

Wpłynęło 25.06.2012 r.
Zrecenzowano 25.09.2012 r.
Zaakceptowano 07.11.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

OCENA EFEKTYWNOŚCI OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W KSZTAŁTOWANIU ZASOBÓW WODY W GLEBIE BRUNATNEJ NIEPOROŚNIĘTEJ

**Małgorzata BINIAK-PIERÓG¹⁾ ABCDEF, Andrzej ŻYROMSKI¹⁾ ABCDEF,
Anna BARYŁA²⁾ ADEF**

¹⁾ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Zakład Agro- i Hydrometeorologii

²⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Katedra Kształtowania Środowiska, Zakład Inżynierii Melioracyjnej

Streszczenie

Celem pracy jest ocena efektywności opadów atmosferycznych w kształtowaniu zasobów wodnych gleby pod powierzchnią nieporośniętą. Badania prowadzono na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii, należącego do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Do analiz wykorzystano dobowe zmiany zasobów wodnych gleby w warstwach o miąższości 5, 20 i 40 cm, dobowe sumy opadów poprzedzające dzień, w którym obliczano zmiany zasobów wodnych, średnie dobowe wartości temperatury powietrza oraz stan zasobów wodnych gleby w dniu, w którym wystąpił opad, w okresach od maja do sierpnia lat 2003–2008. Stwierdzono statystycznie istotne związki między dobową zmianą zasobów wodnych gleby a sumą opadów atmosferycznych występujących w dniu poprzednim, bez względu na miąższość warstwy gleby i analizowany miesiąc. Oprócz opadów atmosferycznych istotny wpływ na zmiany retencji w powierzchniowej warstwie gleby miał stan zasobów wodnych gleby w chwili występowania opadu atmosferycznego. Związków takich nie obserwowano w przypadku warstw o większej miąższości pod powierzchnią nieporośniętą.

Słowa kluczowe: efektywność opadów atmosferycznych, powierzchnia nieporośniętą, zasoby wodne gleby

Do cytowania For citation: Biniak-Pieróg M., Żyromski A., Baryła A. 2012. Ocena efektywności opadów atmosferycznych w kształtowaniu zasobów wody w glebie brunatnej nieporośniętej. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 4(40) s. 45–58.

WSTĘP

Decydującą rolę w zaopatrywaniu roślin w wodę odgrywają czynniki klimatyczne, hydrologiczne i glebowe. Spośród tych pierwszych za przychód wody do gleby odpowiadają głównie opady atmosferyczne. Ich wpływ na rozwój roślin zależy nie tylko od ich wysokości i czasu trwania, ale także od rozkładu w czasie [KLAMKOWSKI i in. 2011; ŁABĘDZKI, ADAMSKI 2010]. Zbyt obfite i intensywne opady mogą nie zostać w pełni wykorzystane przez rośliny z powodu szybkiej migracji wody w profilu glebowym poza zasięg strefy korzeniowej roślin lub też jej spływu powierzchniowego. W rolnictwie istotne są informacje o opadach powodujących zwiększenie wilgotności gleby, a więc umożliwiającymi ograniczenie nawadniania upraw po ich wystąpieniu. Związki między zmianami uwilgotnienia gleby a opadami atmosferycznymi są tematem wielu prac [BINIAK-PIERÓG 2008; NIDZGORSKA-LENCEWICZ 2006; NIEMCZYK i in. 2010; WĄSEK 1980; ŻYROMSKI 2001]. ROZBICKI [1997; 1998] porównał przydatność wskaźników opadu do oceny wilgotności gleby w różnych warunkach klimatyczno-glebowych. Uwilgotnienie gleb ciężkich lepiej obrazują sumy opadów atmosferycznych, a gleb lekkich – wskaźnik opadów uprzednich. CHUDECKI i in. [1968; 1971] wykazali, że zmiany uwilgotnienia gleby na różnych głębokościach pod powierzchnią nieporośniętą zależą głównie od wysokości opadu oraz od stopnia uwilgotnienia gleby przed jego wystąpieniem. KLAMKOWSKI i in. [2011] prowadzili badania nad wpływem ilości i intensywności opadów w sadzie jabłoniowym w różnych warunkach utrzymania gleby. Potwierdzili oni, że dla dużej efektywności opadów atmosferycznych na glebie utrzymywanej w ugorze herbicydowym istotna jest ich intensywność, a najlepsze wyniki obserwowali, gdy natężenie opadów wynosiło $2-10 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. ŻYROMSKI [1984; 1990] ocenił rzeczywisty przychód wody z opadów atmosferycznych, a także zmiany wilgotności różnych warstw gleby na tle tego czynnika. W okresach o równomiernie rozłożonych opadach większych niż 10 mm na dekadę i małym parowaniu, notowano rzeczywisty przychód wody, w znacznym stopniu zależny od natężenia opadu.

W przeszłości napotymano na znaczne utrudnienia związane z pozyskiwaniem informacji o zasobach wodnych gleby. Wraz z rozwojem metod pomiaru wilgotności gleby i coraz większą ich dostępnością możliwe jest jej oznaczenie z dużą częstotliwością – co dobę, godzinę czy 10 minut. Tak zwiększona częstota pomiarów umożliwia precyzyjną ocenę efektywności opadów atmosferycznych ze względu na zasilanie profilu glebowego w wodę. Te informacje z kolei są niezbędne do oceny właściwego zaopatrywania w wodę roślin. W przypadku powierzchni pokrytej roślinnością należy pamiętać o zjawisku intercepcji, na skutek której część wody pochodzącej z opadów nie może zostać wykorzystana przez rośliny. W przypadku niskich sum opadów o małym natężeniu pokrywa roślinna może zatrzymać nawet całą ilość wody opadowej, natomiast w czasie intensywnych i długotrwałych opadów – tylko ich część [KOWALIK 2010].

W niniejszej pracy podjęto próbę oceny efektywności opadów atmosferycznych, rozumianej jako ich wpływ na zmiany zasobów wodnych gleby, na przykładzie gleby pod powierzchnią nieporośniętą. Można z dużym prawdopodobieństwem zakładać, że jej uwilgotnienie w zdecydowany sposób zależy od przebiegu czynników meteorologicznych, a przede wszystkim od warunków opadowych. Przeprowadzone badania i analizy mają charakter wstępny.

METODY BADAŃ

Do zrealizowania założonego celu wykorzystano dobowe wartości wilgotności gleby pod powierzchnią nieporośniętą na głębokościach: 5, 20 i 40 cm, dobowe sumy opadów atmosferycznych oraz średnie dobowe wartości temperatury powietrza od maja do sierpnia w latach 2003–2008.

Badania prowadzono na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu-Swojcu. Obiekt jest zlokalizowany w północno-wschodniej części miasta, a od ścisłego centrum jest oddzielony kompleksem parków, stadionów, kanałem Odra–Widawa, łąkami i polami. Zgodnie z genetyczną klasyfikacją gleb, na obiekcie występują gleby brunatne uprawne, wytworzone z glin zwałowych, o składzie mechanicznym piasków słabogliniastych w wierzchniej warstwie. Do głębokości 1,0 m są na ogół mało zróżnicowane. Pod względem składu mechanicznego są to piaski słabogliniaste, piaski gliniaste mocne, piaski pylaste oraz piaski luźne. Dokładna charakterystyka gleb jest zawarta w ekspertyzie MAZIJA i in. [1965].

Wilgotność gleby mierzono codziennie, podczas porannej obserwacji, nowoczesną metodą TDR (ang. Time Domain Reflektometry). Należy ona do grupy metod elektrycznych i polega na pomiarze prędkości rozchodzenia się impulsu elektromagnetycznego w glebie [MALICKI, SKIERUCHA 2002]. Na podstawie dobowych wartości wilgotności gleby obliczono zasoby wodne w analizowanych warstwach o miąższości 0–5, 0–20 i 0–40 cm, w przyjętym do analiz okresie badań:

$$z = \frac{h_0 \cdot W_0}{10}$$

gdzie:

- z – zapas wody w warstwie gleby, mm;
- h_0 – miąższość warstwy, cm;
- W_0 – wilgotność (TDR), %.

Półowa pojemność wodna gleb na obiekcie, w warstwie od powierzchni terenu do 100 cm, wynosi 217 mm. Gleby te charakteryzują się dużą zdolnością kapilarnego podnoszenia wody. Gdy woda gruntowa znajduje się na głębokości 100 cm,

warstwy powierzchniowe zawierają 18% obj. wody. Wilgotność odpowiadająca punktowi więdnienia roślin wynosi około 5% [MAZIJ i in. 1965].

Dobowe sumy opadów atmosferycznych mierzono standardowym deszczomierzem Hellmanna na wysokości 1 m, a temperaturę powietrza – za pomocą klasycznych termometrów rtęciowych w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m.

Lata 2003–2008 scharakteryzowano na podstawie miesięcznych wartości temperatury powietrza oraz opadów atmosferycznych w odniesieniu do ich wartości średnich z wielolecia 1971–2000, uznawanego za normę klimatologiczną. Odchylenia średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza od średnich z wielolecia oceniono w oparciu o normatywy IMGW [1975–2000], natomiast odchylenia opadów atmosferycznych – w oparciu o kryterium zaproponowane przez KACZOROWSKĄ [1962]. Warunki opadowe scharakteryzowano także w oparciu o częstość występowania opadów z zadanych przedziałów wartości, poczynając od przedziału 0,0–1,0 mm (130 dni), co 1 mm, do 9,1–10,0 mm (łącznie 168 dni) oraz >10,0 mm (45 dni).

W pierwszym etapie badań obliczono zmiany zasobów wodnych gleby w ciągu każdej doby w okresie od maja do sierpnia w latach 2003–2008, biorąc pod uwagę zróżnicowanie miąższości jej warstw.

Do dalszych analiz wybrano tylko te przypadki, kiedy w dobie poprzedzającej dobę, w której obliczano zmianę występowały opady atmosferyczne, w tym również w wysokości do 0,1 mm. W pracy nie analizowano ich intensywności oraz nie brano pod uwagę opadów skumulowanych w dłuższych okresach (3-, 4-dniowych), które mogły mieć wpływ na zwiększenie zasobów wodnych gleby, zwłaszcza w warstwach o większej miąższości.

W drugim etapie wyznaczono związki między zmianami zasobów wodnych gleby w badanej dobie, a wysokością opadów atmosferycznych z doby poprzedzającej. Analizy takie przeprowadzono dla poszczególnych warstw gleby oraz miesięcy. Istotność wyznaczonych zależności oceniano na podstawie wartości otrzymanych współczynników determinacji R^2 . Progowe wartości istotnych współczynników, przyjęte za KRZYSZTOFIAKIEM i URBANKIEM [1978], były zróżnicowane w poszczególnych miesiącach, ze względu na występowanie w nich różnej liczby dni z opadem w przyjętych do analiz latach. Krytyczne wartości współczynników R^2 wynosiły odpowiednio: maj (84 dni z opadem) – 0,0455, czerwiec (78 dni z opadem) – 0,0528, lipiec (94 dni z opadem) – 0,0412 oraz sierpień (87 dni z opadem) – 0,0435. Obliczenia przeprowadzono za pomocą arkusza kalkulacyjnego Excel.

W trzecim etapie badań, za pomocą analizy regresji wielokrotnej, wyznaczono czynniki, które mają istotny wpływ na zmiany zasobów wodnych gleby, w poszczególnych warstwach w okresie od maja do sierpnia. Badano wpływ dobowej sumy opadów atmosferycznych, średniej dobowej temperatury powietrza oraz zasobów wodnych gleby w poszczególnych warstwach w poprzedniej dobie. Do realizacji tego etapu wykorzystano program komputerowy Statistica 9 [StatSoft 2009].

Istotność uzyskanych równań regresji oceniono na podstawie poprawionych współczynników determinacji R_p^2 , obliczonych z uwzględnieniem tego, że R_p^2 jest obliczane z określonej próby, a nie z całej populacji i jest zawsze mniejsze od współczynnika determinacji R^2 . Tak obliczone współczynniki umożliwiają ocenę, w jakim stopniu wyprowadzone równania regresji byłyby dopasowane do innej próby z tej samej populacji [STANISZ 2001].

WYNIKI BADAŃ

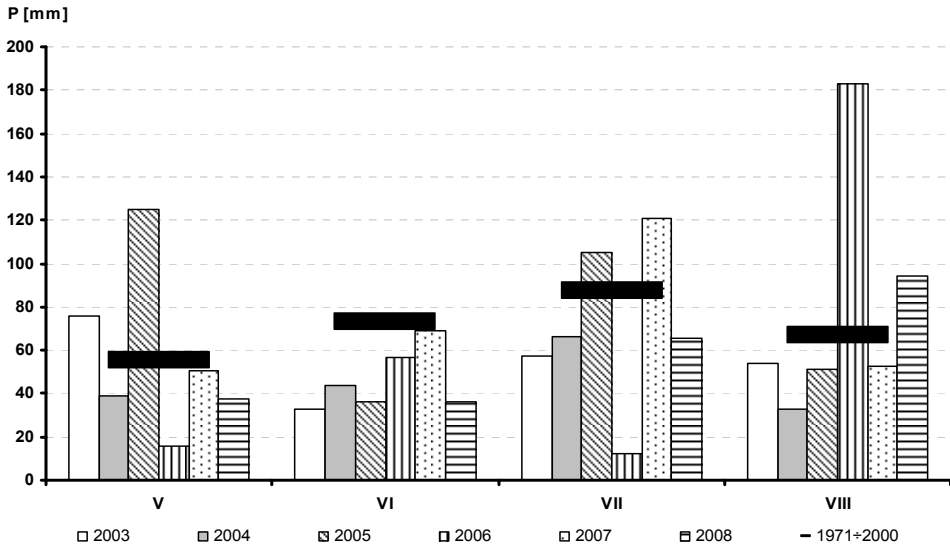
Na podstawie przyjętego kryterium oceny warunków termicznych, półrocza letnie w analizowanych latach sklasyfikowano jako okresy ciepłe. Odchylenia temperatury od wartości średniej z wielolecia wynosiły od $0,7^\circ\text{C}$ w 2004 r. do $2,0^\circ\text{C}$ w 2006 r. W większości przypadków przyjęte do analiz miesiące były okresami ciepłymi i bardzo ciepłymi. Tylko w dwóch przypadkach obserwowano miesiące chłodne – maj w 2004 r. oraz sierpień w 2006 r. (wartości odchyień od średniej z wielolecia – $-0,6^\circ\text{C}$). Jako okresy normalne sklasyfikowano czerwiec i lipiec w 2004 r. oraz czerwiec i sierpień w 2005 r.

W wyniku analizy zróżnicowania warunków opadowych w poszczególnych miesiącach półroczy letnich lat 2003–2008 stwierdzono (rys. 1), że najmniej zmienne były one w czerwcu (suma opadów od 33,1 mm w 2003 r. do 69,2 mm w 2007 r.), który – na podstawie odchyień od średnich wieloletnich – sklasyfikowano jako normalny w latach 2006 i 2007, suchy w latach 2004 i 2005 oraz bardzo suchy w 2003 r. W pozostałych miesiącach warunki opadowe były zróżnicowane, obejmujące okresy: w maju – od szczególnie wilgotnego (2005 r.) do bardzo suchego (2006 r.), w lipcu – od wilgotnego (2007 r.) do skrajnie suchego (2006 r.), a w sierpniu – od szczególnie wilgotnego (2006 r.) do bardzo suchego (2004 r.).

W całym okresie od maja do sierpnia, w przyjętych do analiz latach, najliczniej występowały opady z przedziału 0,0–1,0 mm (37,8%), drugim pod względem liczebności był przedział 1,1–2,0 mm (15,5%), natomiast liczba dni z opadem > 10 mm stanowiła 13,1%.

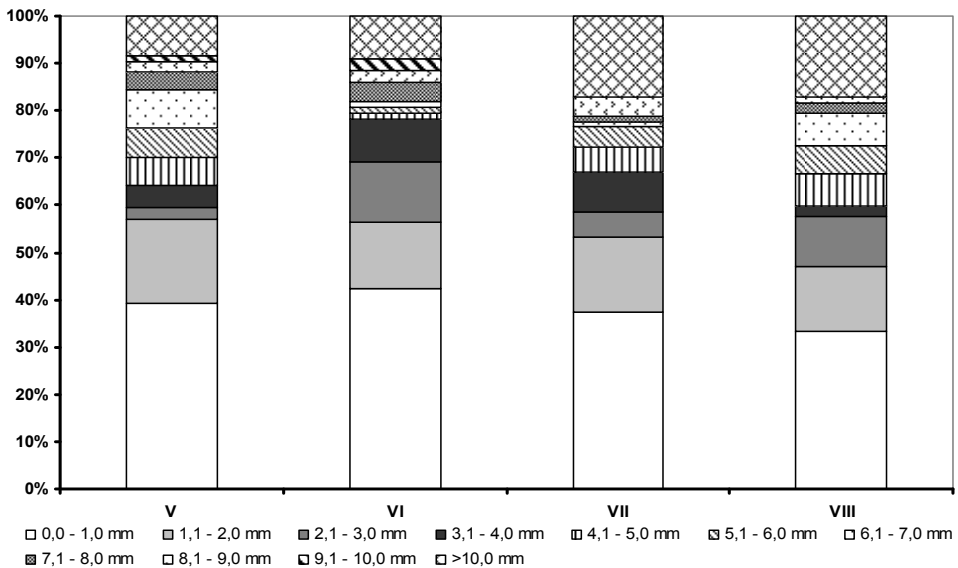
Z analizy przeprowadzonej dla poszczególnych miesięcy (rys. 2) wynika, że udział liczby dni z opadem z zakresu 0,0–1,0 mm był największy we wszystkich miesiącach i wynosił od 33,3% w sierpniu do 42,3% w czerwcu. Drugim pod względem liczebności w maju i czerwcu był przedział 1,1–2,0 mm (odpowiednio 17,9 i 14,1%), a w lipcu i sierpniu – > 10 mm (odpowiednio 17,0 i 17,2%).

Zmienność zasobów wodnych gleby w analizowanych miesiącach scharakteryzowano podając ich ekstremalne wartości (tab. 1). Zmienność dobowych wartości zasobów wodnych w analizowanych warstwach gleby na tle temperatury powietrza i opadów atmosferycznych przedstawiono na przykładzie 2005 r. (rys. 3). W maju zasoby wodne gleby w warstwach 0–5 i 0–20 cm były najbardziej zmienne w 2007 r., natomiast w warstwie 0–40 cm – w 2008 r. W czerwcu największe różnice warto-



Rys. 1. Zróżnicowanie warunków opadowych od maja do sierpnia w latach 2003–2008, na tle średnich z wielolecia 1971–2000 we Wrocławiu-Swojcu; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Precipitation variability from May to August of the years 2003–2008 in relation to the years 1971–2000 in Wrocław-Swojce; source: own study



Rys. 2. Struktura opadów atmosferycznych od maja do sierpnia w latach 2003–2008 we Wrocławiu-Swojcu; źródło: opracowanie własne

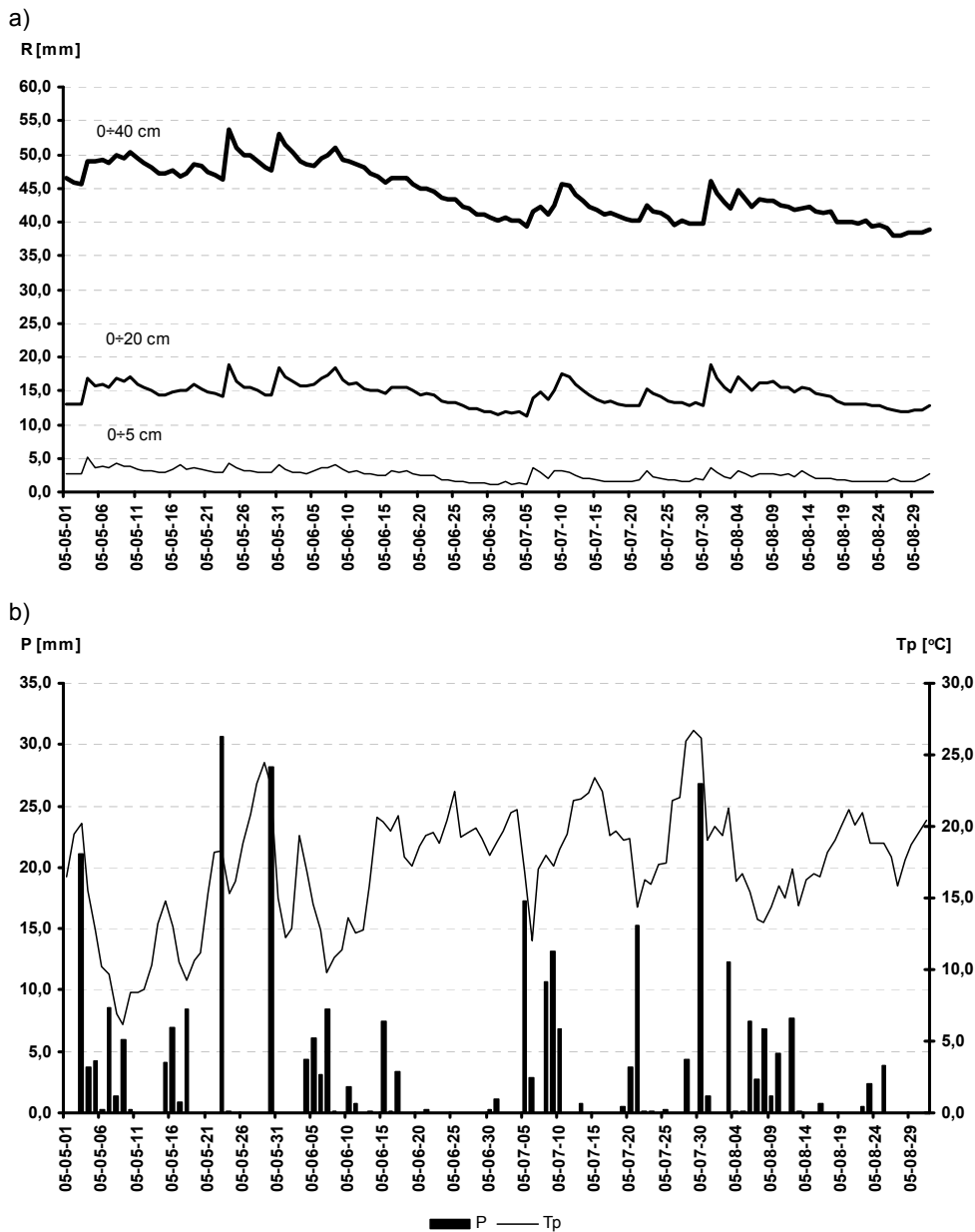
Fig. 2. Precipitation structure from May to August in the years 2003–2008 in Wrocław-Swojce; source: own study

Tabela 1. Ekstremalne wartości zasobów wodnych gleby (mm) pod powierzchnią nieporośniętą od maja do sierpnia w latach 2003–2008 we Wrocławiu-Swojcu

Table 1. Extreme values of soil water reserves (mm) under bare soil from May to August in the years 2003–2008 in Wrocław-Swojec

Rok Year	Wartość Vaue	Zasoby wodne gleby (mm) w warstwach (cm)						Soil water reserves (mm) in the soil layers (cm)					
		0–5	0–20	0–40	0–5	0–20	0–40	0–5	0–20	0–40	0–5	0–20	0–40
		maj May			czerwiec June			lipiec July			sierpień August		
2003	max	3,6	19,1	35,3	3,6	15,4	30,2	3,7	18,6	32,5	3,9	16,8	33,2
	min	2,2	14,4	28,6	2,0	12,5	26,9	1,9	12,3	25,1	1,8	12,1	25,1
2004	max	2,9	15,6	50,6	3,5	15,1	44,1	4,0	15,9	40,5	2,4	11,1	34,0
	min	1,3	12,3	41,4	1,9	12,9	38,4	1,7	11,2	34,3	1,2	9,3	26,3
2005	max	5,1	18,9	53,7	4,1	18,3	51,5	3,7	18,9	46,2	3,2	17,0	44,7
	min	2,7	13,0	45,6	1,2	11,8	40,7	1,1	11,3	39,3	1,5	11,8	38,0
2006	max	5,0	15,8	56,5	5,6	16,4	45,0	2,7	10,2	36,6	4,9	17,4	47,5
	min	3,2	11,8	44,0	2,7	10,6	38,5	1,7	8,2	31,6	2,4	10,6	37,7
2007	max	5,5	28,3	59,4	3,9	25,6	52,9	3,9	28,1	57,8	4,0	25,5	50,6
	min	1,7	20,7	49,3	1,6	19,2	45,2	1,7	18,4	44,5	1,7	17,7	43,0
2008	max	3,4	18,4	49,0	3,2	14,3	36,6	5,5	17,5	38,5	6,6	23,4	44,0
	min	0,9	12,8	36,2	0,0	10,1	31,9	0,0	10,8	31,6	1,7	11,5	31,1

Źródło: opracowanie własne. Source: own study.

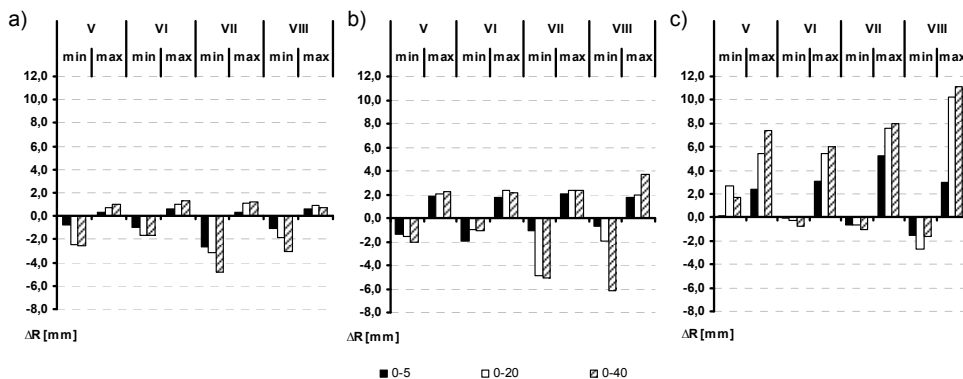


Rys. 3. Przebieg zmian: a) dobowych wartości zasobów wodnych gleby pod powierzchnią nieporośniętą, b) średniej temperatury powietrza T_p i opadów atmosferycznych P od maja do sierpnia w 2005 r. we Wrocławiu-Swojcu; źródło: opracowanie własne

Fig. 3. Daily curve of: a) soil water reserves under bare soil, b) mean air temperature T_p and precipitation P from May to August in 2005; source: own study

ści ekstremalnych w warstwach 0–20 i 0–40 cm obserwowano w 2005 r., a w warstwie powierzchniowej o miąższości 5 cm – w 2008 r. W lipcu największą zmienność w tej warstwie notowano również w 2008 r., natomiast w warstwach o większej miąższości, tj. 0–20 i 0–40 cm – w 2007 r. Niezależnie od miąższości warstwy gleby, największą zmienność zasobów wodnych w sierpniu obserwowano w 2008 r.

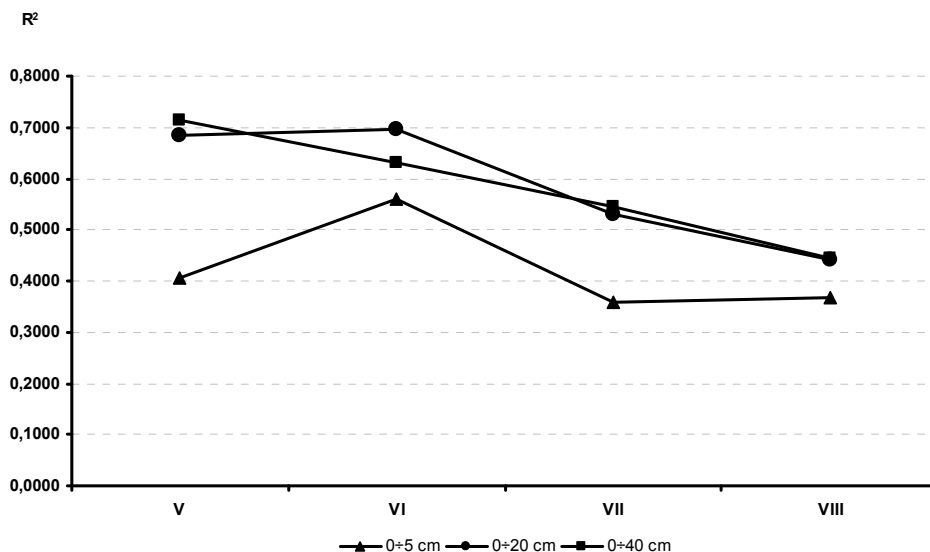
W wielu przypadkach, pomimo występowania opadów atmosferycznych do $10,0 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ włącznie, obserwowano zmniejszenie zasobów wodnych w analizowanych warstwach gleby (rys. 4). Szczegółowa analiza dobowych sum opadów atmosferycznych i odpowiadających im zmian retencji w ciągu doby wykazała, że w przypadku opadów przekraczających $7 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ największy obserwowany wzrost retencji w warstwie gleby o miąższości 5 cm wynosił 2,1 mm w lipcu, w warstwie 0–20 cm – 2,4 mm w czerwcu, a w warstwie 0–40 cm – 2,3 mm w lipcu. W sierpniu największe przyrosty retencji, niezależnie od miąższości warstwy gleby, obserwowano po wystąpieniu opadów atmosferycznych z przedziału 6,1–7,0 mm. Wynosiły one od 1,8 mm w warstwie powierzchniowej do 3,7 mm w warstwie 0–40 mm. Największe przyrosty retencji glebowej wystąpiły po opadach przekraczających $10,0 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ (rys. 4c): w warstwie 0–5 cm w lipcu – 5,2 mm, a w warstwach 0–20 i 0–40 cm w sierpniu – odpowiednio 10,2 i 11,1 mm.



Rys. 4. Ekstremalne wartości dobowych zmian zasobów wodnych gleby ΔR w warstwach 0–5, 0–20 i 0–40 cm po wystąpieniu w poprzedniej dobie opadów atmosferycznych P o sumach dobowych: a) $\leq 1,0$ mm, b) 1,1–10,0 mm, c) $\geq 10,1$ mm, od maja do sierpnia w latach 2003–2008 we Wrocławiu-Swojcu; źródło: opracowanie własne

Fig. 4. Extreme values of daily changes in soil water reserves ΔR in layers 0–5, 0–20 and 0–40 cm after daily sums of precipitation P of: a) ≤ 1.0 mm, b) 1.1–10.0 mm, c) ≥ 10.1 mm from May to August in the years 2003–2008 in Wrocław-Swojec; source: own study

Z analizy związków między dobowymi sumami opadów atmosferycznych a zmianami zasobów wodnych gleby w następnej dobie wynika, że istotność statystyczna badanych relacji jest duża (rys. 5). We wszystkich przypadkach badane



Rys. 5. Zmienność współczynników determinacji R^2 zależności między dobowymi sumami opadów atmosferycznych a zmianą zasobów wodnych gleby w następnym dniu w warstwach 0–5, 0–20 i 0–40 cm pod powierzchnią nieporośniętą od maja do sierpnia w latach 2003–2008 we Wrocławiu-Swojcu; źródło: opracowanie własne

Fig. 5. Determination coefficients R^2 for the relationship between daily sum of precipitation and changes in soil water reserves in layers 0–5, 0–20 and 0–40 cm under bare soil from May to August of the years 2003–2008 in Wrocław-Swojec; source: own study

relacje opisywały równania wielomianowe drugiego stopnia. Najmniejsze wartości współczynników determinacji R^2 otrzymano w przypadku powierzchniowej warstwy gleby, niezależnie od przyjętego do analiz miesiąca – wynosiły one od 0,3575 w lipcu do 0,5597 w czerwcu (rys. 5). W przypadku ornej warstwy gleby (0–20 cm) największe wartości R^2 stwierdzono w czerwcu (0,6970), najmniejsze natomiast – w sierpniu (0,4408). Związek między zmianą zapasu wody w warstwie gleby 0–40 cm a opadami atmosferycznymi w poprzedniej dobie był najistotniejszy w maju ($R^2 = 0,7142$). W kolejnych miesiącach obserwowano liniowy spadek wartości współczynnika determinacji do 0,4453 w sierpniu. W przypadku warstw 0–20 i 0–40 cm analizowane relacje miały podobny charakter, o czym świadczą uzyskane wartości R^2 .

Kolejnym etapem pracy było sprawdzenie, czy oprócz dobowych sum opadów atmosferycznych w poprzedniej dobie istotny wpływ na zmiany retencji mają takie podstawowe parametry, jak początkowy stan zasobów wodnych gleby oraz temperatura powietrza, determinująca wielkość parowania. W tym celu podjęto próbę oceny wpływu tych czynników na zmiany retencji w poszczególnych warstwach gleby i miesiącach za pomocą analizy regresji wielokrotnej. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że – niezależnie od przyjętego do analiz miesiąca – temperatura

powietrza nie była istotną zmienną opisującą zmiany zasobów wodnych gleby (tab. 2). W przypadku powierzchniowej warstwy gleby, poza sumami opadów atmosferycznych, istotną zmienną był również stan zapasów wodnych w tej warstwie w dniu występowania opadów atmosferycznych. Analiza korelacji cząstkowych tych zmiennych wykazała, że związek między zmianami zasobów wodnych gleby w tej warstwie, a sumami opadów atmosferycznych był w dość dużym stopniu modyfikowany początkową retencją w powierzchniowej warstwie gleby nieporośniętej. Otrzymane wartości poprawionych współczynników determinacji R_p^2 były większe niż wartości współczynników R^2 obliczone w pierwszym etapie badań i wynosiły od 0,4186 w sierpniu do 0,6864 w czerwcu. W przypadku warstw o większej miąższości ani średnia dobową temperaturę powietrza, ani stan zasobów wodnych gleby w dniu wystąpienia opadu nie miały istotnego wpływu na zmiany retencji. Wartości poprawionych współczynników determinacji R_p^2 były bardzo zbliżone do wartości R^2 obliczonych w drugim etapie analiz.

Tabela 2. Równania regresji opisujące zmiany zasobów wodnych w analizowanych warstwach gleby H pod powierzchnią nieporośniętą od maja do sierpnia w latach 2003–2008, poprawione wartości współczynników determinacji R_p^2 oraz standardowe błędy estymacji SE

Table 2. Regression equations for the changes of soil water reserves in analysed layers H under bare soil from May to August in the years 2003–2008, corrected values of the coefficients of determination R_p^2 and standard errors of estimation SE

H , cm	Równania regresji Regression equations	R_p^2 , %	SE , mm
Maj May			
0–5	$y = 0,62 + 0,06P - 0,24R$	44,87	0,5
0–20	$y = -0,42 + 0,18P$	67,08	0,8
0–40	$y = -0,67 + 0,23P$	71,02	0,9
Czerwiec June			
0–5	$y = 0,75 + 0,10P - 0,35R$	68,64	0,4
0–20	$y = -0,37 + 0,20P$	69,22	0,7
0–40	$y = -0,67 + 0,23P$	62,25	0,8
Lipiec July			
0–5	$y = 1,05 + 0,09P - 0,53R$	55,68	0,7
0–20	$y = -0,37 + 0,20P$	50,48	1,4
0–40	$y = -0,67 + 0,23P$	52,13	1,5
Sierpień August			
0–5	$y = 0,75 + 0,06P - 0,30R$	41,86	0,6
0–20	$y = -0,33 + 0,15P$	39,06	1,4
0–40	$y = -0,48 + 0,19P$	42,38	1,7

Objaśnienia: P – dobowe sumy opadów atmosferycznych, R – stan zasobów wodnych gleby w dniu wystąpienia opadów atmosferycznych.

Explanations: P – daily sums of precipitation, R – status of soil water reserves on the rainy day.

Źródło: opracowanie własne. Source: own study.

Przedstawione w pracy analizy, przeprowadzone na podstawie badań na wzorcowej w agrometeorologii powierzchni nieporośniętej, mają charakter wstępny. Uzyskane rezultaty są porównywalne z otrzymanymi przez CHUDECKIEGO i in. [1968; 1971], którzy wykazali, że opady do $1,0 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ nie wpływają na zwiększenie uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby. Dopiero opady większe niż 7,0 mm przyczyniają się do zwiększenia wilgotności w warstwie gleby o miąższości 20 cm i większej. Podobnie ŚWIĘCICKI [1981] wskazuje, że opady o sumie dobowej mniejszej niż 5,0 mm nie mają znaczenia, ponieważ część wody natychmiast odparowuje, a pozostała jedynie zwilża wierzchnią warstwę gleby. Otrzymane wyniki, dotyczące wpływu stanu retencji w powierzchniowej warstwie gleby w dniu wystąpienia opadu na jego efektywność są zbieżne z wynikami otrzymanymi przez KLAMKOWSKIEGO i in. [2011]. Obserwowane zmniejszenie uwilgotnienia gleby po występowaniu opadów atmosferycznych o sumach dobowych $>10 \text{ mm}$ może potwierdzać małą efektywność deszczy ulewnych, o której w swoich pracach piszą KLAMKOWSKI i in. [2011] oraz TREDER i KONOPACKI [1999]. Taka sytuacja, notowana w niniejszych badaniach w sierpniu, mogła być skutkiem przesuszenia wierzchniej warstwy gleby, spowodowanego występowaniem wysokich temperatur powietrza, przyczyniającego się do jej zaskorupienia, co w efekcie mogło utrudniać przenikanie wody opadowej w głąb profilu glebowego i zwiększało spływ powierzchniowy.

Wskazane jest przeprowadzenie analizy porównawczej dla powierzchni porośniętej roślinnością, w przypadku której o docieraniu wody opadowej do gleby w znacznym stopniu decyduje zjawisko intercepcji.

WNIOSKI

1. W większości przypadków dobowe sumy opadów atmosferycznych do wysokości 10,0 mm nie powodowały wzrostu retencji powyżej 1 mm w okresie od maja do sierpnia w warstwach gleby o miąższości do 40 cm. Dopiero sumy dobowe przekraczające 10 mm powodowały wyraźne zwiększenie zapasów wody w glebie.

2. Stwierdzono, że związki między dobowymi zmianami zasobów wodnych gleby pod powierzchnią nieporośniętą, a sumami opadów atmosferycznych w dobie poprzedzającej, we wszystkich analizowanych warstwach gleby i miesiącach są istotne statystycznie.

3. Najmniejsze wartości współczynników determinacji opisujących te relacje otrzymano w przypadku powierzchniowej warstwy gleby (0–5 cm) we wszystkich analizowanych miesiącach.

4. Oprócz opadów atmosferycznych istotny wpływ na zmiany retencji w powierzchniowej warstwie gleby miał również początkowy stan zasobów wodnych

gleby w dniu wystąpienia opadu atmosferycznego. Związków takich nie obserwowano w przypadku warstw o większej miąższości.

LITERATURA

- BINIAK-PIERÓG M. 2008. Wpływ elementów agrometeorologicznych na zmienność zasobów wodnych gleby w półroczu zimowym. Monografia. Seria: Współczesne problemy inżynierii środowiska. Nr 7. Wrocław. Wydaw. UP Wroc. ISBN 978-83-60574-29-4 ss. 129.
- CHUDECKI Z., DUDA L., KOŹMIŃSKI CZ. 1968. Próba określenia wpływu wielkości opadów atmosferycznych na uwilgotnienie gleby. Zeszyty Naukowe – Wyższa Szkoła Rolnicza w Szczecinie. Nr 28 s. 3–9.
- CHUDECKI Z., DUDA L., KOŹMIŃSKI CZ. 1971. Wpływ wielkości opadów atmosferycznych na zmianę uwilgotnienia gleby lekkiej na terenie RZD Lipki. Zeszyty Naukowe – Wyższa Szkoła Rolnicza w Szczecinie. Nr 37 s. 47–68.
- IMGW 1975–2000. Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny. Warszawa.
- KACZOROWSKA Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Prace Geograficzne. Nr 33 ss. 112.
- KLAMKOWSKI K., TREDER W., TRYNGIEL-GAĆ A., WÓJCİK K. 2011. Wpływ ilości i intensywności opadów na zmiany wilgotności gleby w sadzie jabłoniowym. Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich. Nr 5 s. 115–126.
- KOWALIK P. 2010. Agrohdrologia obliczeniowa. Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN. Z. 33. Warszawa. PAN. ISSN 0867-7816 ss. 207.
- KRZYSZTOFIAK M., URBANEK D. 1978. Metody statystyczne. Warszawa. PWN ss. 415.
- ŁABĘDZKI L., ADAMSKI P. 2010. Związek między opadami uprzednimi a uwilgotnieniem gleby w uprawie buraków cukrowych na Kujawach. Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie. T. 10. Z. 3(31) s. 165–174.
- MALICKI M. A., SKIERUCHA W. 2002. Elektryczny pomiar wilgotności gleby metodą TDR. Acta Agrophysica. Vol 72 s. 89–98.
- MAZIŁ S., KOWALSKI J., WOŹNY F., SZPIKOWSKI A., KRĘŻEL J. 1965. Warunki hydrogeologiczne i glebowo-wodne pól ustalonych Instytutu Gospodarki Wodnej – położonych na terenie RZD w Swojcu k. Wrocławia. Ekspertyza. Maszynopis. Wrocław. Katedra Agro- i Hydrometeorologii AR.
- NIDZGORSKA-LENCEWICZ J. 2006. Elementy meteorologiczne kształtujące wilgotność gleby w okresach rozwojowych zryta i ziemniaka. Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura. Nr 5(2) s. 57–64.
- NIEMCZYK H., KOWALSKA B., MAJEWSKI G. 2010. Analiza zależności między aktualną wilgotnością gleby a wskaźnikami opadów uprzednich i temperaturą powietrza. Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska. Nr 1(47) s. 13–19.
- ROZBICKI T. 1997. Związek między wskaźnikami opadów uprzednich i wilgotnością gruntu na wybranych typach gleb lekkich i ciężkich. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Melioracje i Inżynieria Środowiska. Nr 17(291) s. 105–116.
- ROZBICKI T. 1998. Związek między wskaźnikami opadu i wilgotnością gleby dla ekosystemu stepu strefy umiarkowanej. Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW. Z. 16 s. 98–104.
- STANISZ A. 2006. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Kraków. StatSoft Polska. ISBN 83-88724-18-5 ss. 532.
- StatSoft Inc. 2009. Statistica (Data Analysis Software System), version 9.0 [online]. [Data dostępu 10.05.2012]. Dostępny w Internecie: www.statsoft.com
- ŚWIĘCICKI CZ. 1981. Gleboznawstwo melioracyjne. Warszawa. PWN. ISBN 8301029129 ss. 549.

- TREDER W., KONOPACKI P. 1999. Impact of quantity and intensity of rainfall on soil water content in an orchard located in the central part of Poland. *Journal of Water and Land Development*. Nr 3 s. 47–58.
- WĄSEK A. 1980. Zasoby wodne w górnej warstwie aeracji a wskaźnik wilgotności gruntu. *Przegląd Geofizyczny*. Vol. 25. Z. 1 s. 71–78.
- ŻYROMSKI A. 1984. Ocena rzeczywistego przychodu wody z opadów atmosferycznych na podstawie kształtowania się odpływu wgłębnego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. Z. 288 s. 115–122.
- ŻYROMSKI A. 1990. Zmiany użytecznych zasobów wody w glebie pod trawnikiem na tle wybranych czynników meteorologicznych. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Melioracja*. Vol. 195(38) s. 97–104.
- ŻYROMSKI A. 2001. Czynniki agrometeorologiczne a kształtowanie się zasobów wody w glebie lekkiej z podsiąkiem wód gruntowych w okresie wiosennym. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Rozprawy*. Vol. 404(178). ISSN 0867-7964 ss. 134.

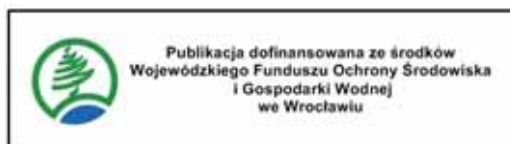
Małgorzata BINIAK-PIERÓG, Andrzej ŻYROMSKI, Anna BARYŁA

AN ASSESSMENT OF RAINFALL EFFECTIVENESS IN THE FORMATION OF WATER RESOURCES IN BROWN BARE SOIL

Key words: *bare soil, precipitation effectiveness, soil water reserves*

S u m m a r y

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of precipitation on the formation of water resources in bare soil. The study was performed in the Observatory of Agro- and Hydrometeorology that belongs to Wrocław University of Environmental and Life Sciences. Daily changes of soil water reserves in soil horizons 0–5, 0-20 and 0-40 cm were used for the analysis together with daily sum of precipitation on the day before the changes were calculated, mean daily values of air temperature and soil water status on the rainy day from May to August of the years 2003-2008. Statistically significant relationship was found between the day to day changes of soil water content and the sum of precipitation occurring the day before irrespective of soil layer thickness and analysed month. Daily changes of water content in the surface soil layer were also affected by the soil water status on the rainy day. Such relationship was not observed for layers of a greater thickness under the bare soil.



Adres do korespondencji: dr inż. M. Biniak-Pieróg, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Zakład Agro- i Hydrometeorologii, Plac Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; tel. +48 71 320-55-69, e-mail: Malgorzata.Biniak-Pierog@up.wroc.pl