

*Krzysztof Klamkowski, Waldemar Treder, Anna Tryngiel-Gać, Katarzyna Wójcik*

**WPLYW ILOŚCI I INTENSYWNOŚCI OPADÓW  
NA ZMIANY WILGOTNOŚCI GLEBY  
W SADZIE JABŁONIOWYM**

***IMPACT OF QUNTITY AND INTENSITY  
OF PRECIPITATION ON CHANGES IN SOIL WATER  
CONTENT IN AN APPLE ORCHARD***

**Streszczenie**

W warunkach klimatycznych Polski opady atmosferyczne są podstawowym źródłem wody dla roślin. Ilość i intensywność oraz rozkład opadów mają wpływ na wilgotność gleby. W przypadku dużej ilości lub nadmiernej intensywności opadów część wody może przenikać poza zasięg systemu korzeniowego lub jest odprowadzana z pola jako spływ powierzchniowy. W dwuletnich badaniach (2009-2010) prowadzono pomiary wielkości i intensywności opadów oraz wilgotności gleby w sadzie jabłoniowym zlokalizowanym w Skierniewicach. Całkowita suma opadów w latach 2009 i 2010 była wyższa od średniej z wielolecia. Także rozkład opadów w poszczególnych miesiącach był bardzo nierównomierny. Średnio w czasie sezonu wegetacyjnego (maj - wrzesień), aby utrzymać zawartość wody w glebie (w profilu 0-40 cm) na stałym poziomie, tygodniowa suma opadów nie mogła być niższa niż 13-14 mm. Efektywność opadów uzależniona była od sposobu utrzymania gleby w sadzie. W przypadku gleby bez okrywy (ugór herbicydowy) najwyższą efektywność zarejestrowano dla opadów o natężeniu 2-10 mm h<sup>-1</sup>. Dla gleby ściółkowanej (zrębki) deszcze o intensywności od 2 do 5 mm h<sup>-1</sup> miały najmniejszą efektywność. Opady o wysokiej intensywności (>10 mm h<sup>-1</sup>) powodowały większy wzrost wilgotności w glebie ściółkowanej niż bez okrywy. Efektywność opadów była uzależniona także od początkowej zawartości wody w glebie. Wraz ze wzrostem wilgotności gleby efektywność opadu gwałtownie się obniżała.

**Słowa kluczowe:** zawartość wody, pomiar wilgotności, efektywność opadów

### Summary

*Quantity, intensity and seasonal distribution of precipitation have an indubitable impact on soil moisture. Precipitation water could be used by plants only when percolates into soil and is retained as capillary water. In case of excessive amount or intensity of rain, part of water percolates below the root system level or runs off at soil surface. During two years of experiment (2009-2010) quantity and intensity of precipitation were observed and analyzed. Daily and weekly measurements of soil water content were done to assess the impact of intensity and quantity of precipitation on soil moisture changes in apple orchard. Total rainfalls for years 2009 and 2010 were higher from the multi-year average. Also, the temporal distribution of precipitation differed within and between the analyzed years, however, the amount of rainfall collected during the vegetative period (May-September) constituted more than 50% of the total yearly precipitation. The results showed low efficiency of small rains. On average, during the vegetative period, minimal precipitation necessary to keep the soil water content at a stable level was 13-14 mm during a week. Efficiency of precipitation depended on the soil surface maintaining system. In case of soil maintained as a chemical fallow the highest efficiency was recorded for rains of intensity 2-10 mm h<sup>-1</sup>. Medium intensity rains (2-5 mm h<sup>-1</sup>) were least efficient for soil covered with wood chip mulch. In case of stormy rains (>10 mm h<sup>-1</sup>) a higher increase in moisture was recorded in plots with mulched soil surface compared to control ones (without mulching). Precipitation efficiency also depended on initial soil moisture. Precipitation efficiency was decreasing, along with the soil moisture increase.*

**Key words:** precipitation efficiency, soil moisture, capacitance probe

### WSTĘP

Klimat Polski charakteryzuje się stosunkowo dużą zmiennością przebiegu temperatury i wysokości opadów. Średnie opady w Polsce szacowane są na poziomie ok. 600 mm, z czego niemal 2/3 to opady półrocza letniego [Bac, Rojek 1979; Ziernicka-Wojtaszek 2006]. Według Słowika [1973] dla zapewnienia drzewom owocowym odpowiedniej ilości wody niezbędne są roczne opady w granicach 700-800 mm, co wskazuje na fakt, iż na przeważającej powierzchni kraju występują niedobory opadów [Treder 1998].

W warunkach klimatycznych Polski opady atmosferyczne są podstawowym źródłem wody dla roślin. Ilość i intensywność oraz rozkład opadów mają wpływ na wilgotność gleby. Według Drupki [1993] najbardziej korzystne dla roślin są opady o niskiej intensywności (do 2-3 mm h<sup>-1</sup>). Bac i Rojek [1979] podnoszą tę wartość do 4 mm h<sup>-1</sup>. W przypadku dużej ilości lub nadmiernej intensywności opadów część wody może przenikać poza zasięg systemu korzeniowego lub jest odprowadzana z pola jako spływ powierzchniowy [Ballif 1995].

Według Chudeckiego i współautorów [1971] niewielkie opady (poniżej 2,5 mm dziennie) nie wpływają na wilgotność gleby. Świącicki [1981, za Rode 1963] podaje, że opady, których suma w ciągu doby jest mniejsza niż 5 mm nie

mają znaczenia dla życia roślin – część wody niemal natychmiast odparowuje, pozostała zwilża tylko wierzchnie warstwy gleby. Inne kryterium efektywności zaproponował Drupka [1976]. Według tego autora tylko opady większe niż dobowe wartości ewapotranspiracji potencjalnej mogą być uwzględniane jako znaczące w bilansie wodnym gleby.

Jednym ze sposobów pielęgnacji gleby w uprawach sadowniczych jest ściółkowanie materiałami syntetycznymi lub organicznymi. Wielu autorów wykazało, że ściółki korzystnie wpływają na żyzność gleby (ściółki organiczne), ograniczają rozwój chwastów, przeciwdziałają erozji i stabilizują wahania temperatury gleby [Elmer, Ferrandino 1991; Kęsik, Maskalaniec 2004; Kulesza 1994; Treder i in. 2004]. Ponadto ściółkowanie powoduje zwiększenie dostępności wody dla roślin poprzez ograniczenie strat spowodowanych jej parowaniem [Locascio, Thompson 1960; Treder i in. 2004]. Warstwa ściółki utrudnia przenikanie wody do gleby przez co ogranicza sływ powierzchniowy i wymywanie składników mineralnych z gleby. Z drugiej jednak strony może stanowić barierę dla opadów (szczególnie o niewielkiej intensywności), zmniejszając ich efektywność poprzez ograniczenie penetracji wody w głąb profilu glebowego [Choi i in. 2003; Elmer, Ferrandino 1991].

Celem badań była ocena wpływu ilości i intensywności opadów na zmiany wilgotności gleby w sadzie jabłoniowym zlokalizowanym w centralnej Polsce, z uwzględnieniem sposobu uprawy gleby (ściółkowanie).

## **MATERIAŁ I METODY**

Badania prowadzono w latach 2009-2010 w sadzie posadzonym na glebie płowej o składzie mechanicznym piasku gliniastego w warstwie ornej (Sad Pomologiczny Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa im. Szczepana Pieniążka w Skierniewicach) (tab. 1). Obserwacje i pomiary wykonywano w kwaterze gdzie znajdowały się 8-letnie jabłonie odmiany 'Gala'/M.9 posadzone w rozstawie 4 x 1,2 m. Gleba w sadzie była utrzymywana w ugorze herbicydowym. Część drzew rosła w glebie pokrytej ściółką (warstwa zrębków grubości 20 cm, rozsypana na szerokość 1,5 m).

Ilość oraz intensywność opadów mierzono za pomocą automatycznej stacji meteorologicznej iMETOS (Pessl Instruments, Austria). Opady rejestrowano z częstotliwością co 60 min. przy minimalnej rozdzielczości pomiaru 0,2 mm. W oparciu o mierzone parametry klimatyczne stacja wylicza również wartości ewapotranspiracji referencyjnej (ET<sub>o</sub>) z wykorzystaniem modelu Penman-Montheith'a.

Pomiary zawartości wody w glebie wykonywano od początku maja do końca września dwiema metodami. Ciągłą rejestrację zmian wilgotności gleby prowadzono za pomocą umieszczonych co 10 cm w głąb profilu glebowego 4 sond pojemnościowych EC-5 (Decagon Devices, USA). Sondy były zintegro-

wane ze stacją meteorologiczną, co umożliwiło automatyczny zapis wyników pomiarów (co godzinę) oraz ich transmisję do terminala odbiorczego (poprzez sieć internetową). Ponadto raz w tygodniu wykonywano pomiary zawartości wody w glebie przy wykorzystaniu miernika Diviner 2000 (Sentek Sensor Technologies, Australia). Konstrukcja miernika umożliwia pomiar wilgotności na wybranych poziomach w profilu glebowym. Pomiary wykonuje się przesuwając sondę typu FDR (frequency-domain reflectometry) poprzez przygotowany uprzednio kanał dostępowy, który stanowi umieszczona w glebie rura PCW o średnicy 50 mm. Sonda automatycznie mierzy wilgotność gleby i rejestruje wyniki pomiarów co 10 cm. Pomiary prowadzono do głębokości 40 cm. Oba typy sond użyte w doświadczeniu były skalibrowane przy pomocy wzorców przygotowanych dla gleb mineralnych (dokładność odczytu  $\pm 3\%$  wilgotności objętościowej).

Doświadczenie przygotowano w 3 powtórzeniach (po 3 stanowiska z zamontowanymi sondami lub rurami dostępowymi w glebie bez okrywy lub ściółkowanej), przy czym maksymalna odległość kwater, na których zamontowano sondy od stacji meteorologicznej nie przekraczała 50 metrów. Zmiany zawartości wody w glebie w okresach tygodniowych obliczano na podstawie różnic zawartości wody na końcu i początku analizowanego okresu [Treder, Konopacki 1999]. Efektywność opadów o różnym natężeniu analizowano rejestrując zmiany zawartości wody w glebie (wyrażone w mm w warstwie 0 – 40 cm) w okresie 24 h od momentu ich wystąpienia. Opady sklasyfikowano według następujących założeń: opad normalny ma intensywność do  $5 \text{ mm h}^{-1}$  (w pracy nie uwzględniano opadów o intensywności poniżej  $2 \text{ mm h}^{-1}$ ), opad silny od  $5$  do  $10 \text{ mm h}^{-1}$ , opad ulewny ponad  $10 \text{ mm h}^{-1}$  [na podst. Radomski 1979]. Do analizy wybierano dni, w których zarejestrowano pojedyncze opady o żądanym natężeniu, lub gdy ich udział w sumie opadów dobowych przekraczał 80% [Treder, Konopacki 1999]. Z uwagi na niewielką liczbę zarejestrowanych opadów o natężeniu powyżej  $10 \text{ mm h}^{-1}$ , analizę statystyczną dla efektywności opadów wykonano przy różnej liczbie powtórzeń.

**Tabela 1.** Zawartość wody w glebie [% obj.] przy różnych wartościach potencjału wody  
**Table 1.** Soil moisture [% vol.] at different levels of water potential

Warstwa gleby	Gęstość objętościowa [g cm <sup>-3</sup> ]	pF 2	pF 2,85	pF 3,2	pF 4.2
15-20	1,55	22,23	18,75	16,95	13,78
40-45	1,62	27,55	24,5	22,9	19,65

## WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę opadów w poszczególnych miesiącach okresu objętego badaniami. Całkowita suma opadów zarówno w roku

2009 jak i 2010 była wyższa od średniej wieloletniej (1979-2005) odpowiednio o ok. 5 i 12%. Według klasyfikacji zaproponowanej przez Kaczorowską [1962], pod względem ilości opadów rok 2009 można określić jako „przeciętny” a 2010 jako „wilgotny”. Rozkład opadów w poszczególnych miesiącach był bardzo nierównomierny. Generalnie od stycznia do kwietnia 2009 i 2010 roku rejestrowano mniejsze ilości opadów w porównaniu ze średnią z wielolecia. Wyraźne zróżnicowanie zaznaczyło się w kolejnych miesiącach. W roku 2009 znaczne przekroczenie średniej wieloletniej obserwowano w czerwcu (o ok. 60%), lipcu oraz miesiącach jesiennych. W roku 2010 jako miesiące „mokre” można zakwalifikować maj (suma opadów większa o ok. 148% od średniej z wielolecia), sierpień, wrzesień oraz listopad.

Porównując okresy maj – wrzesień można stwierdzić wyraźne zróżnicowanie wielkości opadów w poszczególnych latach. W roku 2010 suma opadów za ten okres była o ponad 99 mm większa niż w 2009 (w skali całego roku różnica ta wynosiła tylko ok. 34 mm). Należy przy tym zaznaczyć, że w obydwu latach ilość opadów zarejestrowana w okresie maj - wrzesień stanowiła ponad 50% całkowitej rocznej sumy opadów.

**Tabela 2.** Średnie dobowe wartości ewapotranspiracji referencyjnej (ET<sub>o</sub>) oraz miesięczne sumy opadów w Sadzie Pomologicznym w Skierniewicach w latach 2009-2010

**Table 2.** Average values of reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and distribution of precipitation in the experimental orchard in Skierniewice for 2009-2010

Rok	Miesiąc												Okres	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	V-IX	I-XII
	Opady [mm]												Suma	
2009	14,4	16,4	30,4	9,2	45,6	108,4	91,2	39,2	25,6	76,2	47,2	39,2	310	543
2010	0	14,6	33	15,6	134,4	43,4	64,6	84,6	82,2	4,4	77,4	22,4	409,2	576,6
1979-2005*	26,7	24,1	36	36,7	54,2	67,7	72,4	50,2	44,5	33,8	36	33,7	289	516
	ET <sub>o</sub> [mm]												Średnia	
2009	0,1	0,2	0,7	2,4	2,7	2,6	3,2	3,1	2,3	1	0,8	0,6	2,8	1,6
2010	0,5	0,7	1,2	2,2	2,1	3,5	3,4	2,2	1,1	0,8	0,5	0,3	2,5	1,5

\*- na podstawie danych uzyskanych ze stacji meteorologicznej Instytutu, oddalonej ok. 5 km od miejsca badań

\*- on the basis of data obtained from meteorological station located approx. 5 km from the study area

Ilość i intensywność opadów mają wpływ na wilgotność gleby. Woda opadowa może być wykorzystana przez rośliny tylko wtedy gdy wsiąknie w glebę i jest w niej retencjonowana jako woda kapilarna. Tylko opady, które w znaczący sposób wpływają na bilans wodny gleby można uznać za efektywne. Jeśli podstawowym efektem opadu ma być podniesienie wilgotności gleby, to do grupy opadów znaczących (efektywnych) można zaliczyć takie, których ilość jest wyższa od dobowej wartości ewapotranspiracji potencjalnej [Drupka 1976]. Niewielkie (krótkie i intensywne) opady szczególnie w upalny dzień nie mają

znaczenia dla gospodarki wodnej gleby, zwilżają jedynie liście i pędy roślin. Wielkość przechwytywania wody przez szatę roślinną po opadzie może dochodzić do 2 mm (drzewa liściaste); w ciągu roku w ten sposób może być przechwytywane nawet 20% opadów [Kędziora 1995; Świącicki 1981].

W tabeli 3 zaprezentowano ogólną liczbę dni z opadami w analizowanym okresie, oraz liczbę dni z opadami które zostały sklasyfikowane w oparciu o dwa proponowane w literaturze kryteria: dobową sumą wyższą niż 5 mm [Świącicki 1981], dobową sumą większą niż dobową wartość ewapotranspiracji ETo [na podst. Drupka 1976, zmodyfikowane].

**Tabela 3.** Liczba i procentowy udział dni z opadami w zależności od przyjętego kryterium (okres V-IX)

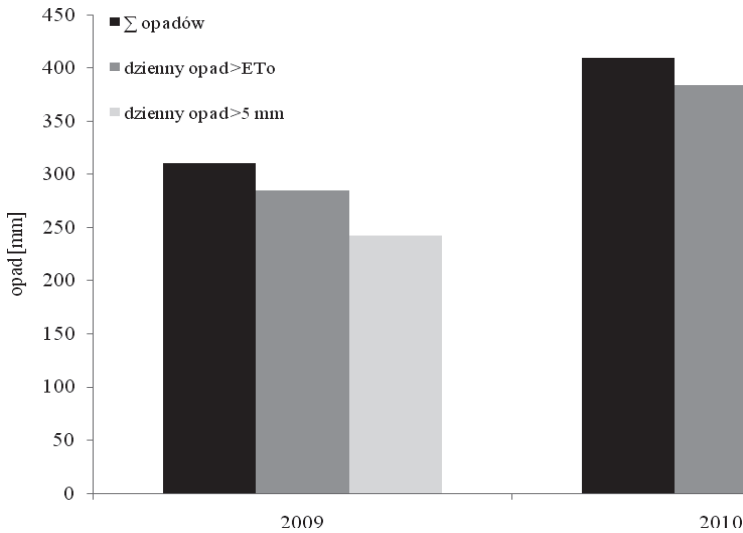
**Table 3.** Number and percentage contribution of rainy days depending on the adopted efficiency criterion (for the period V-IX)

Rok	Całkowita (dni deszczowe)		>ETo (na podst. Drupka 1976)		>5 mm dzień <sup>-1</sup> (Świącicki 1981)	
	liczba	% dni z okresu V-IX	liczba	% dni deszczowych	liczba	% dni deszczowych
2009	68	44,4	39	57,4	27	39,7
2010	80	52,3	46	57,5	30	37,5

Przyjmując różne kryteria efektywności stwierdzono znaczne różnice w liczbie dni z efektywnym opadem. W obu latach badań, dni z sumą opadów wyższą od ETo stanowiły ok. 57% wszystkich dni deszczowych. W przypadku drugiego kryterium („powyżej 5 mm na dobę”) udział ten wynosił tylko ok. 38-40%. Wyniki te są zbliżone do obserwacji poczynionych przez Tredera i Konopackiego [1999]. Autorzy ci wykazali, że liczba dni z sumą opadów przekraczającą wartość ETo (67-74%) była wyższa w porównaniu z kryterium „>5 mm” (32-51%). Powyższe wyniki wskazują, że duża część opadów była zbyt mała aby mogła być wykorzystana w trakcie szacowania bilansu wodnego gleby. Widoczne jest to także przy analizie sumarycznej wielkości opadów efektywnych (rys. 1). Sumaryczny udział opadów dziennych wyższych od ETo był stosunkowo wyrównany w latach i wynosił ok. 92-93% całkowitej sumy opadów w okresie od maja do września. Większą różnicę stwierdzono przyjmując za kryterium efektywności wartość opadu powyżej 5 mm na dobę. W 2009 udział takich opadów w odniesieniu do sumy całkowitej wynosił ok. 78%, w 2010 był wyższy o ok. 5%.

Przyjęcie kryterium „>5 mm na dobę” do oceny efektywności opadów przy tworzeniu bilansu wodnego wydaje się być zbyt restrykcyjne. Uzyskane wyniki wskazują, że wykorzystując to kryterium, w analizowanych okresach ok. 70 mm (20%) opadów należałoby uznać za nieefektywne. Jest to wartość równa lub wyższa niż średnia suma opadów za jeden miesiąc w sezonie letnim. Problem ten został także poruszony w pracy Tredera i Konopackiego [1999]. Auto-

rzy ci w bardzo „mokrym” roku 1996 (suma opadów w miesiącach V – IX wyniosła 444 mm) wykazali, że opady o wielkości powyżej 5 mm na dobę stanowiły tylko ok. 49% opadów całkowitych za ten okres. Według Tredera i Konopackiego [1999] przyczyną tego była duża liczba dni z dziennymi opadami mniejszymi niż 5 mm. Jednocześnie autorzy ci obserwowali występowanie „ciągów opadowych”, czyli dłuższych okresów czasu (kilka następujących po sobie dni), podczas których dzienna suma opadów jednak nie przekraczała 5 mm. Według Drupki (1993) ten typ opadów jest bardzo efektywny dla roślin.



**Rysunek 1.** Suma opadów w zależności od przyjętego kryterium oceny ich efektywności (okres V-IX)

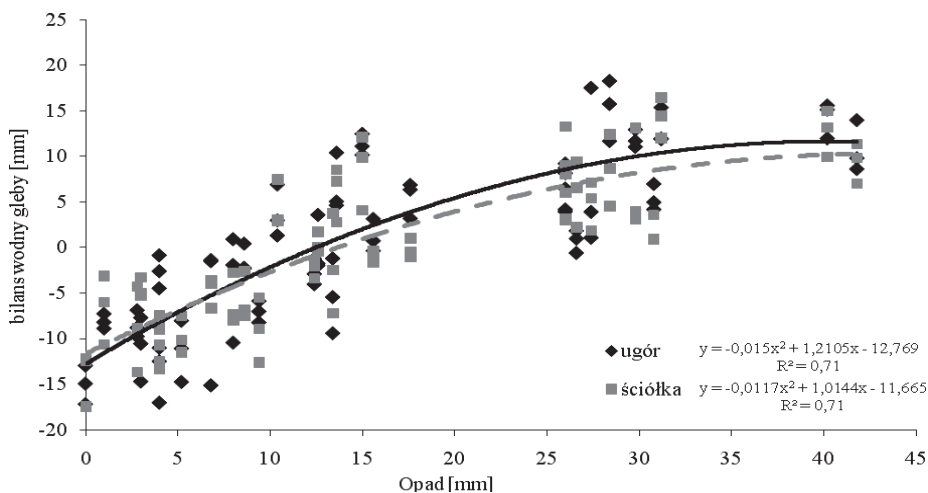
**Figure 1.** Total amounts of precipitation depending on the selected efficiency criterion (for the period V-IX)

Ogólne zmiany bilansu wodnego gleby w zależności od wielkości opadów (w okresach tygodniowych) przedstawiono na rys. 2. Zależność została wykreślona w oparciu o dane z okresu maj – wrzesień obydwu analizowanych lat. Przebieg krzywych ma zbliżony charakter zarówno dla gleby bez okrycia (ugór herbicydowy), jak również pokrytej ściółką ze zrębków. Wyniki wskazują, że średnio w analizowanym okresie czasu, aby utrzymać zawartość wody w glebie (w profilu 0-40 cm) na stałym poziomie, tygodniowa suma opadów nie mogła być niższa niż 13-14 mm. Zbliżone wartości uzyskali Treder i Konopacki [1999]. Autorzy ci prowadząc badania w tym samym obiekcie w latach 1995-1997, wykazali, że dla utrzymania stałego poziomu wilgotności gleby konieczny był całkowity opad o wartości ok. 18 mm w ciągu tygodnia.



Analizując przebieg krzywych można stwierdzić, że spadek ogólnej efektywności opadów nasilał się gdy ich ilość w ciągu tygodnia przekraczała poziom ok. 30-35 mm. Dalszy wzrost opadów nie powodował znaczącego zwiększania uwilgotnienia gleby z uwagi na nasycenie wodą. W badaniach prowadzonych przez Tredera i Konopackiego [1999] w tym samym sadzie wykazano, że ilość dostępnej wody w warstwie gleby 0-40 cm wynosiła ok. 33 mm. Według Drupki [1976] gleby lekkie są w stanie zaabsorbować ok. 30 mm opadu.

Zależność pomiędzy ilością opadów i zmianami wilgotności była zbliżona dla gleby bez okrywy (ugór herbicydowy) oraz ściółkowanej (rys. 2). Wynikać to może z warunków panujących w analizowanym okresie. W sadzie doświadczalnym, w którym prowadzono badania wilgotność gleby (zwłaszcza w kombinacji, gdzie była pokryta ściółką) przez większą część sezonu wegetacyjnego utrzymywała się na wysokim poziomie. Jak zostanie to wykazane w dalszej części pracy efektywność opadów jest silnie uzależniona od początkowej wilgotności gleby. Badania Tredera oraz współautorów [2004] prowadzone w suchych latach 2002 i 2003 (sumy opadów za V-IX wynosiły odpowiednio 285 i 223 mm) wykazały, że skuteczność ściółek w ograniczaniu strat wody jest najwyższa w początkowej fazie okresu suszy. W doświadczeniu prowadzonym przez tych autorów gleba pod ściółką zawierała więcej wody niż gleba nieściółkowana (nawet do 30% w wierzchniej warstwie).



**Rysunek 2.** Wpływ ilości opadów na zmianę bilansu wodnego gleby bez okrywy (ugór herbicydowy) lub pokrytej ściółką ze zrębków (2009-2010)

**Figure 2.** Influence of precipitation amount on change in water balance of soil maintained in chemical fallow or mulched with wood chips (2009-2010)



Ponadto korzystne oddziaływanie ściółki polegało na dłuższym utrzymaniu wilgotności gleby na poziomie wody łatwo dostępnej dla roślin w okresie wiosennym o ponad miesiąc (ograniczenie ewaporacji). Pozytywny wpływ ściółkowania gleby w przeciwdziałaniu gwałtownym wahaniom poziomu wilgotności gleby został stwierdzony także przez Choi i współautorów [2003] w sadzie brzoskwińowym oraz przez Locascio i Thompsona [1960] na plantacji truskawek.

Efektywność opadu jest uzależniona od jego intensywności. Udział opadów o różnym natężeniu przedstawiono w tabeli 4. W 2009 roku opady silne (5-10 mm h<sup>-1</sup>) stanowiły ok. 11% ogólnych opadów w okresie V - IX. Ilościowo suma opadów silnych w tym okresie wyniosła 33,2 mm. W 2010 roku ich udział był nieznacznie mniejszy (ok. 10%), jednak opady takie zarejestrowano we wszystkich miesiącach analizowanego okresu a ich suma wyniosła 42,6 mm. Udział opadów ulewnych (>10 mm h<sup>-1</sup>) w sezonie 2009 i 2010 wyniósł odpowiednio ok. 3 i 7%. Opad o najwyższym natężeniu – 16 mm h<sup>-1</sup> zarejestrowano 30 maja 2010.

**Tabela 4.** Procentowy udział opadów silnych (5-10 mm h<sup>-1</sup>) oraz ulewnych (>10 mm h<sup>-1</sup>) dla wybranych miesięcy

**Table 4.** Percentage contribution of heavy rains (5-10 mm h<sup>-1</sup>) and rainstorms (>10 mm h<sup>-1</sup>) for selected months

Rok	V		VI		VII		VIII		IX	
	5-10 mm h <sup>-1</sup>	>10 mm h <sup>-1</sup>	5-10 mm h <sup>-1</sup>	>10 mm h <sup>-1</sup>	5-10 mm h <sup>-1</sup>	>10 mm h <sup>-1</sup>	5-10 mm h <sup>-1</sup>	>10 mm h <sup>-1</sup>	5-10 mm h <sup>-1</sup>	>10 mm h <sup>-1</sup>
2009	11,8	0	0	0	23,7	0	0	26,5	24,2	0
2010	11,5	11,9	12,4	0	14,9	0	7,3	16,1	7,3	0

Największą efektywność na poletkach kontrolnych (0-40 cm, gleba bez okrywy) wykazano dla opadów o natężeniu 5-10 mm h<sup>-1</sup> (tab. 5). Nie różniła się ona istotnie w porównaniu z opadami o niższej intensywności (2-5 mm h<sup>-1</sup>). Wyraźnie mniejszą efektywność (o ok. 11%) stwierdzono natomiast dla opadów ulewnych (>10 mm h<sup>-1</sup>). Potwierdza to informacje Świącickiego [1981], dotyczące występowania zjawiska odpływu powierzchniowego. Według tego autora w polskich sadach spływ powierzchniowy jest powodowany przez deszcze o intensywności powyżej 10 mm h<sup>-1</sup>. Niską efektywność opadów ulewnych (burzowych) wykazali także Treder i Konopacki [1999].

Nieco odmienną sytuację zaobserwowano w przypadku gleby pokrytej ściółką ze zrębków. Efektywność opadów o natężeniu 2-5 mm h<sup>-1</sup> była tu wyraźnie niższa w porównaniu z kombinacją, w której gleba była utrzymywana bez okrywy. Potwierdza to założenie, że deszcze o niewielkiej intensywności mogą w mniejszym stopniu docierać do gleby, gdyż część opadu jest zatrzymywana w warstwie ściółki. Oczywiście zależy to od jej składu i grubości [Xiaoyan i in.

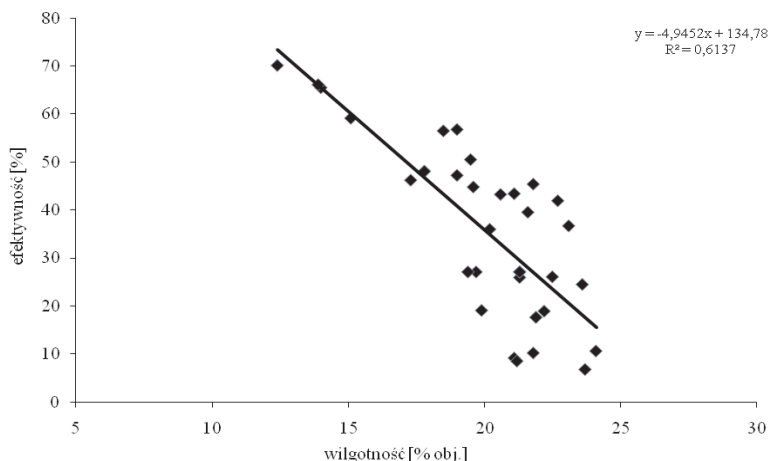
2000]. Na uwagę zasługuje tu dosyć wysoka efektywność opadów ulewnych. Świadczy to o korzystnym oddziaływaniu ściółki poprzez zatrzymywanie wody w trakcie opadów o dużej intensywności.

**Tabela 5.** Efektywność opadów [%] w zależności od ich intensywności dla gleby bez okrywy (ugór herbicydowy) lub pokrytej ściółką ze zrębków (2009-2010)  
**Table 5.** Efficiency of precipitation [%] as influenced by its intensity for soil maintained in chemical fallow or mulched with wood chips (2009-2010)

Sposób utrzymania gleby	Intensywność opadu [mm h <sup>-1</sup> ]		
	2-5	5-10	>10
Gleba bez okrywy	43,9 bc	47,6 c	36,9 ab
Ściółka ze zrębków	33,8 a	42,1 bc	43,5 bc

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy P<0,05 według testu t-Duncana

Treder i Konopacki [1999] w swoich badaniach wykazali, że efektywność opadów zależała od początkowej wilgotności gleby. Obecne badania to potwierdzają. Na rysunku 3 przedstawiono zależność pomiędzy wilgotnością początkową gleby w momencie tuż przed rozpoczęciem opadu, a jego średnią efektywnością. W okresach suszy, gdy zawartość wody w glebie była niska, efektywność opadów sięgała 70%. Wraz ze wzrostem wilgotności gleby efektywność opadu gwałtownie się obniżała. W skrajnych przypadkach, gdy gleba (0-40 cm) była niemal maksymalnie nasycona wodą, efektywność opadu wynosiła tylko kilka procent.



**Rysunek 3.** Efektywność opadów w zależności od początkowej wilgotności gleby  
**Figure 3.** Influence of initial soil moisture on efficiency of precipitation

## WNIOSKI

1. Przedstawione wyniki potwierdzają opinię o dużej zmienności opadów w klimacie Polski. Dotyczy to nie tylko zmienności pomiędzy poszczególnymi latami, ale przede wszystkim znacznych różnic w rozkładzie opadów podczas sezonu wegetacyjnego.

2. Kryterium „powyżej 5 mm na dobę” wydaje się być zbyt restrykcyjne przy ocenie efektywności opadu. Wykorzystując je w trakcie tworzenia bilansu wodnego ok. 20% opadów w trakcie sezonu wegetacyjnego należałoby zakwalifikować jako nieefektywne.

3. W analizowanym okresie, aby utrzymać zawartość wody w glebie (w profilu 0-40 cm) na stałym poziomie, tygodniowa suma opadów nie mogła być niższa niż 13-14 mm.

4. Efektywność opadu była uzależniona od jego natężenia oraz sposobu utrzymania gleby w sadzie. Największą efektywność w przypadku gleby bez okrywy (ugór herbicydowy) wykazano dla opadów o natężeniu od 2 do 10 mm h<sup>-1</sup>. Efektywność opadów o dużym natężeniu (ulewne, >10 mm h<sup>-1</sup>) była mniejsza. W przypadku gleby pokrytej ściółką ze zrębków, efektywność opadów o natężeniu do 5 mm h<sup>-1</sup> była najniższa. Dostatecznie wysoką efektywność stwierdzono natomiast dla opadów ulewnych.

5. Efektywność opadów zależała od początkowej wilgotności gleby. Wraz ze wzrostem zawartości wody w glebie efektywność obniżała się, osiągając wartości rzędu kilku procent w sytuacji niemal pełnego nasycenia gleby wodą.

6. Z uwagi na duże zróżnicowanie opadów, konieczne jest rejestrowanie zarówno ich sumy jak i natężenia. Bezpośrednie uwzględnienie wszystkich opadów przy obliczaniu bilansu wodnego gleby może być przyczyną zawyżania poziomu zużycia wody przez rośliny. Niezbędne jest opracowanie i stosowanie współczynników efektywności opadów uwzględniających ich charakterystykę.

*Opisane badania były prowadzone w ramach projektu PROZA finansowanego z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej, grant nr UDA-POIG.01.03.01-00-140/08-00.*

## BIBLIOGRAFIA

- Bac S., Rojek M. *Meteorologia i klimatologia*. PWN, Warszawa, 1979, s. 74-78.
- Ballif J.L. Runoff water and infiltration of a viticultural soil in Champagne. Results of mulching with municipal compost and crushed bark 1985-1994. *Progres Agricole et Viticole*, 112, 1995, s. 534-544.
- Choi D.G., Choi D.C., You D.H., Kim H.G., Ryu J., Oh S.D. *Effect of rainfall interception on soil moisture, tree sap flow, and fruit quality in peach (Prunus persica)*. *Acta Hort.*, 620, 2003, s. 197-202.

- Chudecki Z., Duda L., Koźmiński C. *Wpływ wielkości opadów atmosferycznych na zmiany uwilgotnienia gleby lekkiej na terenie RZD Lipki*. Zesz. Nauk. WSR w Szczecinie, 37, 1971, s. 47-68.
- Drupka S. *Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni*. PWRiL, Warszawa, 1976, s. 103-122.
- Drupka S. *Jak podlewać?*. PZD, Warszawa, 1993.
- Elmer W.H., Ferrandino F.J. *Early and late-season blossom-end rot of tomato following mulching*. Hort. Sci., 26, 1991, s. 1154-1155.
- Kaczorowska Z. *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. Prace Inst. Geogr. Warszawa., 1962.
- Kędziora A. *Podstawy agrometeorologii*. PWRiL, Poznań, 1995, s. 149-187.
- Kęsik T., Maskalaniec T. *Wpływ ściółkowania na zawartość składników mineralnych w glebie i liściach truskawki*. Rocz. AR Poznań, CCCLVI, Ogr., 37, 2004, s. 87-93.
- Kulesza W. *Wpływ siedliska oraz mulczowania gleby korą na plonowanie truskawek w drugim roku użytkowania plantacji*. XXXIII Ogóln. Konf. Nauk. Sad. Olsztyn., 1994, s. 330-332.
- Locascio S.J., Thompson B.D. *Strawberry yield and the soil nutrient levels as affected by fertilizer rate, type of mulch and time of application*. Proc. Fla. St. Hort. Soc., 73, 1960, s. 172-179.
- Radomski C. *Agrometeorologia*. PWRiL, Warszawa, 1979, s. 230-239.
- Słowik K. *Wpływ nawadniania i nawożenia na wzrost i owocowanie roślin sadowniczych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 2, 1973, s. 59-67.
- Święcicki Cz. *Gleboznawstwo melioracyjne*. PWN, Warszawa, 1981, s. 218-228.
- Treder W. *Stosowana technika i uzyskana efektywność nawadniania jabłoni w Polsce*. W: Sadownictwo w krajach środkowo-wschodniej Europy, Lublin, 1998, s. 223-231.
- Treder W., Klamkowski, Mika A., Wójcik P. *Response of young apple trees to different orchard floor management systems*. J. Fruit Ornament. Plant Res., 12, 2004, s. 113-123.
- Treder W., Konopacki P. *Impact of quantity and intensity of rainfall on soil water content in an orchard located in the central part of Poland*. J. Water Land Dev., 3, 1999, s. 47-58.
- Xiaoyan L., Jiadong G., Qianzhao G., Xinghu W. *Rainfall interception loss by pebble mulch in the semiarid region of China*. J. Hydrol., 228, 2000, s. 165-173.
- Ziernicka-Wojtaszek A. *Zmienność opadów atmosferycznych na obszarze Polski w latach 1971-2000*. Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego, IGI GP UJ, 2006, s. 139-148.

Dr Krzysztof Klamkowski  
Prof. dr. hab. Waldemar Treder  
Mgr Anna Tryngiel-Gać  
Mgr Katarzyna Wójcik  
Samodzielna Pracownia Nawadniania i Upraw Roślin pod Osłonami  
Instytut Ogrodnictwa  
96-100 Skierniewice, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3  
tel. 46 8345238 e-mail: Krzysztof.Klamkowski@insad.pl

Recenzent: Prof. dr. hab. Jacek Żarski