

ANNA KLAMERUS-IWAN

Intercepcja potencjalna zraszanego drzewa w zależności od gatunku i zmian zachodzących w czasie pojedynczego deszczu*

Potential interception of sprayed tree in relations to tree species and changes occurring during single rainfall

ABSTRACT

Klamerus-Iwan A. 2014. Intercepcja potencjalna zraszanego drzewa w zależności od gatunku i zmian zachodzących w czasie pojedynczego deszczu. Sylwan 158 (11): 860-866.

The concept of potential interception is used to determine maximum amount of water that can be retained by the surface of all parts of a sprayed tree. The word 'potential' is supposed to emphasize the fact that 'maximum interception' is not a constant value. For each individual rainfall it may assume a different value. Potential interception values depend each time on rainfall intensity and drop size. Nevertheless, formulas describing the influence of species specifics of trees and other characteristics of surface are still being searched for. It is also being indicated that some characteristics may demonstrate a certain dynamics related to time of exposure to factors capable of modulating these characteristics.

KEY WORDS

interception, canopy storage capacity, tree species, rain duration

ADDRESSES

Anna Klamerus-Iwan – e-mail: annaklamerus.iwan@gmail.com

Katedra Inżynierii Leśnej; Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

Wstęp

Obserwacje dotyczące wpływu cech gatunkowych na zdolność zatrzymywania wody często mają charakter bardziej hipotetyczny niż udokumentowanych wyników badań. Na przykład głoszony jest pogląd, że lasy iglaste przepuszczają przez korony mniej wody deszczowej niż lasy liściaste. Uzasadnia się to między innymi tym, że po powierzchni zwilżonych liści woda stosunkowo łatwo spływa, natomiast na końcach igieł zatrzymuje się w postaci kropeł. Zagadnienie jest tym trudniejsze do analizy, że intercepcja po pojedynczym opadzie deszczu jest stosunkowo mała – na przykład Rutter i in. [1975] określili możliwości saturacyjne koron drzew liściastych i iglastych na 0,5-2 mm. Keim [2004] podaje, że zdolność korony do zatrzymywania wody można traktować jako wartość stałą tylko dla pojedynczego opadu deszczu, kolejne opady mogą tę zdolność modulować. Trudno natomiast rozstrzygnąć, czy jest to wpływ początkowego zwilżenia powierzchni, nazwanego intercepcją początkową [Suliński 1993], czy też wynikiem zmian właściwości „przylepności deszczowej” zachodzących z czasem na powierzchni roślin wskutek zwilżenia, co stwierdza się w przypadku powierzchni martwych części roślin [Kucza 2007].

Celem prezentowanych badań jest ustalenie, w jakim stopniu na maksymalną ilość wody, jaka może zatrzymać się na drzewie po pojedynczym opadzie deszczu, wpływają cechy gatunkowe, a w jakim stan ich powierzchni zmieniający się w czasie trwania doświadczenia.

*Praca zrealizowana dzięki wsparciu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach grantu promotorskiego Nr N N30929823.

Material i metody

Zaplanowane doświadczenia wykonano na pięciu gatunkach żywych drzewek oraz dwóch makietach symulujących gatunki iglaste i liściaste. Do badań wybrano 5 gatunków drzew o wysokości do 1 m, a ich powierzchnię precyzyjnie zmierzono według opracowanej metodyki [Klamerus-Iwan 2010]. Pomiaru intercepcji przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku pomiarowym [Klamerus-Iwan i in. 2013]. Na zainteresowanie tym tematem miały wpływ rozbieżne wyniki badań. Crockford i Richardson [2000] uznali gatunkową zdolność korony do zatrzymywania wody za kluczową cechę wpływającą na wielkość intercepcji. Natomiast w badaniach Bryanta i in. [2005], po przeanalizowaniu strat na intercepcję w drzewostanach różniących się pod względem gatunkowym, wyciągnięto wniosek, że straty te są bardzo podobne.

Użycie do badań makiet symulujących drzewa podyktowane było koniecznością poznania procesu intercepcji na powierzchniach niezmiennych swoich właściwości fizycznych wskutek zwilżania wodą, zarówno w czasie trwania pojedynczego deszczu, serii pomiarowych, jak i cykli badawczych. Tak zaplanowane doświadczenia powinny pozwolić na bardziej wnikliwą obserwację procesu intercepcji i wyselekcjonowanie czynników, które mogą jakościowo i ilościowo wpływać na jej przebieg. Materiał, z jakiego wykonano makiety drzew, był praktycznie nienasiąkliwy dla wody. Wyniki doświadczeń z udziałem makiet drzew liściastych i iglastych posłużyły również jako wartości kontrolne i porównawcze dla wartości intercepcji uzyskanych na żywych drzewkach. Na każdej z makiet wykonano pełne cykle doświadczeń. Każdy cykl składał się z 15 pojedynczych przebiegów doświadczeń (3 zmiany rozmiaru kropel: 0,45, 0,50, 0,60 mm; dla każdego rozmiaru kropel zmieniono 5 razy natężenie opadu deszczu: 5, 10, 15, 20, 25 mm/h). Badania w warunkach laboratoryjnych, ale ze znacznie wyższymi natężeniami symulowanego opadu, wykonywał również Keim [2006]. Ilość zatrzymanej wody odnosił do jednostki biomasy wyrażonej w gramach i wskaźnika powierzchni listowia LAI.

Ważnym założeniem przy wykonywaniu badań zarówno na makietach, jak i żywych drzewkach było utrzymywanie w laboratorium stałej temperatury i wilgotności. Przyjęto, że podczas wykonywania doświadczeń temperatura powietrza w laboratorium powinna mieścić się w granicach 19-23°C przy wilgotności względnej 20-25%. Obydwa parametry zewnętrzne w czasie trwania doświadczeń były rejestrowane przez termohydrograf.

Po wykonaniu cykli badań na makietach drzew badania kontynuowano według przyjętej metodyki na żywych drzewkach pobranych z naturalnych siedlisk leśnych. Doświadczeniem zmierzającym do poznania procesów intercepcyjnych poddano pięć głównych gatunków lasotwórczych dla polskiej strefy klimatycznej. Badaniami objęto dąb i sosnę zwyczajną pobrane z Nadleśnictwa Niepołomice oraz jodłę, świerk i buk z Nadleśnictwa Myślenice. Drzewka do badań miały do 1 metra wysokości i prawidłowo rozwiniętą koronę. Pobierano je z bryłą ziemi, wsadzano do odpowiednio dużych donic i regularnie podlewano. Po upewnieniu się, że ich procesy życiowe nie zostały zahamowane, rozpoczynano pomiary.

Porównywalność otrzymanych wyników można było uzyskać, zakładając, że przed każdym pojedynczym doświadczeniem badane drzewka mają podobny „stan wilgotności”. To wymagało zapewnienia niezmiennych warunków otoczenia drzewek w czasie ich wysychania między kolejnymi przebiegami doświadczenia. Sprawdzone doświadczalnie, że w warunkach laboratoryjnych rośliny wysychały po jednej dobie.

Powierzchnię badanych drzewek oraz makiet określono w kilku etapach. Posłużono się zarówno bezpośrednim pomiarem suwmiarką i ważeniem pędów, jak również pośrednimi metodami

pomiaru na obrazach powstałych ze skanowania lub fotografiach w odpowiednio dobranej skali. Analizę obrazów wspomagano techniką komputerową. Pomiary prowadzono osobno dla poszczególnych części drzewek (tab.).

Intercepcja potencjalna określa maksymalną ilość wody, jaką może zatrzymać powierzchnia wszystkich części zraszanego drzewka. Termin „potencjalna” podkreśla fakt, że „intercepcja maksymalna” nie jest wartością stałą i dla każdego pojedynczego opadu deszczu może przybierać inną wartość. Wartości intercepcji potencjalnej zależą każdorazowo od natężenia deszczu i rozmiaru kropeł. W niniejszej pracy starano się ustalić, jak bardzo na tę wartość wpływają cechy gatunkowe.

Wartości intercepcji potencjalnej I_p oraz czas T niezbędny do jej osiągnięcia odczytywano z krzywej przebiegu intercepcji w każdej minucie trwania zraszania $I_{rz} = f(t)$. Po czasie T dalsze zraszanie nie powodowało już przyrostów masy wody mierzonej na wadze, jej wartości oscylowały wokół wartości odpowiadającej intercepcji potencjalnej I_p .

Wyniki i dyskusja

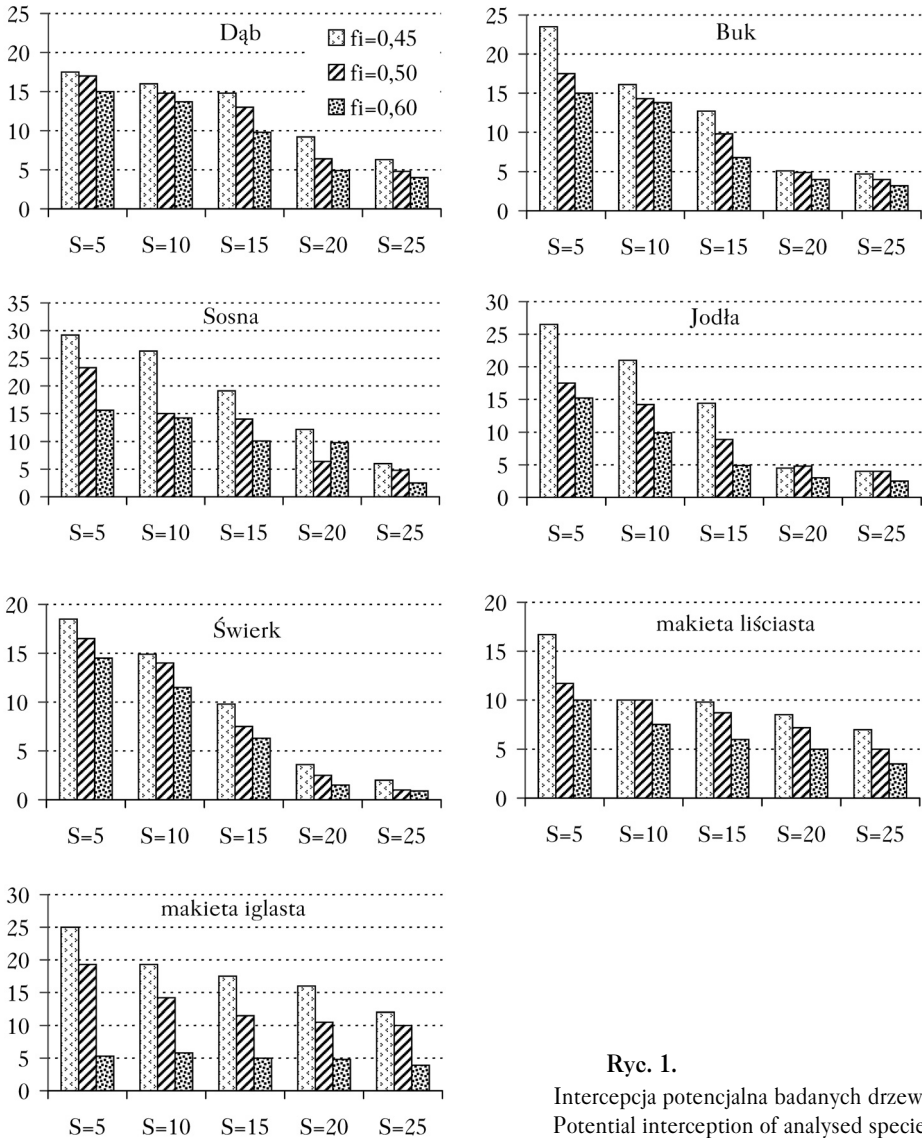
Rozkład intercepcji I_p przypadającej na jednostkę powierzchni wyraźnie wskazuje na to, że zróżnicowanie gatunkowe intercepcji potencjalnej I_p jest znikome (ryc. 1). Grubsze gałązki zatrzymywały *ceteris paribus* więcej wody niż cienkie (ryc. 2). Jeśli weźmie się pod uwagę proporcje powierzchni gałązek do powierzchni listowia, dla badanych gatunków drzewek jest to zaledwie 10%, dla dębu 17% (tab.). W odniesieniu do intercepcji zbiorowisk leśnych powyższe zależności badali Osuch [1998] oraz Osuch i in. [2005, 2005a].

Analizując wyniki doświadczenia, można odnieść się do idei „współczynnika przylepności deszczowej” sformułowanej przez Czarnowskiego [1978]. Jest to zintegrowany współczynnik ujmujący właściwości sorpcyjne powierzchni drzewa i traktowany jako cecha gatunkowa. Suliński [1993] po przebadaniu sprawności wzoru na intercepcję potencjalną dla różnych drzewostanów wzrastających w odmiennych warunkach geograficznych nie wykluczył wprawdzie gatunkowego charakteru „przylepności deszczowej”, lecz jednocześnie zauważył, że intercepcja maksymalna drzewostanu może być w większym stopniu związana z warunkami geograficznymi. Natężenie deszczu i jego częstotliwość są zależne również od wystawy stoku [Feliński i in. 1996]. Do czynników określających stan powierzchni roślin mających znaczenie dla intercepcji zaliczany jest również stopień ich zabrudzenia, zmieniający się w czasie okresu wegetacji [Jong, Jetten 2007]. Dodać można, że jest to również obecność lub brak wosku pokrywającego

Tabela.

Geometria badanych drzew
Geometry of analysed trees

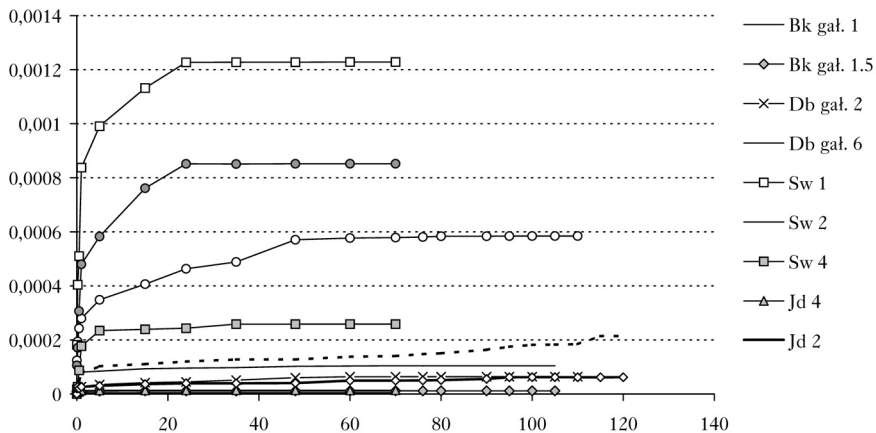
Gatunek	Powierzchnia gałęzi [m ²]	Powierzchnia liści/igieł [m ²]	Powierzchnia całego drzewka [m ²]	Stosunek powierzchni pędów do listowia	Rzut korony na płaszczyznę poziomą
Buk	0,022	0,213	0,235	0,103	0,897
Dąb	0,024	0,142	0,166	0,167	0,689
Jodła	0,023	0,229	0,252	0,102	0,701
Sosna	0,018	0,179	0,198	0,103	0,698
Świerk	0,048	0,488	0,535	0,098	0,710
Makieta liściasta			0,216		0,702
Makieta iglasta			0,310		0,712



Ryc. 1.
Intercepcja potencjalna badanych drzewek
Potential interception of analysed species

kutikulę, co jest związane z naturalnymi cechami gatunkowymi, lecz również z ewentualnym oddziaływaniem obecnych w powietrzu zanieczyszczeń [Gruszka 1991].

Intuicyjnie, a także kierując się wynikami badań dostępnymi w piśmiennictwie, należałoby wiązać przedstawiony na rycinie 2 obraz z właściwościami sorpcyjnymi „starzejącej” się kory. Trzeba jednak podkreślić, że mierząc w opisywanych badaniach powierzchnię gałązek, trudno było uwzględnić fakt, że kora starszych gałązek ma w rzeczywistości większą powierzchnię przypadającą na jednostkowe pole rzutu gałązki niż bardziej gładka kora na młodszych gałązkach. Uwzględnienie tego faktu wymagałoby wprowadzenia pojęcia „powierzchni właściwej”, na wzór powierzchni właściwej gleby. Jest to trudne nie tylko ze względu na potrzebę opracowania nowej definicji, lecz także metody pomiaru.



Ryc. 2.

Zależność pomiędzy ilością wody zatrzymanej na powierzchni gałązek a czasem ich namakania
Relationship between amount of water on the twigs surface and time of their soaking

Wyraźna reakcja obu makiet na natężenie i rozmiar kropeł użytych do zraszania jest bardzo podobna do reakcji żywych drzewek, co pozwala stwierdzić, że to charakterystyka opadu, a nie stanu powierzchni, ma decydujący wpływ na wysokość intercepcji [Calder i in. 1996; Hall i in. 1996]. Należy także wziąć pod uwagę młody wiek i niewielkie rozmiary analizowanych drzew, co mogło być przyczyną zaobserwowanych zależności.

Wyniki pomiarów prezentowane w niniejszej pracy nie uprawniają wprawdzie do przeniesienia ich na poziom ekosystemu leśnego [Seidl 2013], zauważono jednak, że pomierzone wartości intercepcji potencjalnej I_p są zróżnicowane głównie przez wielkość powierzchni. Jak wykazano wcześniej, po przeliczeniu na jednostkową powierzchnię zróżnicowanie to zanika do tego stopnia, że praktycznie nie jest nawet możliwe rozgraniczenie pod tym względem gatunków iglastych i liściastych. Podobne wyniki badań podają Bryant i in. [2005]. Według ich badań, w zbliżonych warunkach klimatycznych ilość zatrzymanego opadu deszczu przez las liściasty wyniosła 16,4% opadu nad koronami, przez drzewostan sosnowy 15,4% i mieszany 12,3%. Należy zaznaczyć, że porównywanie wyników badań czynników kształtujących wielkość „zbiornika intercepcyjnego” uzyskiwanych przez różnych autorów jest trudne, gdyż jak dotąd w badaniach intercepcji nie jest stosowany spójny system pojęć i standardów metodycznych, a autorzy przyjmują najczęściej własne ustalenia. Dotyczy to kwestii najbardziej podstawowych, nawet definicji intercepcji czy też jednostek, w których jest wyrażana. Sytuacja ta może prowadzić do znacznych rozbieżności w interpretacji otrzymywanych wyników.

Literatura

- Bryant M. L., Bhat S., Jacobs J. M. 2005. Measurements and modeling of throughfall variability for five forest communities in the southeastern US. *Journal of Hydrology* 312: 95-108.
- Calder I. R., Hall R. L., Rosier P. T. W., Bastable H. G., Prasanna K. T. 1996. Dependence of rainfall interception on drops size: 2. Experimental determination of the wetting functions and two-layer stochastic model parameters for five tropical tree species. *Journal of Hydrology* 185: 379-388.
- Crockford R. H., Richardson D. P. 2000. Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: Effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrological Processes* 14: 2903-2920.
- Czarnowski M. S. 1978. *Zarys ekologii roślin lądowych*. PWN, Warszawa.
- Feliksik E., Durło G., Wilczyński S. 1996. The interception of rainfall in mixed forest stands. *Zeszyty Naukowe AR Kraków* 5: 15-22.

- Gruszka A. 1991. Wpływ symulowanych kwaśnych deszczów na wybrane gatunki drzew leśnych. Praca doktorska wykonana w Katedrze Ekologii Lasu, UR w Krakowie.
- Hall R. L., Calder I. R., Gunawardena E. R. N., Rosier P. T. W. 1996. Dependence of rainfall interception on drop size: 3. Implementation and comparative performance of the stochastic model using data from a tropical site in Sri Lanka. *J. Hydrol.* 185: 389-407.
- de Jong S. M., Jetten V. G. 2007. Estimating spatial patterns of rainfall interception from remotely sensed vegetation indices and spectral mixture analysis. *International Journal of Geographical Information Science* 21(5): 529-545.
- Keim R. F., Skaugset A. E., Link T. E., Iroumé A. 2004. A stochastic model of throughfall for extreme events. *Hydrology and Earth System Sciences* 8: 23-34.
- Keim R. F., Skaugset A. E., Weiler M. 2006. Storage of water on vegetation under simulated rainfall of varying intensity. *Advances in Water Resources* 29: 974-986.
- Klamerus-Iwan A. 2010. Intercepcja wybranych gatunków drzew leśnych w warunkach badań laboratoryjnych. Rozprawa doktorska, maszynopis w KIL UR.
- Klamerus-Iwan A., Owsiak K. 2013. Ocena konstrukcji prototypowego stanowiska do badań nad intercepcją drzew leśnych w warunkach laboratoryjnych. *Sylwan* 157 (6): 464-469.
- Kuczka J. 2007. Właściwości hydrologiczne materii organicznej gleb leśnych na przykładzie gleb pod świerczynami istebniańskimi. *Zeszyty Naukowe AR* 320.
- Osuch B. 1998. Powierzchnia drzew jako podstawa zbiornika intercepcyjnego drzewostanu. Międzynarodowa konferencja naukowa Las i Woda. Referaty i materiały pokonferencyjne.
- Osuch B., Homa A., Feliks M. 2005. Opis pojemności zbiornika intercepcyjnego sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris*). *Czasopismo Techniczne* PK.
- Osuch B., Homa A., Feliks M., Kulig M. 2005a. Zbiornik intercepcyjny brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth). *Czasopismo Techniczne* PK.
- Rutter A. J., Morton A. J., Robins P. C. 1975. A predictive model of rainfall interception in forests. II. Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood stands. *J. Appl. Ecol.* 12: 367-380.
- Seidl R., Eastaugh Ch. S., Kramer K., Maroschek M., Reyer Ch., Socha J., Vacchiano G., Zlatanov T., Hasenauer H. 2013. Scaling issues in forest ecosystem management and how to address them with models <<http://www.mendeley.com/catalog/scaling-issues-forest-ecosystem-management-address-them-models/>>. *European Journal of Forest Research* 132 (5-6): 653-666.
- Suliński J. 1993. Modelowanie bilansu wodnego w wymianie między atmosferą, drzewostanem i gruntem przy użyciu kryteriów ekologicznych. *Rozpr. hab. Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 179.

SUMMARY

Potential interception of sprayed tree in relations to tree species and changes occurring during single rainfall

The aim of the presented research is to determine to what degree the maximum amount of water, which can be retained after a single rainfall, is influenced by species characteristics and to what degree by surface conditions that change during the course of the experiment. Trees of five species and height up to 1 meter were selected for the study and their surface was precisely measured in accordance with the developed methodology [Klamerus-Iwan 2010]. Measurements of potential interception (I_p) were conducted in laboratory conditions, in a measuring stall designed specifically for this purpose [Klamerus-Iwan et al. 2013].

In order to check if, in the light of obtained results, potential interception may be considered a species characteristic, the I_p values were divided by corresponding values of tree surfaces, preserving all cases of rainfall intensity and drop sizes. Such procedure may prove helpful in formulating an answer to the question of which species would retain more water if all trees had the same surface. The obtained distribution of interception per surface unit shows that species diversity of potential interception is negligible. Observation of this fact makes it possible to state that it is the characteristic of rainfall, not the surface conditions, that is the decisive

factor shaping the amount of interception. Young age and small sizes of the analyzed trees, which might have been the cause of observed dependencies, should also be taken into account. According to their research, in similar climatic conditions the amount of rainfall retained by deciduous forest averaged 16.4% of rainfall over the canopy. For a pine tree stand it was 15.4% and for a mixed one 12.3%.