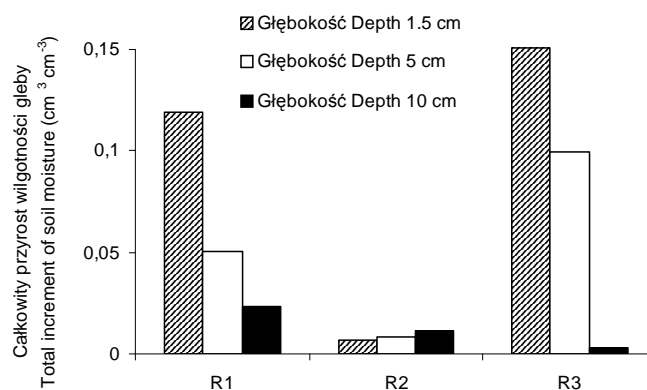


Rys. 1. Spływ powierzchniowy podczas symulowanego opadu (wartości średnie i odchylenia standardowe)

Fig. 1. Runoff during simulated rainfall (mean values and standard deviations)

Całkowity spływ powierzchniowy przyjął maksymalną wartość $22,7 \text{ mm}$ w cyklu R2, natomiast w R1 i R3 odpowiednio $20,6$ i $20,3 \text{ mm}$. W wyniku zastosowanych deszczowań najmniejszą wartość całkowitego zmywu gleby stwierdzono przy największym spływie i wynosiła ona $242 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (w cyklu R2). W pozostałych cyklach R1 i R3, wartości całkowitego zmywu były zbliżone i wyniosły odpowiednio 370 i $365 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$.

Najszybszy wzrost spływu i największa jego wartość całkowita (R2) towarzyszyły bardzo małym przyrostom wilgotności w zakresie od 0,006 do 0,011 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. Całkowity przyrost wilgotności badanej gleby przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Całkowity przyrost wilgotności gleby na trzech głębokościach (przy różnych wilgotnościach początkowych: 0,23 (R1), 0,28 (R2) i 0,11 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ (R3))

Fig. 2. Total increment of soil moisture in profile of soil sample profile (at different initial moisture content: 0.23 (R1), 0.28 (R2) i 0.11 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ (R3))

DYSKUSJA

Występujące podczas opadu deszczu: spływ powierzchniowy, infiltracja i zaskorupienie powierzchni gleby są ściśle ze sobą powiązane. Wysoka podatność na zaskorupienie może prowadzić do redukcji infiltracji, jeżeli powierzchnia gleby poddana jest uderzeniom kropeł opadu, które niszczą jej strukturę. Wynikające stąd obniżenie zdolności infiltracyjnych gleby zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia spływu powierzchniowego i jego wielkość [6].

Z przeprowadzonych badań wynika, podobnie jak u innych autorów, że większa wilgotność początkowa prowadziła do szybszego wzrostu spływu powierzchniowego [6,8,16]. Wartość osiąganego poziomu stabilizacji była zbliżona we wszystkich trzech cyklach. Kontrastuje to z rezultatami badań Wangemann i Molumeli [16], gdzie większa wilgotność początkowa związana była z mniejszym współczynnikiem infiltracji, a tym samym ze stabilizacją spływu na większym poziomie. Efekt ten przypisywany jest szybszemu rozpadaniu się wilgotnych agregatów glebowych i w efekcie rozwojowi zaskorupienia powierzchni gleby. Otrzymane różnice wynikają mogą z odmiennej metodyki doświadczenia, ponieważ Wangemann i Molumeli [16] zastosowali jako zmienną jedynie wilgotność początkową, zaś w prezentowanej pracy, wilgotność początkowa wynikała z sekwencji deszczowań, którym towarzyszył wzrost zagęszczenia gleby.

W cyklach R1 i R3 wielkość całkowitego przyrostu wilgotności malała wraz z głębokością, natomiast w cyklu R2 wystąpiła tendencja odwrotna (rys. 2). Taki wzrost całkowitego przyrostu wilgotności wraz z głębokością (R2), świadczy o istotnym spowolnieniu wchłaniania wody opadowej górnych warstw gleby dzięki mniejszemu gradientowi wilgotności i osiągnięciu wilgotności bliskiej wilgotności nasycenia. W wyniku tego górne warstwy próby glebowej były bardziej odpowiedzialne za transport wody w głąb gleby niż za jej wchłanianie.

Z porównania wielkości całkowitego spływu ze zmywem dla gleby początkowo wilgotnej (R2) i suchej (R3) stwierdzić można, że z większą wielkością spływu dla gleby początkowo wilgotnej wiąże się mniejsza ilość wyerodowanej gleby. Podobne zależności otrzymali Rudolph i in. [12] w swoich badaniach na glinie piaszczystej i pyłe gliniastym. Rezultat taki przypisać można ochronnemu działaniu (przed uderzeniami kropel opadu) wzrastającej głębokości wody w zagłębieniach mikroreliefu i spływu. Wydaje się jednak, że otrzymany tu efekt zmniejszenia zmywu gleby przy zwiększonej wielkości spływu zależny jest od skali. W innych warunkach (większe nachylenie i długość zbocza oraz szybkość spływu i jego głębokość) nad ochronnym wpływem głębokości wody przeważać może niszczące strukturę powierzchni gleby naprężenie ścinające spływu powierzchniowego [11,12].

WNIOSKI

Badania przeprowadzone z symulatorem opadów na glebie o składzie piasku gliniastego wykazały, że:

1. Spływ powierzchniowy inicjowany był bezpośrednio po rozpoczęciu symulowanego opadu deszczu – bez względu na wilgotność początkową i zagęszczenie powierzchniowej warstwy gleby.
2. Najszybszy wzrost wielkości spływu wystąpił w warunkach największej początkowej wilgotności gleby i zgęszczeniu jej powierzchni 1-krotnym deszczowaniem.
3. Osiągnięta maksymalna i stała wartość spływu powierzchniowego była porównywalna dla wszystkich trzech kombinacji warunków początkowych.
4. Badana gleba jest w dużym stopniu podatna na powstawanie spływu powierzchniowego.

PIŚMIENNICTWO

1. **Borowiec S., Woźniczak S., Skrzyczyński T.:** Badania modelowe nad wpływem nachylenia na infiltrację, spływ i zmyw na różnych glebach uprawnych bez okrywy roślinnej. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 48, 39-47, 1974.
2. **De Roo A.P.J., Riezebos H.Th.:** Infiltration experiments on loess soil and their implications for modelling surface runoff and soil erosion. *Catena*, 19, 221-239, 1992.

3. **Dębicki R., Pawłowski M., Rejman J., Link M.:** A new approach to the design of a nozzle-type rainfall simulator. *Int. Agrophysics*, 7, 197-201, 1993.
4. **Epema G.F., Riezebos H.Th.:** Fall velocity of water-drops at different heights as a factor influencing erosivity of simulated rain. *Catena Supplement*, 4, 1-18, 1983.
5. **Helming K., Römkens M.J.M., Prasad S.N.:** Surface roughness related processes of runoff and soil loss: a flume study. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62, 243-250, 1998.
6. **Hillel D.:** *Environmental Soil Physics*. Academic Press, 1998.
7. **Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., Naklicki J.:** Przyczynek do badań nad podatnością gleb na erozję wodną. *Pam. Puławski*, 71, 155-166, 1979.
8. **Le Bissonnais Y., Renaux B., Delouche H.:** Interaction between soil properties and moisture content in crust formation, runoff and interrill erosion from tilled loess soils. *Catena*, 25, 33-46, 1995.
9. **Le Bissonnais Y., Singer M.J.:** Seal formation, runoff, and interrill erosion from seventeen California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57, 224-229, 1993.
10. **Nowocień E., Podolski B., Wawer R.:** Badania ilościowe podatności różnych gatunków gleb na erozję wodną w warunkach symulowanego deszczu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 487, 175-180, 2002.
11. **Rejman J. Link M., Dębicki R.:** Podatność na erozję gleby lessowej w badaniach z symulowanym opadem deszczu. *Rocz. AR w Poznaniu* 266(14), 227-232, 1994.
12. **Rudolph A., Helming K., Diestel H.:** Effect of antecedent soil water content and rainfall regime on microrrelief changes. *Soil Technology*, 10, 69-81, 1997.
13. **Schmid B.H.:** Critical rainfall duration for overland flow from an infiltrating plane surface. *Journal of Hydrology*, 193, 45-60, 1997.
14. **Toy T. T., Foster G.R., Renard K.G.:** *Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002.
15. **Wallach R., Grigorin G., Rivlin (Byk) J.:** The errors in surface runoff prediction by neglecting the relationship between infiltration rate and overland flow depth. *Journal of Hydrology*, 200, 243-259, 1997.
16. **Wangemann S.G., Molumeli P.A.:** Infiltration and percolation influenced by antecedent soil water content and air entrapment. *Transaction of the ASAE*, 43(6), 1517-1523, 2000.

EFFECT OF SOIL MOISTURE CONTENT AND SURFACE CONDITIONS ON RUNOFF AND WASH ON LOAMY SAND

Ryszard Brodowski, Jerzy Rejman

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: ryszardb@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. Effect of different initial soil moisture content and surface status was studied with rainfall simulator on soil developed from loamy sands. Studies showed that runoff was started almost directly from beginning of rainfall simulation and independently on initial soil conditions. Despite differences at the beginning of simulation, runoff achieved a comparable steady-rate level in all cycles of measurements. In contrast to this, large variation of wash among different cycles was observed. Conducted studies showed that loamy sand was very susceptible to runoff and wash processes.

Key words: erosion, runoff, wash, initial soil moisture content, loamy sand