

KAROL ERMICH

PRÓBA OKREŚLENIA UDZIAŁU TZW. OPADÓW POZIOMYCH W OBIEGU WODY W PRZYRODZIE

Wstęp

Zagadnienie tzw. opadów poziomych interesuje wiele dziedzin nauki. Poza meteorologią i hydrologią zainteresowanie tym typem opadów przejawia się przede wszystkim w tych dyscyplinach, które zajmują się roślinami, ewentualnie ich hodowlą, a więc w botanice, rolnictwie, ogrodnictwie i leśnictwie.

Opady poziome, do których zaliczamy rosę, szron, osady z mgły płynne i stałe (sadz) oraz gołoledź, powstają i formują się dopiero na powierzchni ziemi lub przedmiotach znajdujących się na niej, albo na pokrywie roślinnej, wskutek kondensacji pary wodnej lub osadzania się drobnych kropelek wody.

Wiele przemawia za tym, że opady poziome w pewnych warunkach mogą być ważnym czynnikiem ekologicznym w gospodarce wodnej roślin, a więc i lasu.

Z powyższych względów należałoby zorientować się przede wszystkim co do ich ilościowej strony. Niestety, opady te wymykają się spod kontroli człowieka, gdyż stacje meteorologiczne nie wykonują ilościowych obserwacji nad nimi.

Niemniej badania nad rosą, szronem oraz osadami z mgły były i są prowadzone, lecz dorywczo, krótszymi lub dłuższymi seriami, w różnych okresach czasu, różnymi metodami; dlatego porównywalność tak uzyskanych materiałów jest oczywiście zmniejszona, poza tym są one stosunkowo szczupłe. Niemniej warto się z nimi zaznajomić dla uzyskania chociażby ogólnego wglądu w ilościowe stosunki najważniejszych rodzajów opadów poziomych.

Zadaniem niniejszej pracy jest podanie danych dotyczących ilościowej strony najważniejszych typów opadów poziomych, a następnie omówienie ekologicznego znaczenia tych opadów w życiu roślin, szczególnie roślin drzewiastych.

Obecny stan omawianego zagadnienia w literaturze naukowej

Rosa

Poglądy o dużym znaczeniu rosy w życiu człowieka sięgają bardzo dawnych czasów. Już w starożytności a także i później (Leick 1933, Krečmer 1951) w okolicach ubogich w wodę, zakładano studnie zbierające skroploną

rosę (Teodozja nad Morzem Czarnym, Algier, Syria, Indie). Świadczyłyby to o znacznej wydajności rosy.

Najbardziej interesujące dla nas są dane dotyczące przede wszystkim krajów położonych w naszym sąsiedztwie.

Czechosłowacja. Wg danych biura gospodarki wodnej przy resortowym ministerstwie roczna ilość rosy na obszarze Czechosłowacji obliczana jest w przybliżeniu na 450 mil. m³. To wynosi rocznie ok. 9 mm (?) (Krečmer 1951). Ilość rosy w poszczególnych miesiącach podaje Novak (1938 wg Hoffmanna 1955): w sierpniu było 3,6%, we wrześniu 7,0%, w październiku 4,0% opadów zwyczajnych w tym czasie.

ZSRR. Wg Sochockiego (1895, Krečmer 1951) w okręgu Leningradzkim rosa wynosiła około 1,7% opadów zwyczajnych. Te małe ilości potwierdzają inni autorzy (Gajewski, Gudajl, Mołokowa, Niebolsin, Tol-skij) podając wartość od 0,5 do 2,2 mm w miesiącach letnich. Sochockij i Adrianow (Hoffmann 1955) jako maksimum dla Leningradu i Moskwy za jedną noc podają 0,22 mm.

Parchinger (wg Conrada 1936) obserwował na Bukowinie ilości rosy wynoszące w ciągu jednej nocy 0,1 mm, maksimum 0,17 mm.

Niemcy. Wyniki wykonanych tam badań mogą również reprezentować stosunki środkowoeuropejskie. Ilość rosy w ciągu roku dla okolic Monachium określa Wollny (1892 wg Hann-Süring 1939) na około 30 mm, maksimum dzienne zaś na 0,43 mm, Hiltner (1930 i 1932) za okres V—IX 1928 na 38 mm, tj. 7,6% opadów zwyczajnych. Stefan (wg Hoffmanna 1955) podaje, że w Prusach Wschodnich średnia roczna (1936—1939) ilość dni z rosą wynosiła 191 dni, z tego opad rosy w ciągu jednej nocy wynosił przez 123 dni (51%) mniej niż 0,1 mm, przez 51 dni (24%) 0,1—0,3 mm, przez 17 dni (7%) ponad 0,3 mm.

Ilość rosy na wybrzeżu Morza Bałtyckiego w suchym sierpniu 1932, Breitsprecher (wg Hoffmanna 1955) określa na 0,37 mm w ciągu jednej nocy (maksymalna wartość). Leick (1932, 1933 i 1953) dla tych samych okolic średnią wartość rosy w jedną noc ocenia na 0,1 do 0,3 mm (na murawie), szronu na 0,12 mm. W ciągu pewnego suchego i ciepłego miesiąca (24 nocy z rosą) rosa wynosiła 6,6% opadu zwyczajnego.

Lampadius (1941) stwierdza, że dane dotyczące ilości rosy wykazywane przez różnych autorów dla Europy Środkowej wahają się między 5—10% całkowitych opadów.

Geiger (1956) przyjmuje jako możliwe maksimum dla Europy Środkowej 0,07 mm na 1 godzinę. W warunkach skrajnych może ono wzrosnąć do podwójnej wartości. W Instytucie Meteorologicznym w Monachium pomiary płytką Leicka dały za 1 noc 0,1 do 0,2 mm rosy, a bardzo rzadko 0,5 mm.

Węgry. Wg Parchingera (Conrad 1936) ilość rosy w ciągu jednej nocy wynosiła średnio 0,06 mm, maksymalnie 0,13 mm.

W innych krajach Europy liczby dotyczące rosy utrzymują się w przybliżeniu w podobnych granicach.

Należałoby jeszcze omówić sprawę rosy w lesie. W zwartym drzewostanie rosa osadza się głównie na koronach drzew i wyparowuje przeważnie z powrotem do atmosfery.

Hoffmann (1955 i 1956) jest zdania, że w lesie na powierzchni liści w warstwie koron znacznie większej od powierzchni gruntu zajmowanej przez dany drzewostan, osadzać się może jedynie niewiele większa ilość rosy w stosunku do tej powierzchni gruntu, gdyż promieniowanie efektywne liści w koronach drzew jest znacznie ograniczone.

Pod okapem drzewostanu osadzają się bardzo małe ilości rosy (Geiger 1950). Leick (1933) na wybrzeżu Bałtyku obserwował ilości rosy pod warstwą koron starszego drzewostanu sosnowego, pod pojedynczymi brzożami o silnie zwisających gałęziach, pod silnie rozgałęzionym krzewem bzu i na murawie. Wyniki podane są w poniższej tabeli.

Miejsce obserwacji	Słonecznie, powietrze suche, nocą silna radiacja	Chmurno, powietrze wilgotne, nocą słaba radiacja
murawa	100%	100%
brzoza	8%	40%
sosna	10%	50%
bez lilak	5%	30%

Podobne dane dotyczące procentu rosy podaje również Gajewskij (wg Krečmera 1951):

na zrębie	100%
bór wrzosowy	28%
bór brzoszczynowy	45%
drzewostan jodłowy	45%
młodnik	74%
nad koronami lasu	104%

W Polsce Wilusz (1953) prowadził badania nad ilością rosy na ziemniakach i burakach w zależności od odległości tych upraw od zadrzewień. Do badań używał szklanych płytek 20×20 cm. Wyniki podaje niżej tabelka (w mililitrach):

Należy w końcu podkreślić, że istnieją sposoby powiększenia ilości rosy przez ochronę danych miejsc przed wiatrem, należytą obróbkę gleby itp. (Lehmann i Schanderl 1942, Steubing 1951).

Dla scharakteryzowania stosunków ilościowych rosy w glebie jest znacznie mniej materiałów badawczych. Niektóre z tych, które istnieją, wskazują, że rosy w glebie może być więcej aniżeli na powierzchni gruntu.

	Odległość od zadrzewień		
	o 1 wysok. drzewa mll	o 4 wysok. drzewa mll	o 8 wysok. drzewa mll
Uprawy:			
ziemniaki	2,7	5,3	8,5
„	3,1	6,2	7,0
buraki	1,5	3,0	5,8

W Polsce Bac (1953) stwierdził, że wysokość kondensacji pary wodnej w glebie zależy od ziarnistości i przewodności tworzywa glebowego. W ciągu 6 miesięcy okresu wegetacyjnego (badania 10-letnie) ilość rosy w glebie wynosiła: żwir — 47,4 mm, piasek gruby — 39,5 mm, piasek średni — 37,8 mm, piasek rzeczny — 20,1 mm, piasek wydmowy — 5,9 mm. Maksymalne ilości przypadają na miesiące VI i IX. Późniejsze badania (Bac i Marcilonek 1955) dały nieco mniejsze ilości, za wyjątkiem piasku wydowego, gdzie ilość rosy nieco wzrosła.

Na Ukrainie Lebediew (1913, wg Krečmera 1951) ilość rosy określa na 70 mm rocznie, tj. 17% zwyczajnych opadów.

W południowej Francji Chaptal (1934, wg Krečmera 1951) ilość rosy ocenił na 60 mm w ciągu 3 miesięcy letnich.

W Czechosłowacji Zavadiluv (1923, wg Krečmera 1951) określa ją na 7,5 mm rocznie, Smolik (1947, wg Krečmera 1951) w południowych Morawach jako maksimum roczne podaje 80 mm, w tym jednak mieści się również uwilgocenie spowodowane przez inne opady.

Przy zestawieniu ilościowych wyników obserwacji nad rosą u różnych autorów należy stwierdzić, że dla Środkowej Europy średnie wartości rosy w ciągu jednej nocy nie wykraczają poza 1 mm. Do 1 mm zbliżają się tylko w wyjątkowych przypadkach. Przeważnie wahają się około 0,1—0,2 mm, rzadziej natomiast dochodzą do 0,4 mm. Roczna ilość rosy wynosi przeciętnie 8—30 mm, maksima nawet do 43 mm. Interesujące są liczby podające procentowy udział rosy w stosunku do opadów. Jako orientacyjną liczbę procentową dla Europy Środkowej Novak jak również Hiltner, Bernick i Leick przyjmują 10%, Keller 3—5%, Lampadius 5—10%. Ze względu na to, że znaczna ilość danych dotyczących rosy pochodzi z badań wykonanych blisko wybrzeża Morza Bałtyckiego, a więc w okolicach wilgotniejszych, wykazujących większe ilości rosy niż inne dzielnice kraju, 10% opadu rosy należy uważać orientacyjnie za górną granicę.

Okazuje się jednak, że dane pochodzące z dalszych obszarów Europy, a nawet z innych części świata, z bardzo małymi tylko wyjątkami, niewiele odbiegają od ilości rosy wykazywanej w Europie Środkowej.

Reasumując powyższe wywody można wyrazić pogląd, że rosa jako pozycja przychodowa w bilansie wodnym badanego obszaru nie odgrywa

większej roli. Natomiast w gospodarce wodnej roślin jest ważnym czynnikiem, co będzie omówione w dalszej części niniejszej pracy.

Istnieją poglądy, że rosa w glebie może być bardziej wydajna, aniżeli ta, która tworzy się na jej powierzchni. To zagadnienie jest jeszcze zbyt mało zbadane, aby je można było obiektywnie ocenić.

Walter (1951) na podstawie teoretycznych dociekań doszedł do wniosku, że wymiana powietrza w glebie jest zbyt mała, ażeby mogło dojść do intensywniejszego skroplenia rosy.

Mgła

Poglądy, jakoby osady mgielne dostarczały bardzo poważnych ilości wody, sięgają wg Geigera (1950) czasu, gdy Marloth (1906) opublikował wyniki swoich badań nad osadami z mgły na Górze Stołowej koło Capetown w Południowej Afryce. Wiadomo, że góra ta w ciągu wielu dni w roku pokryta jest grubą warstwą mgły.

Marloth wykonywał tam badania w ciągu 56 dni z mgłą, posługując się dwoma deszczomierzami, z których w jednym tkwił pęk traw, drugi był pusty. W ciągu 56 dni pierwszy deszczomierz wykazał 2027 mm opadu, drugi 126 mm. Pierwszy zarejestrował więc 16 razy więcej opadów aniżeli drugi.

Marloth podaje dalej, że wskutek opadów mgielnych w tamtejszych okolicach, tworzą się bagna i jeziora, w których poziom zwierciadła wody zależy od pogody podnosi się lub opada.

Tamtejsze potoki górskie zasilane są wydatnie przez opady mgielne. Gdy pożar zniszczył rosnące w ich okolicy zarośla, na których zagęszczała się mgła, ilość wody spływającej potokami zmniejszyła się o więcej niż 50%.

Przy mgłach nieruchomych bardzo małe ilości wody zagęszczają się na roślinności, natomiast przy mgłach przywiewanych przez wiatr ilość osadów mgielnych może być bardzo duża. Marloth oblicza, że przy szybkości wiatru wynoszącej 8 m/sek, wiatr może przewiać w ciągu 1 godz. 28,800 m³ mgły, przy czym z 1 m³ osadza się 1,68 g wody, co daje w ciągu 1 godz. na 1 m² — 48 kg, tj. 48 mm opadu. Wynika z tego, że niektóre miejsca mogą otrzymać pokaźne ilości wody.

Okazało się jednak, że inne badania, wykonane w okolicach o podobnych warunkach klimatycznych, dały mniejsze wyniki. Np. pustynia Namib leżąca blisko wybrzeża Oceanu Atlantyckiego w południowo-zachodniej Afryce, należy do obszarów najbardziej nawiedzanych przez mgły. Opady roczne wynoszą tam zaledwie od 0—40 mm (1898—1933). Mimo tego w pustyni Namib roślinność występuje.

Walter (1951) opisuje, że podróżny nocujący w tej pustyni w okresie mgły rano budzi się zupełnie przemoczony. Jeżeli zaś w okresie mgły nocuje on w mieście Swakopmund, to wydaje mu się, że pada rześisty deszcz. Gospo-

dynie podstawiają w takie noce naczynia, aby uzyskać wodę do prania. Wrażenia jakie się tam odnosi przemawiają sugestywnie za tym, że ilość osadów z mgły musi być bardzo duża.

Tymczasem Boss (1941, wg Waltera 1951) stwierdził, że osad z mgły w ciągu doby nigdy nie osiągnął 1 mm. W okresie bogatym w mgłę (57 dni) tylko 17 dni wykazywało opad powyżej 0,1 mm przez 24 godzin, o łącznej sumie 5 mm, w ciągu 26 dni poniżej 0,1 mm, przez 14 dni zaś płytka nie rejestrowała żadnego opadu.

Maksymalna ilość wody jaka spłynęła z dachu (o powierzchni 60 m²) domu w Swakopmund wynosiła około 0,7 mm. Największa ilość mierzona płytką Leicka wynosiła również 0,72 mm. Średnia roczna suma opadu z mgły wynosiła tam wg Bossa 35—45 mm, a więc w przybliżeniu tyle co w Europie Środkowej.

Wg Waltera opad z mgły nie jest tam w stanie zasilić wody gruntowej, gdyż najsilniejsza mgła może zwilżyć glebę piaszczystą tylko do 2,3 cm, a gliniastą do 1,1 cm głębokości.

Skutek ogłoszenia tych wiadomości przez Marlotha był taki (Geiger 1950), że szereg autorów wysnuło daleko idące wnioski o ilości osadów z mgły, jaka wymyka się spod obserwacji ludzkich.

W Europie jednym z pierwszych, którzy zajęli się zagadnieniem opadów z mgły w lesie był Linke (1916 i 1921). Badania wykonane były w stuletnim drzewostanie świerkowym w górach Taunus. Autor umieścił jeden deszczomierz w lesie blisko jego brzegu, drugi na otwartej przestrzeni.

Deszczomierz pod drzewami wykazał w ciągu roku średnio o 66% więcej opadu aniżeli ombrometr w miejscu otwartym. W dni z rosą nadwyżka ta była jeszcze większa i wynosiła 175%. Szczególnie wysoka była ona w listopadzie i dochodziła do 300% (średnia z 4 lat). W miarę oddalania się od brzegu lasu nadwyżka malała.

Autor uważa, że wolno stojące deszczomierze dają fałszywy obraz ilości opadów w górach.

Hoppe (1896) stwierdził, że wahania ilości rejestrowanego w lesie opadu w zależności od umiejscowienia deszczomierza mogą dochodzić nawet do 47% ilości obserwowanej na otwartym miejscu. Dlatego trzeba być ostrożnym przy wysnuwaniu wniosków z obserwacji wykonanych pojedynczym deszczomierzem. Zresztą Linke sam podniósł podobne zastrzeżenie w stosunku do własnych badań.

Descombes (1920, wg Rubnera 1932) doszedł do wniosku, że rosa i mgła w ciągu roku może dostarczyć 1190 mm osadów mgielnych, tj. tyle ile wynosi roczna suma opadów zwyczajnych. Wyraził on dalej pogląd, że dla okolic górskich ilość osadów mgielnych może przekraczać kilkakrotnie sumę zwyczajnych opadów, w pojedynczych zaś przypadkach może ją przewyższać nawet 15 razy.

Autor wysnuł z tego słuszny wniosek, że zalesienia z punktu widzenia gospodarki wodnej mają doniosłe znaczenia.

Hartmann (1920) i Dickmann (1931) uzyskiwali również bardzo duży przychód wody z opadów mgielnych.

Rubner (1932, 1935 i 1953) stwierdził w starym lesie świerkowym w górach Harcu, że jeśli mgła występuje razem z deszczem, opad pod koronami drzew może być o wiele większy niż na otwartym miejscu. Mgła, zwilżając uprzednio drzewa, toruje drogę kroplom deszczu tak, że ten w 100% może dojść do gleby leśnej. Można przyjąć, że wszędzie w górach tam, gdzie notuje się duży opad pod okapem koron, znaczny udział bierze mgła. Średnia z okresu 1932—1934 wykazała, że w dni deszczowe z mgłą ilość opadu w lesie wynosiła 108% w stosunku do otwartej przestrzeni (w skrajnych przypadkach 156%). W dni bez mgły w lesie było ich tylko 75%.

Osad z mgły wg autora jest zjawiskiem charakterystycznym dla obrzeża lasu. W tych warunkach może on osiągać znacznych rozmiarów i mieć duże znaczenie w gospodarce wodnej tej części lasu.

Schubert (1942) podaje wyniki badań wykonanych w ciągu 11 lat w drzewostanie świerkowym:

Dni z mgłą	Ilość deszczu w mm		% deszczu w lesie
	pole	las	
86	322	351	109 silnie mgliste
53	219	203	93 słabo mgliste

W silnie mglistych miesiącach wiosny i jesieni w drzewostanach świerkowych padało więcej deszczu aniżeli na polu, w słabo mglistych miesiącach było odwrotnie. Z powyższego wynika, że ze wzrastającą częstością mgły ilość deszczu w drzewostanach świerkowych wzrasta silniej niż na otwartej przestrzeni.

Geiger (1950) podkreśla, że większe ilości opadów płynnych z mgły, jakie otrzymują lasy, ograniczają się do wyższych wzniesień górskich bogatych w mgłę i są zawsze zjawiskiem związanym tylko z obrzeżem lasu. Ten sam autor jest zdania, że osady mgielne w gospodarce wodnej pojedynczych drzew i krzewów, żywopłotów i obrzeży lasu odgrywać mogą poważną rolę i przy zestawieniu ich bilansu wodnego nie powinny być pominięte.

Ring (1954): na podstawie własnych spostrzeżeń w naszych górach wskazuje, że w czasie mgły z wiatrem w drzewostanach górskich spada tak intensywny deszcz kropel wody, jak w czasie silnego opadu.

Wiele interesujących danych wnoszą badania Grunowa (1952—1954) wykonywane systematycznie w obserwatorium meteorologicznym Hohenpeissenberg na wysokości 980 m n. p. m. w południowej Bawarii na północ

od N stoków łuku Alp. Do pomiaru opadów używał on zwyczajnych deszczomierzy, z których jedne posiadały dodatkowe urządzenie do chwytania kropelek z mgły.

W ciągu jednego roku (od maja 1951 do kwietnia 1952) we wszystkie dni z deszczem, w czasie których chociażby tylko czasowo panowała mgła, ilości opadów, rejestrowane w deszczomierzu z urządzeniem do chwytania osadów mgielnych, były wyższe od opadów wykazywanych przez zwykle deszczomierze i wynosiły 147%, w miesiącach zaś letnich 1952 ubogich w mgłę 136%.

Grunow podaje dalej, że osady mgielne zągęszczają się nie tylko na drzewach, lecz również na roślinności zielnej pokrywającej stoki wystawione na działanie wiatrów przynoszących mgłę. Zągęszczanie się kropelek mgły ma również miejsce na powierzchni skał nachylonych w kierunku wiatru z mgłą; miejsca te mogą wg autora dostarczać znacznych ilości wody.

Autor podkreśla, zgodnie z poglądem Schneider-Carius (1950, 1953), że dodatkowy przychód wody z osadów mgielnych jest charakterystyczny i szczególnie obfity w strefie, dokąd sięgają podstawy niskich chmur i w której panują częste mgły, a która pokrywa się ze strefą występowania lasów górskich. Szczególnie obfite osady mgielne w tych regionach stanowią poważną pozycję przychodową w gospodarce wodnej górskich obszarów.

Grunow (1954, 1955) w tych samych okolicach badał również ilość osadzającą się mgły w drzewostanach świerkowych na obrzeżu lasu i z dala od niego na stokach o wystawie W, N i S. Wyniki dotyczące udziału osadów mgielnych w pełnej ilości opadów dochodzących do dna lasu podano niżej:

Rodzaj opadów	Obrzeże lasu świerkowego	W głębi lasu		
		stok N	stok W	stok S
Płynne osady z mgły w mm	1511	233	346	328
W stosunku do całej ilości opadów płynnych w %	57	15	21	21

Z powyższego wynika, że przychód wody z mgły również i w głębi lasu nie jest bez znaczenia. Tak jest dlatego, że jak to wynika z badań prowadzonych na większą skalę przez Hori (1953) i Kuroiwę (1953) na wyspie Hokkaido w Japonii, skutek turbulencyjnej wymiany mas powietrza między atmosferą a wnętrzem lasu wraz z powietrzem dostaje się również mgła, zasilając to wnętrze w dodatkowe ilości wody. Warto przy tym zaznaczyć, że po stronie odwietrznej drzewostanu brak jest osadów mgielnych do odległości 30-krotnej wysokości drzew.

Autor doszedł do wniosku, że przez zakładanie pasów leśnych jako też szeregów drzew, gdzie działanie obrzeża lasu zaznacza się w pełni, można uzyskać wcale pokaźny dodatkowy przychód wody.

Poza górskimi obszarami i niżej położone tereny znajdujące się w pobliżu mórz, od których wiatr przynosi zwyczajnie znaczne ilości mgły, otrzymywać mogą dodatkowo większe ilości wody z osadów mgielnych. Stwierdzili to:

Hirata (1929) w Japonii zaobserwował w ciągu 2 miesięcy mglistych o 10—11% więcej opadów pod drzewami, aniżeli na otwartej przestrzeni.

Moor (1924, wg Grunowa 1955) zauważył w drzewostanie w okolicy N. Jorku w czasie panującej mgły większą ilość opadów od ilości wykazywanej przez ombrometry na otwartym miejscu.

Isaak (1946) w Oregon stwierdził, że nad wybrzeżem Oceanu Spokojnego na wysokości 300 m n. p. m. pod drzewami w ciągu 24 tygodni ubogich w mgłę było 63% osadów, w ciągu zaś 18 tygodni bardzo mglistych 144% w stosunku do opadów na otwartym miejscu.

Pewne interesujące dane dotyczące osadów mgielnych w lesie podają również Godske i Paulsen (1949), oraz Delfs (1953).

W nizinach mgła nie zwiększa przypuszczalnie opadów w lesie. Wynika to z badań Schuberta (1927) na Śląsku i z badań lizymetrycznych Friedricha (1952) prowadzonych w Eberswalde.

Dane przytoczone wyżej dają rozbieżny obraz co do ilościowych stosunków osadów mgielnych i ich rozmieszczenia w zbiorowiskach roślinnych i na otwartej przestrzeni. Podczas gdy z badań Marloth'a, Linkego, Descombes'a, Hartmanna, Dickmanna i Grunowa wynika, że osady z mgły mogą stanowić poważną pozycję przychodową w gospodarce wodnej, wynoszącą w skrajnych przypadkach nawet wielokrotność zwyczajnych opadów w tym samym czasie, to Rubner, Schubert, Geiger i Walter obniżają ich ilościowe znaczenie.

Sadź

Zjawisko stałych osadów mgielnych jest związane przede wszystkim z górami ze względu na znacznie większą ilość dni z sadzią oraz jej większą wydajność w okolicach górskich w porównaniu z niżem.

W Czechosłowacji badania nad sadzią były prowadzone na Łomnicy. Dla nas są one bardzo cenne, gdyż pochodzą z najbliższego sąsiedztwa polskich gór. Roczne średnie wartości za okres 1941—1944 i 1947—1950 wynoszą 1170,6 kg/m², tj. 1170,6 mm/m² (maksymalna wartość wyniosła w tym czasie 1542,6 kg/m², tj. 1542,6 mm wody, minimalna 789,7 kg/m², tj. 789,7 mm/m²). W tym czasie średnia roczna suma opadów wynosiła 1442 mm (Orlicz i Orliczowa 1954).

Rink (1938, wg Lampadiusa 1941) na Śnieżce w czasie 2. XI—18. IV, 1937 zaobserwował osad sadzi w ilości 672 mm, zwyczajny opad wynosił w tym

czasie 128 mm. Ilość sadzi wynosiła więc 369% normalnych opadów. Wilchelm (wg Hann-Süring 1939) na Węgrzech stwierdził jednorazowo 1,9 mm wody z sadzi na krzewach wysokości 1—2 m.

Najwięcej opadów poziomych otrzymują grzbiety górskie, które są ułożone prostopadle do wiatru niosącego wilgotne powietrze najczęściej w kierunku południka. Rubner (1953) podkreśla ilościową stronę sadzi przez wskazanie na ogromne zniszczenie lasu spowodowane przez lodowicę w górnych strefach Harcu w czasie 22. XII.—7. I. 1934. Ilość sadzi w tym czasie była tak ogromna, że zniszczonych zostało 300 tys. m³ grubizny świerkowej. Drzewa były tak pokryte lodem, że wyglądały jak kolumny, a korony przymarzały do siebie i stanowiły potężne masy lodu.

Lód obciążający drzewa w zimie był ważony w lesie pod Wiedniem (Breitenlehner 1879, wg Rubnera 1953) i okazało się, że na jednostkę ciężaru u jodły przypada 31,1 jednostek ciężaru lodu, u świerka 51,3, u brzozy 83,3, u sosny 90,0. — Gdy wiatr strząsnął lód z gałęzi, warstwa jego w lesie była tak gruba, że umożliwiła wywóz drewna saniami.

Ring (1954) podaje z własnych obserwacji w naszych górach, że zimą kilka godzin z wiatrem powoduje tak silne oblodzenie gałęzi drzew, że łamią się one, a lód, który opadł na ziemię pod wpływem słońca, tworzy warstwę grubości kilkunastu cm.

Grunow (1955) w Południowej Bawarii w najbliższej okolicy obserwatorium meteorologicznego Hohenpeissenberg stwierdził dodatkowy przychód z osadów mgielnych stałych (sadzzi) pod koronami drzewostanu świerkowego, podano to niżej:

Rodzaj opadu	Obrzeże drzewostanu świerkowego	W głębi lasu		
		stok N	stok W	stok S
Dodatkowy przychód z sadzi w mm	507	78	116	110
W stosunku do opadów stałych na otwartym miejscu w %	45	13	23	24

Obrzeże lasu otrzymało znacznie większe ilości wody w postaci sadzi, aniżeli części lasu położone dalej od niego.

Podane wyżej wyniki dotyczące osadów mgielnych płynnych i stałych upoważniają do wysnucia następujących wniosków:

Osady z mgły mogą dostarczać znacznych ilości wody, dotyczy to jednak w pierwszym rzędzie obszarów górskich ze szczególnym uwzględnieniem stoków zalesionych, wystawionych na działanie wiatru przynoszącego mgłę. W takich miejscach ilość dni z mgłą (Gumiński 1952) i z sadią (Orlicz i Orliczowa 1954) jest większa niż w nizinach. Podkreślić należy, że obrzeża lasu otrzymują wyraźnie większy przychód wody z osadów mgielnych aniżeli

głębiej położone części zbiorowisk leśnych. Mniejsze ilości osadu z mgły otrzymują stoki pokryte niską roślinnością i powierzchnie nagich skał nachylone w kierunku wiatrów przynoszących mgłę. Pewne nadwyżki opadowe otrzymują również tereny na wybrzeżach mórz, skąd wiatr przynosi mgłę.

W ten sposób większe ilościowe znaczenie opadów płynnych i stałych z mgły ograniczone zostało do niektórych tylko obszarów. W nizinach osady mgielne odgrywają bardzo małą rolę.

W gospodarce wodnej np. obszarów górskich ten typ opadów poziomych odgrywa najprawdopodobniej poważną rolę.

Opady poziome a gospodarka wodna roślin

Z wypowiedzi zawartych w poprzednim ustępie wynika, że tylko opady z mgły, tak płynne jak i stałe (sadź), w warunkach sprzyjających zasilać mogą glebę w większe ilości wody, zwiększając jej zapasy, z których korzystają rośliny. Pod tym względem rosa nie odgrywa większej roli. Znaczenie jej wzrasta nieco w miejscach nie pokrytych roślinnością (luki w pokrywie roślinnej). Badania w tym względzie wykonał Hiltner oraz Wolny. Pierwszy ważył na szalkach warstwę ziemi próchnicznej o grubości 3 cm, zwilgoconą przez rosę, przyrost na wadze wynosił przeciętnie 162 g/m². Wolny uzyskał przy torfie 252 g/m², przy glinie 249 g/m², przy piasku 171 g/m² (Leick 1932).

To zwilgocenie górnej warstwy gleby dla niektórych roślin, które posiadają płytki system korzeniowy rozwinięty blisko powierzchni ziemi, nie jest bez znaczenia. W dni suche mogą one tą drogą wykorzystać wodę z rosy.

Zagadnienie gospodarki wodnej roślin jest szczególnie ważne w ciągu okresu wegetacyjnego. Z tego względu będzie tu mowa jedynie o rosie i opadach płynnych z mgły. Ich sposób oddziaływania na rośliny jest podobny.

Znaczenie rosy polega nie na jej ilości, lecz na czasie, w którym ona występuje. Rosa i deszcz są antagonistami, ilość rosy wtedy wzrasta, gdy pogoda jest bezchmurna, a więc gdy nie ma deszczu. Taka sytuacja pogodowa sprzyja radiacji, a zatem i silnym kondensacjom rosy. Równocześnie w dni pogodne bilans wodny u roślin zostaje zwyczajnie zachwiany tym bardziej, że wzrasta również wartość osmotyczna roztworu glebowego, co utrudnia pobieranie wody roślinom. Maksimum rosy przypada na środek okresu bezdeszczowego, tj. gdy rośliny mają największe trudności z utrzymaniem dodatniego bilansu wodnego.

Rola obu opadów poziomych w gospodarce wodnej roślin polega przede wszystkim:

1. na skróceniu czasu transpiracji w ciągu dnia, a więc na zmniejszeniu utraty wody przez rośliny,

2. na ułatwieniu roślinom zrównoważenia swego bilansu wodnego przez pobieranie wody z rosy i mgły bezpośrednio przez części nadziemne roślin.

Ad 1. Ma to szczególne znaczenie w okolicach ubogich w opady, w czasie suchych lat, w okresach przerw międzydeszczowych. Znaczenie rosy polega właśnie na tym, że rano zanim ona jeszcze wyparuje, co przy silnej rosie trwać musi kilka godzin, a przy mgłę znacznie dłużej, zmniejsza transpirację tak, że okres utraty wody w krytyczne dla rośliny dni skraca się, podczas gdy pobieranie wody z gleby odbywa się normalnie. W ten sposób w ciągu nocy roślina znacznie łatwiej wyrównuje swój deficyt wodny. Należy przy tym zaznaczyć, że wg Hirsta (Hoffmann 1955) ilość wody, jaka pozostaje na powierzchni rośliny po deszczu, nie jest większa od tej, jaką pozostawia średnia i silna kondensacja rosy.

To zaleganie kropeł rosy na liściach może trwać nieraz do godziny 11-tej, jak to wynika z badań Bernicka (1938, wg Krečmera 1951), okres transpiracji skrócony był w tym przypadku prawie o 5 godzin w porównaniu z roślinami nie zroszonymi. Również Pisek i Cartellieri (1941) stwierdzili w czasie silnej rosy wyraźne obniżenie transpiracji w godzinach rannych. Hiltner (1930, 1931) zaobserwował, że rośliny rosnące w glebie piaszczystej, na których rosa nie osiadła, gdyż były nakryte w ciągu nocy przez szereg dni, więdły już po kilku dniach.

Walter (1951) uważa, że u roślin, których liście pokryte są rosą, utrata wody zostaje zupełnie zatrzymana do czasu całkowitego wyparowania kropeł rosy.

Oprócz rosy również i mgła przez pełne nasycenie powietrza parą wodną, wstrzymuje parowanie i transpirację na dłuższy czas. To działanie mgły jest szczególnie silne, gdy pędzona przez wiatr osadza się na gałęziach drzew i krzewów, jako też na pędach roślin zielnych.

Ad 2. Absorpcja wody przez nadziemne części roślin została stwierdzona przez wielu badaczy (Wetzel 1924, Hiltner 1930 i 1931, Krause 1935, Lehmann i Schanderl 1942, Arvidsson 1951, Steubing 1948 i 1955). Crafts za pomocą radioaktywnych izotopów obserwował nawet pobieranie substancji odżywczych przez nadziemne części roślin (Huber 1954). Pierwszym jednak, który stwierdził absorpcję wody przez liście roślin był Mariotte w roku 1675. Dopiero Hales pół wieku później zdał sobie pierwszy sprawę z biologicznego znaczenia tego faktu.

Wetzel (1924, wg Steubing 1955) uważa, że u niektórych roślin absorpcja wody może pokryć deficyt wodny w 8—11%.

Arvidsson (1951) jest zdania, że słabe zroszenie liści przez 3 do 4 godziny, jak to bywa wczesnym latem, zmniejsza deficyt wodny o 1 do 3%. Przy opadzie z mgły deficyt może być zmniejszony nawet do 50%.

Krause (1935, wg Krečmera) zanurzała w wodzie gałązki z więdnącymi liśćmi wskutek czego odzyskiwały one turgor, oto wyniki:

Data	Gatunek	Liście		
		świeże	zwiędłe	w wodzie
11. V.	Quercus robur	11,15 ^h	13,15 ^h	18,15 ^h
		0,741 g	13,3%	15,4%
14. V.	Tilia cordata	8,50 ^h	9,50 ^h	11,50 ^h
		0,668 g	14,5%	17,1%
22. VI.	Fagus sylvatica	12,45 ^h	14,45 ^h	9,35
		0,178 g	16,8%	18,0%
11. VII.	Acer platanoides	11,45 ^h	13,45 ^h	18,45 ^h
		1,286 g	14,8%	16,8%

Dane powyższe wyraźnie podkreślają absorpcję wody przez liście.

Steubing (1955) badała absorpcję rosy u 17 gatunków roślin w sierpniu i wrześniu 1954 roku koło Poczdamu i stwierdziła, że ilość wessanej przez liście rosy pokrywała deficyt wodny roślin w 1,3 do 8,1%.

Większość naszych drzew leśnych szpilkowych i liściastych posiada zdolność pobierania wody przez liście, przy czym młode szpilki i liście pobierają intensywniej niż starsze.

Co do udziału wody pochodzącej z gutacji, tj. wydzielanej przez specjalne szparki w liściach zwanych hydrotodami, w ogólnej ilości rosy znajdującej się na liściach brak jest na razie bliższych danych, wg Steubing (1955) nie należy jej oceniać zbyt wysoko, aczkolwiek mogą być wyjątki.

Dzięki powyższym właściwościom roślin mgła może być ważnym czynnikiem wpływającym na rozprzestrzenianie się niektórych z nich. Istnieją stanowiska posiadające korzystne położenie względem mgły, gdzie rosną rośliny, nastawione głównie na pobieranie wody z osadów mgielnych. Np. w zupełnie suchych miejscach jak mury, ruiny, skały itp. rosną mchy i porosty a nawet niektóre paprocie.

W strefie tropikalnej zjawisko to występuje częściej z powodu rozpowszechnionego tam epifytyzmu. Poza tym w strefie tej na stokach wysoko położonych egzystencja rosnących tam lasów jest uzależniona w dużej mierze od mgły (Troll 1956).

Również w Europie stwierdzono zależność wegetacji leśnej w górach od występowania mgły w wyraźnie zaznaczającym się pasie mgieł (Nebelgürtel, Braun-Blanquet 1951).

W Europie południowej (Sewenny, wschodnie Pireneje) pas ten odpowiada piętru buka, na Azorach — lasom laurolistnym. W górnym Engadynie (Alpy Szwajcarskie) piętro lasów świerkowych jest zgodne z pasem mgieł, który ciągnie się przez przełęcz Maloja do Szlagrina. W naszych górach istnieje także przypuszczalnie związek między pionowym rozmieszczeniem lasów a pasem mgieł. Zagadnienie to jest u nas dotychczas jeszcze nie zbadane, a należałoby się nim zająć.

Pobieranie wody przez liście odbywa się dzięki osmotycznym siłom ssącym. Wynika stąd, że wchłaniana może być również woda z rozpuszczonymi w niej solami mineralnymi, o ile wartość osmotyczna roztworu jest mniejsza od tej, jaka jest w komórkach skórki. Wykazano to między innymi na przykładzie *Salicornii*, która zanurzona w 3% roztworze soli morskiej przybierała na wadze, jednak wolniej aniżeli w czystej wodzie. Ilościowo zbadał te sprawy dopiero Krauze (1935, wg Gessnera 1956) na buku.

Wiesner (wg Gessnera 1956) był zdania, że wodę z rosy czy mgły rośliny pobierają przez szparki w liściach. Dopiero później Zamfirescu stwierdził jako pierwszy, że cieńsze miejsca w nabłonku są miejscem infiltracji wody do wnętrza liści. Późniejsze badania, prowadzone w związku z pobieraniem substancji pokarmowych przez części nadziemne roślin, potwierdziły ten pogląd z tym jednak, że częściowo i szparki mogą być drogą przenikania i to przede wszystkim dla substancji oleistych.

Ważną jest przy tym szybkość, z jaką woda przenikać może do wnętrza liści, gdyż od tego zależy ilość pobranej tą drogą wody. Z dotychczasowych badań na ten temat wynika, że liście naszych drzew liściastych jak *Tilia cordata*, *Quercus robur*, *Fagus sylvatica* i inne, pobierają wodę ze średnią szybkością; co do iglastych brak jest danych (Gessner 1956). Najszybciej wodę pobierają mezofity i niektóre rośliny suchych stanowisk. Najwolniej przenika woda do skórzastych liści sukkulentów.

Zauważono, że ilość wody pobieranej przez liście drzew waha się w znacznych granicach w obrębie tego samego gatunku i to zgodnie z przebiegiem ich transpiracji nabłonkowej. Wynikałoby z tego, że drzewa posiadają zdolność przystosowania się pod tym względem do warunków siedliskowych. Potwierdziły to badania Eisenzopfa (1952, wg Gessnera 1956), wykonane na *Picea omorica*, *Abies cephalonica* i *Pinus mughus*.

Zauważono również, że młode igły jak również liście drzew liściastych (z małymi wyjątkami np. *Acer platanoides*) pobierają wodę oraz transpirują intensywniej, aniżeli starsze. Ma to przypuszczalnie związek ze zdolnością wytwarzania przez młode liście większych sił osmotycznych (Gessner 1956).

Z wielu dalszych badań wynika, że pobieranie wody przez organy nadziemne ma niemałe biologiczne znaczenie. Stwierdzono mianowicie, że zroszenie liści u wielu roślin uprawnych i dziko rosnących wpływa korzystnie na ich wzrost i wagę. Z badań Stockera, Leyerera i Viewega (Huber i Bauer 1954) wynika, że regularne zraszanie roślin przeciwdziała południowemu zmniejszeniu się asymilacji i w rezultacie prowadzi do jednowierzchołkowej krzywej dziennego przebiegu asymilacji, a tym samym do zwiększenia produkcji roślinnej.

Do interesujących prac, które w ostatnich latach zajmowały się powyższym zagadnieniem, należy zaliczyć badania Breazeale (1950) nad mgłą w rolniczej stacji doświadczalnej uniwersytetu w Tucson i Duvdivaniego

(1955) nad rosą prowadzone w stacji do badań nad rosą w Kerkur (Izrael).

Pierwszy stwierdził, że gdy na rośliny, będące w początkowym stadium więdnienia działano sztuczną mgłą, odzyskiwały one turgor bardzo szybko, przy czym wilgotność gleby, w której rosły, wzrastała. Breazeale wysnuł z tego wniosek, że woda z mgły została pobrana przez liście i wydzielona do gleby przez korzenie.

Trzeba podkreślić, że Haines (1952) zgłosił zastrzeżenia co do wydzielania wody przez korzenie, Höhn (1954) zaś w związku z pobieraniem wody przez liście.

Duvdivani (1955) zaobserwował wysoce dodatni wpływ rosy na wzrost roślin w uprawach rolnych, np. dynie zwiększyły swój rozwój wegetatywny o 50%. Stwierdził on następnie, że zroszone sztucznie rośliny uprawne w następnym dniu wydzielają wodę przez korzenie, której ilość dochodziła nieraz od 6 do 10-krotności wagi korzeni. Przy tym ziemia, w której rosły badane rośliny wykazywała o 0,6 do 1% więcej wody.

Z badań Duvdivaniego (Dew research 1953) wynika, że tak liście jak i korzenie mogą się mieniać swoimi funkcjami. Liście w dzień transpirują, w nocy zaś pobierają wodę, odwrotnie korzenie, w dzień pobierają wodę, w nocy ją wydzielają. Jak każde odkrycie tak i powyższe, wymaga udokumentowania liczniejszym materiałem dowodowym. Jest oczywistym, że woda w glebie pobierana przez korzenie jest i będzie zawsze u większości roślin głównym źródłem zaopatrywania ich w wodę.

Znaczenie ekologiczne rosy dla zespołów roślinnych wyjaśniają częściowo badania Lüdi'ego (1948) w Szwajcarii, wykonane nad zespołami muraw alpejskich. Stwierdził on bardzo dużą zmienność co do ilości rosy w tych samych zespołach roślinnych. W zespole *Seslerietum* ilość rosy w ciągu nocy wahała się od 0,09 do 3,22, w *Festucetum* od 0,14 do 3,77, w *Nardetum* 0,09 do 4,15, w *Empetretum* od 0,07 do 3,31 g/dm². Z powyższych danych autor wnioskuje, że ekologiczne znaczenie rosy jest zbyt małe, ażeby mogła ona spowodować zróżnicowanie wewnątrz poszczególnych zespołów roślinnych.

W końcu podkreślić należy, że mgła może być ważnym czynnikiem klimatycznym, wpływającym na rozmieszczenie roślinności na obszarach kuli ziemskiej. Troll (1956) jest zdania, że może ona znacznie zwiększyć stosunki wilgotności danej strefy klimatycznej. Przy tym trzeba zaznaczyć, że fakt ten nie znajduje wyrazu we współczynnikach określających stosunki wilgotnościowe na podstawie opadów i temperatury powietrza, ponieważ osady mgielne nie są ujmowane w podawanych ilościach opadów atmosferycznych. Troll podjął nawet próbę podziału ziemi na strefy klimatyczne w związku z występującą tam roślinnością, na podstawie stosunku ilościowego mgły do opadów.

STRESZCZENIE

Rosa i szron pod względem ilościowym są bez większego znaczenia.

Opady z mgły, płynne i stałe, stanowią mogą poważną pozycję przychodu, ale znaczenie ich ogranicza się do niewielkich stosunkowo obszarów górskich.

Wzrost wydajności płynnych osadów mgielnych warunkują zbiorowiska roślin drzewiastych, w szczególności zaś las, w którym drzewa zagęszczają na sobie kropelki mgły. Zasadniczo jednak wydajność opadów o większym znaczeniu związana jest z obrzeżem lasu.

Ilość osadów mgielnych na niskiej pokrywie roślinnej i powierzchniach skał wystawionych na działanie wiatrów niosących mgłę jest niewątpliwie mniejsza niż w lasach.

Wybrzeża morskie otrzymują pewne nadwyżki wody z osadów mgielnych, również i rosa w tych okolicach występuje bardziej obficie.

Rosa i opady płynne z mgły jako czynnik siedliskowy odgrywają w pewnych warunkach poważną rolę w gospodarce wodnej roślin, przede wszystkim przez skracanie czasu transpiracji w ciągu dnia, oraz przez to, że opady te mogą być wchłaniane bezpośrednio przez części nadziemne roślin.

Istnieją prawdopodobnie możliwości zwiększenia dodatkowego przychodu wody z osadów mgielnych przez zasadzanie pasów leśnych, jakoteż szeregów drzew, spełniających rolę obrzeży lasu, w których zagęszczanie się kropel wody z mgły jest szczególnie intensywne. Ta sprawa wymaga jeszcze sprawdzenia przez odpowiednie badania.

LITERATURA

- Arvidsson I. Austrocknungs und Dürre-resistenzverhältnisse einiger Representanten öländischer Pflanzenvereine nebst einigen Bemerkungen über die Wasserabsorption durch oberirdische Organe. Oikos (Koppenh.) Suppl. 1. 1951.
- Bac S. Bilans wodny piasków i żwiru. Wiad. Służby Hydr.-Met. 1953.
- Marciłonek S. Przebieg procesu kondensacji pary wodnej w piaskach i żwirze. Przgl. Met. i Hydr. 1955.
- Braun-Blanquet. Pflanzensoziologie. Wien, Springer-Verlag, 1951.
- Breazeale E. L., Mc George W. T. and Breazeale J. F. Moisture absorption by plants from a atmosphere of high humidity. Plant Physiol. 25, 1950.
- Conrad V. Die klimatologische Elemente u. ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen. Hdb. d. Klimat. W. Köppen u. R. Geiger. Bd I. Teil B. Berlin, 1936.
- Delfs J. Niederschlagszurückhaltung in verschieden alten Fichtenbeständen. Tagung Wald u. Wasser. Konstanz 9. 6. 1953. Mitt. Nr 1. Koblenz, 1954.
- Dickmann A. Versuch zur Niederschlagsmessung aus treibendem Nebel. Met. Ztschr. 48, 1931.
- Duvdivani S. An Optical Method of Dew Estimation. Quart. Journ. Royal Met. Soc. 73. 1947.
- Dew Observations and Their Significance. New Methods in Dew Estimation. N. York, 1949.
- Effect of dew on plant growth under arid conditions. Amer. J. Bot., 1955.
- Dev Research. Eng. and Sci. 1953. 17 nr 1. (Referatywny Żurnal — Biologija — 1956, nr 5).
- Friedrich W. Diskussionsbemerkung zu J. Grunow Beiträge zum Hangklima. Ber. d. Deutsch. Wetterd. US-Zone, 1952, Nr 35.
- Geiger R. Das Klima der bodennahen Luftschichte. Braunschweig, 1950.
- Das Wasser in der Atmosphäre als Nebel u. Niederschlag. Handb. d. Pflanzenphysiologie. B. III. Pflanze u. Wasser. Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1956.
- Gessner F. Die Wasseraufnahme durch Blätter u. Samen. Handb. d. Pflanzenphysiologie. B. III. Pflanze u. Wasser. Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1956.
- Godske L. and Schieldrup Paulsen H. Investigations Carried through at the Station of Forest Meteorology at Os. II. The Forest Precipitation. Univ. Bergen Arbok 1949 Naturv. rekke Nr 8.
- Grunow J. Nebelniederschlag. Ber. d. Deutsch. Wetterdienstes in US — Zone, Knoch-Heft, 42, 1952.

- Grunow J., Der Niederschlag im Bergwald. Forstwiss. Centralbl., 1955.
— Bedeutung u. Erfassung des Nebelniederschlags. Assoc. Intern. d'Hydrol. Scient. Assemblée Générale de Rome 1954. Tom I. Compte — Rendus et Rapports du Comité des Precipitations.
- Gumiński R. Bieg roczny występowania mgły w centralnej i wschodniej Polsce. Wiad. Szł. Hydr. i Met. W-wa, 1952.
- Haines F. The absorption of water by haves in a atmosphere of high humidity. J. of Exper. Bot. 3, 1952.
- Hann-Süring. Lehrbuch der Meteorologie. I. Bd. Leipzig, 1939.
- Hartmann W. Die Messung der wirklichen Niederschlagsmengen auf Berggipfeln. Das Wetter. 37, 1920.
- Hiltner E. Der Tau u. seine Bedeutung für den Wasserhaushalt der Kulturpflanzen. Prakt. Blätter. f. Pflanzenbau u. Pflanzenschutz. 1932.
- Hirata T. Contributions to the Problem of the Relations between the Forest and Water in Japan. Imp. Forestry Exp. Station Meguro, Tokyo, 1929.
- Hoffmann G. Die Thermodynamik der Taubildung. Ber. d. Deutsch. Wetterdienstes, 1955.
— Verdunstung und Tau als Glieder des Wärmehaushaltes. Planta — Archiv f. Wiss. Botan. 47, 1956.
- Hoppe E. Regenmessungen unter Baumkronen. Mitt. d. forstl. Versuchswes. Oester. 21. Wien, 1896.
- Hori T. Studies on Fogs in Relation to Fog-Preventig Studies. Inst. of Low Temperat. Science Hokkaido Univ. Sapporo. Japan, 1953.
- Höhn K. Untersuchungen über die Wasserdampfaufnahme und Wasserdampfabgabe — Vermögen höherer Landpflanzen. Beitr. Biol. Pfl. 30, 1954.
- Huber B. u. Bauer L. Wasserumsatz u. Stoffbewegung. Fortschr. d. Botan. B. 17, 1954.
- Isaac L. A. Fog Drip and Rain Interception in Coastal Forests. Pac. NW. For. Exp. Sta Forest Res. Notes Nr 34, 1946.
- Konček M. Messungen der Nebelfrostablagerungen auf Lomnitzer Spitze u. ein Instrument zur automatischen Registrierung der Nebelfrostablagerungen. Acta Geophysica Polonica 1953.
- Krečmer V. Rosa jako cinitel meteorologicky, pudni, fizjologicky, ekologicky, a rosa w lesnictvi. Lesnicka Prace, 1951.
- Kuroiwa D. The Turbulent Diffusion of Fog Water near the Ground and the Fog Preventing Effect of an Artificial Model Forest. Inst. of Low Temperature Science Hokkaido Univ. Sapporo. Japan, 1953.
- Lampadius G. Nebelfrostablagerungen sowie Tau u. Nebelniederschlag. Thar. Forst. Jbuch. 1941.
- Lehmann P. u. Schanderl H. Tau und Reif. Reichsamt f. Wetterd. Wiss. Abhandl. 1942.
- Leick E. Zur Methodik der relativen Taumessung. Beih. Bot. Centralbl. (Ergänzungsband), 1932.
— Der Tau als Standortsfaktor. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch., 1933.
— Grundsätzliches zur Taumessungsfrage. Die Kulturpflanze, 1953.
- Linke B. Niederschlagsmengen unter Bäumen. Met. Ztschr. 1916, 1921.
- Lüdi W. Die Pflanzengesellschaften der Schinigeplatte bei Interlacken u. ihre Beziehungen zur Umwelt. Veröff. Geob. Inst. Rüb., 1948.
- Marloth R. Über Wassermengen welche Sträucher u. Bäume aus treibendem Nebel u. aus Wolken auffangen. Met. Ztschr. 1906.
- Orlicz M. i Orliczowa J. Występowanie sadzi w Tatrach. Przegl. Met. i Hydr., 1954.
- Pisek A. u. Cartellieri E. Der Wasserverbrauch einiger Pflanzenvereine. Jb. f. wiss. Botan. 75, 1941.
- Ring K. Zalesienia w Karpackich terenach górskich. PWR i L. W-wa, 1954.
- Rubner K. Der Nebelniederschlag im Walde u. seine Messung. Thar. Forstl. Jbuch. 1932, 1935.
— Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. Radebeul u. Berlin 1953.
- Schneider-Carius K., Die Grundsicht der Atmosphäre als Lebensraum. Arch. Met. Geoph. Bioklim. B. 2., 1950.

- Schneider-Carius K., Die Grundsicht der Troposphäre. Probl. d. Kosm. Physik. 26, Leipzig, 1953.
- Schubert J., Niederschlag, Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit, Schneedecke in Waldbeständen u. im Freien. Mitt. Met. Abt. d. forstl. Versuchswes. in Preussen. Met. Zschr. 44, 1927.
- Nebel u. Niederschlagsmengen im Fichtenbestände u. im Freien. Forstarchiv., 1942.
- Steubing L. Der Einfluss der Heckenanlagen auf den Taufal. Die Agrarmeteorologische Tagung in Stuttgart, 1951.
- Studien über den Taufall als Vegetationsfaktor. Ber. Deutsch. Bot. Gesellsch., 1955.
- Troll C., Wüstensteppen u. Nebeloasen im Südnubischen Küstengebirge. Z. Ges. f. Erdkd. Berlin 1935.
- Das Wasser als pflanzengeographischer Faktor. Hdb. d. Pflanzenphysiologie. III. B. Pflanze u. Wasser. Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1956.
- Walter H., Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I Teil. Standortslehre. Stuttgart, 1951.
- Wilusz Z., Wstępne badania nad charakterystyką niektórych środowisk *Populus euramericana marilandica* Bosc. Ekologia Polska, t. 1, 1953.