

KSZTAŁTOWANIE SIĘ OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH NA POZIOMIE 0 M I 1 M  
NAD POWIERZCHNIĄ GRUNTU W OKRESIE WEGETACJI

Emil Pasela, Tadeusz Zawora

Instytut Melioracji Rolnych i Leśnych  
Akademia Rolnicza w Krakowie

WSTĘP

Wobec problemu narastającego deficytu wody w rolnictwie dużego znaczenia nabiera znajomość ilości rzeczywistego opadu dochodzącego do powierzchni gleby. Z licznych badań wynika, że jest on większy niż mierzony powszechnie na wysokości 1 m nad powierzchnią gruntu. Z uwagi na różnice w rzeczywistej ilości opadu, wahające się od 5,0 do 13,6% za okresy wieloletnie [1, 2, 4, 6, 8], podjęto próbę ustalenia tej wielkości na podstawie badań przeprowadzonych we własnych stacjach Zakładu Agrometeorologii Instytutu Melioracji Rolnych i Leśnych Akademii Rolniczej w Krakowie, mianowicie w Ostrowie Szlacheckim i Rzęsce k. Krakowa. Wykorzystano materiały za dziesięciolecie 1970-1979.

Deszczomierze ustawione na powierzchni gruntu były otoczone otworem o promieniu o 10 cm większym od promienia deszczomierza. Wartości opadów, zarówno na wysokości 1 m nad powierzchnią gruntu jak i na powierzchni gruntu, były średnimi arytmetycznymi z trzech powtórzeń. Bezwzględne różnice sumy opadów mierzone na poziomie 0 m i 1 m nad powierzchnią gruntu przedstawiono w tabeli 1.

ZRÓŻNICOWANIE OPADÓW MIERZONYCH NA DWÓCH POZIOMACH

Maksymalne wartości różnic zaobserwowane w badanym okresie w Ostrowie Szlacheckim były następujące: dla opadów niższych na poziomie 0 m od mierzonych na wysokości 1 m wynosiły 2,0 mm, a dla opadów wyższych na poziomie 0 m niż na wysokości 1 m - 7,0 mm. Dla Rzęski natomiast odpowiednie wartości wynosiły 3,5 i 2,6 mm.

T a b e l a 1

Częstość występowania różnic w wielkości opadów [mm] mierzonych na poziomie 0 m i 1 m nad powierzchnią gruntu na stacjach agrometeorologicznych w Ostrowie Szlacheckim i Rzęsce w latach 1970-1979

Zróznicowanie opadów mierzonych na poziomie 0 m i 1 m	Procent ogólnej liczby przypadków		
	Ostrów Szlachecki	Rzęska	
Na 0 m niższe niż na 1 m	2,5	5,8	
Na 0 m równe 1 m	28,3	6,0	
Na 0 m wyższe niż na 1 m			
Różnice w granicach 0,1-2,0 mm	0,1	10,9	15,9
	0,2	18,5	16,2
	0,3	8,4	15,5
	0,4	9,2	12,8
	0,5	7,1	7,1
	0,6	3,7	7,1
	0,7	3,2	2,3
	0,8	1,5	3,6
	0,9	1,0	1,2
	1,0	1,6	2,3
	1,1-2,0	3,2	3,8
Ponad	2,0	0,9	0,4

Różnice charakteryzujące się rozkładem o skośności dodatniej, z tym że w Rzęsce rozkład różnic zbliżony jest bardziej do normalnego.

Wartość opadu na powierzchni gruntu wyrażona w procentach opadu mierzonego na wysokości 1 m przedstawiono w tabeli 2. Z tabeli tej wynika, że z wyjątkiem nieznacznego procentu przypadków (2,5-5,8%) opady mierzone na powierzchni gruntu są równe lub większe od mierzonych na wysokości 1 m, najczęściej w granicach od kilku do kilkunastu procent.

Wyciąganie wniosków na temat różnicy opadów mierzonych na badanych wysokościach, zwłaszcza wyrażonej w procentach, musi być

T a b e l a 2

Częstość występowania różnych opadów mierzonych na poziomie 0 m i 1 m na stacjach agrometeorologicznych w Ostrowie Szlacheckim i Rzęsce w latach 1970-1979

Stosunek opadów do- bowych na poziomie 0 m i 1 m w rozbi- ciu na umowne prze- działy wielkości opadu [%]	Częstość [%]	
	Ostrów Szlachecki	Rzęska
Poniżej 100	2,5	5,8
100	28,3	6,0
100,1 - 105,0	26,0	25,0
105,1 - 110,0	18,1	22,4
110,1 - 115,0	10,0	12,2
115,1 - 120,0	5,3	7,8
120,1 - 125,0	3,2	4,4
125,1 - 130,0	1,2	2,7
130,1 - 140,0	1,8	5,2
140,1 - 150,0	1,6	1,9
150,1 - 200,0	1,9	4,7
Ponad 200,0	0,1	1,9

bardzo ostrożne, ponieważ przy małych sumach opadów wyniki są poprawne tylko z arytmetycznego punktu widzenia, natomiast nie mają sensu ani przyrodniczego, ani praktycznego. Przy opadach najniższych, rzędu 0,1 mm, wartości różnic są bardzo duże. Jeżeli np. wysokość opadu na poziomie 0 m wynosiła 0,2 mm, a na wysokości 1 m - 0,1 mm, to opad na powierzchni gruntu stanowi 200% opadu mierzonego na poziomie 1 m. Przy opadach 0,3 i 0,2 mm wartość ta wyniesie 150% itd. Dlatego też przeanalizowano zależność procentowej różnicy opadu mierzonego na wspomnianych wysokościach od sumy opadów na wysokości 1 m. Dane (na przykładzie lat 1970 i 1971 z Ostrowa Szlacheckiego) przedstawiono w tabeli 3.

Wyniki przeprowadzonych porównań i dane z tabeli 3 wskazują, że nie można wyciągać daleko idących wniosków co do różnicy sumy opadów mierzonych na wysokości 0 m i 1 m nad powierzchnią gruntu

T a b e l a 3

Ilość opadu na poziomie 0 m w stosunku do mierzonej na poziomie 1 m w zależności od wysokości opadu na poziomie 1 m

Przedział wielkości opadu [mm]	Stosunek sumy opadu $\frac{0 \text{ m}}{1 \text{ m}}$ [%]	Odchylenie standardowe [%]
0 - 1,0	122,5	28,2
1,1 - 2,0	111,5	6,0
2,1 - 3,0	110,4	6,6
3,1 - 4,0	106,6	3,7
4,1 - 5,0	105,1	3,0
5,1 - 7,0	104,0	2,5
7,1 - 10,0	103,8	2,0
10,1 - 15,0	102,9	1,8
15,1 - 20,0	102,5	2,6
20,1 - 30,0	103,4	1,4
Ponad 30,1	101,4	0,9

przy małej sumie dobowego opadu. Uwaga ta dotyczy również sumy opadu podawanej za dłuższy czas.

W literaturze tego zagadnienia można spotkać przypadki, gdzie w miesiącach o niskiej sumie opadów, opady na poziomie 0 m przekraczają o 200% opady mierzone na wysokości 1 m [6]. Na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 3 należy stwierdzić, że operowanie procentowymi różnicami sumy opadów mierzonych na poziomie 0 m i 1 m przy opadach do 1,0 mm nie ma sensu pod względem przyrodniczym, ponieważ różnice te są rzędu ponad 20%, a zmienność opadu wyrażona przez wartość odchylenia standardowego jest niewspółmiernie duża do wartości w wyższych klasach opadu. Zmniejszanie się różnic przy większej sumie opadu należy tłumaczyć tak większą dokładnością pomiaru, jak i mniejszym oddziaływaniem czynników wpływających na wartość różnicy. Założywszy np., że na wielkość różnicy wpływa tylko parowanie, zależne przecież od innych elementów meteorologicznych, otrzymamy przy różnej sumie opadu taką samą bezwzględną różnicę (warstwę wyparowanej wody). Podobnie straty na zwilżanie nie są ściśle zależne od wysokości opadu.

Powyższe uwagi znajdują się również u innych autorów. Koschmieder [7], badając wpływ wiatru na różnice wysokości opadów na poziomie 0 m i 1 m na Śnieżce, nie uwzględniał opadów mniejszych od 2 mm, dających największe błędy procentowe, a np. Jaworski [4], ustalając równanie na obliczenie sumy miesięcznych opadów na wysokości 0 m na podstawie danych z wysokości 1 m, zaznacza, że równanie jest ważne w przedziale od 11,7 mm opadu na miesiąc.

Wymienione niedokładności, zwłaszcza przy małych sumach dobowych i miesięcznych opadów, zacierają się w dłuższym czasie i w poszczególnych okresach wegetacyjnych (IV-X) przybierają wartości przedstawione w tabeli 4.

Odchylenie przeciętne dla okresu analizowanych 10 lat wynosi dla Ostrowa Szalcheckiego 1,1%, dla Rzęski 2,6%, odchylenie standardowe zaś odpowiednio 1,4 i 2,9%. Przy sumie opadów za 10-lecie w Ostrowie Szalcheckim, wynoszącej na wysokości 0 m 5171,3 mm, a na wysokości 1 m - 4970,8 mm, należy przyjąć, że opad na poziomie 0 m stanowi 104,0% opadu mierzonego na wysokości 1 m. Odpowiednie wartości dla Rzęski wynoszą: suma opadu na wysokości 0 m - 4835,0 mm, a 1 m - 4588,4 mm, a stosunek opadu mierzonego na powierzchni gruntu do mierzonego na wysokości 1 m wynosi 105,4%. Otrzymane wyniki zbliżone są do uzyskanych przez Baca [1] i Chomicza [2]. Wymienieni autorzy wykazują różnice 5-6%, Jaworski [4] otrzymał wynik w granicach 7%, a Kuźniar [5] dla Osin i Ostrowa Szalcheckiego - 7-8%. Znacznie większe różnice, w granicach 12-13%, spotykamy w innych opracowaniach [6, 8]. Pomijając odrębności terenu i różne okresy wspomnianych badań, należy zaznaczyć,

T a b e l a 4

Opad mierzony na poziomie 0 m i 1 m w poszczególnych okresach wegetacyjnych na stacjach agrometeorologicznych w Ostrowie Szalcheckim i Rzęsce w latach 1970-1979

Rok	Wartość ilorazu $\frac{0 \text{ m}}{1 \text{ m}}$ [%]	
	Ostrów Szalchecki	Rzęska
1970	103,1	100,4
1971	104,2	103,7
1972	104,0	102,8
1973	105,3	104,3
1974	103,2	108,1
1975	103,3	108,8
1976	104,4	109,5
1977	102,7	108,2
1978	106,9	105,7
1979	106,1	103,0



że wyniki przytoczone w niniejszym opracowaniu pochodzą z najdłuższego z porównywanych, gdyż 10-letniego okresu badań.

#### PRÓBA OKREŚLENIA WPŁYWU NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW POGODY NA RÓŻNICE W OPADACH MIERZONYCH NA DWÓCH POZIOMACH

Wobec dużego zróżnicowania opadów (tab. 1-4), zwłaszcza w krótkich odstępach czasu, podjęto próbę określenia zależności opadu na poziomie 0 m w stosunku do wysokości 1 m od niektórych czynników, mogących wpłynąć na wielkość różnic. Czynniki te są:

- 1) średni niedosyt wilgotności powietrza mierzonego w klatce meteorologicznej od zakończenia opadu do czasu jego pomiaru;
- 2) prędkość wiatru mierzona wiatromierzem Wilda w chwili trwania opadu, interpolowanej w przypadku gdy opad przypadał między dwoma terminami obserwacyjnymi;
- 3) okres od zakończenia opadu do jego pomiaru.

Wymienione czynniki wpływały niewątpliwie na straty w procesie parowania, bardziej intensywnego na wysokości 1 m niż nad powierzchnią gruntu. Ponadto prędkość wiatru oddziaływała dodatkowo w czasie opadu i wpływała na kąt odchylenia kropeł od pionu. W związku z tym przeprowadzono odpowiednią analizę pluwiogramów, ustalając dla każdej doby termin trwania opadu w celu obliczenia czasu od jego zakończenia do pomiaru przeciętnej wartości niedosytu wilgotności powietrza, jak również przyporządkowania odpowiedniej prędkości wiatru w czasie trwania opadu. Z analizy tej wyłączono opady długotrwałe, gdy nie było możliwości ustalenia czasu między zakończeniem opadu a jego pomiarem. Pominięto też opady o małym natężeniu i niewielkiej wysokości, kiedy to zapis dokonany przez pluwiograf nie wykazywał wyraźnego początku i końca trwania opadu. Powyższą analizę przeprowadzono na przykładzie stacji Ostrów Szlachecki za 5-lecie 1970-1974. Przeanalizowano łącznie 200 dni z opadem. Po analizie zmian w niedosycie wilgotności i prędkości wiatru, podzielono każdy z wymienionych czynników, łącznie z czasem od zakończenia opadu do jego pomiaru, na dwie klasy - poniżej i powyżej mediany.

Procent opadu w danej dobie, mierzony na powierzchni gruntu w stosunku do wartości mierzonych na wysokości 1 m przyporządko-

wano w każdym z analizowanych 200 przypadków do jednej z 8 możliwości wynikających z wzajemnej kombinacji wartości niedosytu wilgotności powietrza, prędkości wiatru i czasu od zakończenia opadu do jego pomiaru (tab. 5).

T a b e l a 5

Wartość stosunku procentowego opadów mierzonych na poziomie 0 m i 1 m zestawionych w zależności od wartości niedosytu wilgotności powietrza, prędkości wiatru i czasu od zakończenia opadu od jego pomiaru

Lp.	Czynnik wpływający na wielkość różnicy			Stosunek opadu na poziomie 0 m i 1 m [%]
	niedosyt wilgotności powietrza [hPa]	prędkość wiatru [m/s]	czas od zakończenia opadu do jego pomiaru [h]	
1	1,0	1,0	6	102,2
2	1,0	1,0	18	103,8
3	1,0	3,8	6	104,5
4	1,0	3,8	18	104,7
5	4,6	1,0	6	105,5
6	4,6	1,0	18	106,2
7	4,6	3,8	6	108,0
8	4,6	3,8	18	108,2

Analizując dane z tabeli 5 można zauważyć, że wzrost wartości rozpatrywanych czynników powodował procentowy przyrost opadu na powierzchni gruntu w stosunku do wartości mierzonych na wysokości 1 m. Na przykład w przypadku 1 i 5 wzrost niedosytu wilgotności powietrza z 1,0 do 4,6 hPa przy małej prędkości wiatru i stosunkowo krótkim czasie od zakończenia opadu do jego pomiaru wpływał na wzrost opadu przy powierzchni gruntu o 3,3%, co daje przyrost o 0,9% na 1 hPa wzrostu niedosytu wilgotności. Różnica określana za pomocą testu  $t$  Studenta jest istotna na poziomie 2%. Podobnie przy dużych wartościach prędkości wiatru - 3,8 m/s i upływie dłu-

giego czasu od zakończenia opadu do jego pomiaru - 18 godzin (przypadki 4 i 8) przyrost ten wynosił 1,0% na 1 hPa, a różnica jest istotna na poziomie 2%.

Jeżeli chodzi o wpływ wiatru, to analizując przypadki 1 i 3 (tab. 5) przy małych wartościach niedosytu wilgotności i krótkim czasie od zakończenia opadu do jego pomiaru, stwierdzono wzrost różnicy o 0,8% na 1 m/s przyrostu prędkości wiatru. Istotność statystyczna różnicy była mniejsza i wynosiła tylko 10%. Natomiast przy większych wartościach niedosytu wilgotności i dłuższym czasie od zakończenia opadu do pomiaru (przypadek 8 i 6) wpływ przyrostu prędkości wiatru o 0,7% na 1 m/s okazał się nieistotny.

Czas od chwili zakończenia opadu do jego pomiaru różnicował wyniki uzyskane na poziomie 0 m i 1 m w ten sposób, że przy małych wartościach niedosytu wilgotności powietrza i prędkości wiatru obserwowano istotny przyrost różnicy opadu o 0,13% na godzinę (przypadek 1 i 2). Natomiast przy wysokich wartościach niedosytu wilgotności i prędkości wiatru, oddziaływanie tego czasu okazało się nieistotne. Również w przypadku 2 i 6, przy wzroście niedosytu wilgotności powietrza, małej prędkości wiatru i długim czasie od zakończenia opadu do jego pomiaru, zaznaczył się istotny wzrost względnej sumy opadów na powierzchni gruntu w stosunku do wysokości na 1 m, wynoszący 0,7 na 1 hPa niedosytu wilgotności powietrza. Różnica jest istotna na poziomie 10%.

W przypadkach 1 i 8 zdecydowany wzrost rozpatrywanych czynników zwiększył zróżnicowanie stosunku procentowego opadów na poziomie 0 m i 1 m o 6%. Istotność różnic była wysoka, gdyż wynosiła 0,5%. Natomiast wydzielając trzy klasy czynników - niższą, średnią i najwyższą - otrzymano istotne zróżnicowanie w wysokości opadów mierzonych na powierzchni gruntu w stosunku do mierzonych na wysokości 1 m, wynoszące odpowiednio 101,7%, 104,6% i 110,0%.

W opracowaniu nie zajmowano się zasadniczo stratami opadu na zwilżanie deszczomierza. Oszacowano je tylko w sposób następujący: według Chomicza [3], suma strat na zwilżanie deszczomierza w okresie wegetacyjnym (IV-X), stanowiąca 33,45 mm przy 217 pomiarach, wynosi 0,154 mm na jeden przypadek opadu. Przyjmując za Olechnowicz-Bobrowską [9] dla okolic Krakowa i Bochni 90 dni z opadem i na podstawie analizy pluwiogramów 135 przypadków opadu za okres IV-X, otrzymamy straty około 20,8 mm w okresie wegetacyjnym, co - wobec przeciętnej wysokości opadu wynoszącej za wspomniany okres



dla obu miejscowości w przybliżeniu 500 mm - stanowi 4,2%. O taką sumę należy też zwiększyć orientacyjnie procentową wartość opadu na powierzchni gruntu w stosunku do wartości opadu na poziomie 1 m.

Rzeczywisty opad dochodzący w okresie wegetacyjnym do powierzchni gleby nie pokrytej roślinami w badanych miejscowościach waha się więc w granicach 108-110% opadu pomierzonego. W przypadku gleby porośniętej roślinnością sumę tę należy odpowiednio zmniejszyć o wartość intercepcji.

### WNIOSKI

Przeprowadzona analiza 10-letnich materiałów obserwacyjnych pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Opady mierzone na powierzchni gruntu były w okresie wegetacyjnym (IV-X) większe o 4,0-5,4% od sumy opadu mierzonej na wysokości 1 m nad powierzchnią gruntu. Wartości te są jedne z najniższych w polskiej literaturze dotyczącej tego zagadnienia.

2. Największego zróżnicowania opadu na rozpatrywanych wysokościach należy spodziewać się przy małej sumie opadów. W miarę wzrostu wysokości opadów różnice te są coraz mniejsze.

3. Przy opadach niskich (w granicach do 1,0 mm) stwierdzone duże różnice mogą wynikać z niedokładności pomiaru, a otrzymane wyniki nie mają praktycznego znaczenia przy sporządzaniu bilansu wodnego atmosfery lub wilgotności gleby.

4. Przyrost niedosytu wilgotności powietrza o 1 hPa powodował zwiększenie różnicy o 0,7-0,8% opadu na powierzchni gruntu w stosunku do wysokości mierzonej na poziomie 1 m, a wzrost prędkości wiatru o 1 m/s wywoływał odpowiedni przyrost tej wartości o 0,8%. Stwierdzono istotną różnicę opadu wynoszącą 0,13% na godzinę, spowodowaną wpływem czasu od chwili zakończenia opadu do jego pomiaru.

### LITERATURA

1. Bac S.: Wpływ sposobu pomiaru do oznaczenia wysokości opadu. *Prz. Meteor. i Hydrol.*, 1951.
2. Chomicz K.: Struktura opadów atmosferycznych w Polsce. *Pr. PIHM*, 101, 1967.

3. Chomicz K.: Opady rzeczywiste w Polsce (1931-1960). Prz. geof., 1, 1976.
4. Jaworski J.: Rzeczywisty a wskaźnikowy opad atmosferyczny wzlewni górnej Wilgi. Prz. geof., 3-4, 1979.
5. Kuźniar K.: Wstępne wyniki badań kształtowania się wysokości opadów atmosferycznych na kilku poziomach dokonywanych pomiarów. Zesz. nauk. WSR w Krakowie, Melior., 1, 1963.
6. Kuźniar K., Mieczyski J.: Określenie ilości opadów na poszczególnych poziomach dokonywanych pomiarów. Prz. geof., 1, 1977.
7. Koschmieder H.: Methoden und Ergebnisse definierten Regenmessungen. III Hydrog. Konf. der Balt, Staat 1930.
8. Molga M.: Meteorologia rolnicza. PWRiL, Warszawa 1958.
9. Olechnowicz-Bobrowska B.: Rozkład dni z opadem w Polsce. Prz. geof., 4, 1968.

Эмиль Паселя, Тадеуш Загора

ФОРМИРОВАНИЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА УРОВНЕ 0 И 1 М  
НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ПОЧВЫ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Р е з ю м е

В вегетационный период 10-летия 1970-1979 гг. в агрометеостанциях Острув Шляхецки около г. Бохни и Жонска около г. Кракова проводились измерения величины атмосферных осадков на уровне 0 и 1 м над поверхностью почвы. В 97,5% случаев в Острове Шляхецком и в 94,2% случаев в Жонске суммы осадков были равными или ниже, чем у поверхности почвы. Наиболее частые разницы составляли 0,1-0,4 мм. Суммы осадков у поверхности почвы составляли в среднем за рассматриваемое десятилетие 104,0% в Острове Шляхецком и 105,4% в Жонске по отношению к осадкам измеряемым на уровне 1 м.

Прирост дефицита влажности воздуха на 1 гПа вызывал увеличение разницы в сумме осадков на 0,7-0,9%, а повышение скорости ветра на 1 м/сек - соответственное увеличение на 0,8%. Влияние времени с момента окончания осадков до их измерения составляло 0,13% в час.

Emil Pasela, Tadeusz Zawora

FORMATION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATIONS AT THE LEVEL  
OF 0 AND 1 M ABOVE SOIL SURFACE IN THE GROWING SEASON

S u m m a r y

Atmospheric precipitations at the level of 0 and 1 m above soil surface were measured at the meteorological stations Ostrów Szlachecki near Bochnia and Rzęska near Cracow. The measurements were carried out in the growing season of the decade 1970-1979. Precipitations at the level of 1 m were equal to or lower than those at the soil surface level in 97.5% of cases at Ostrów Szlachecki and in 94.2% of cases at Rzęska. Most frequent differences amounted to 0.1-0.4 mm. An average precipitation sum at the soil surface level amounted in the decade in question at Ostrów Szlachecki to 104.0% and at Rzęska to 105.4% of precipitations measured at the level of 1 m above soil surface.

The increment of 1 hPa of the air moisture saturation deficit resulted in an increase of the precipitation difference by 0.7-0.9%, whereas the wind velocity increase by 1 m/sec resulted in an increase of the precipitation difference by 0.8%. The time effect from the precipitation end to its measurement amounted to about 0.13% per hour.