

ADAM CHOJNACKI
Pracownia Nawożenia IUNG — Puławy

SKŁADNIKI POKARMOWE DLA ROŚLIN W OPADACH ATMOSFERYCZNYCH

WSTĘP

Badanie składu chemicznego opadów atmosferycznych jest przedmiotem zainteresowania meteorologii, oceanografii, geologii, przemysłu oraz rolnictwa. W przeglądzie niniejszym przedstawiono znaczenie opadów jako dodatkowego źródła składników pokarmowych dla roślin.

Pierwsze próby badania opadów atmosferycznych sięgają XVIII wieku, kiedy to w 1750 r. Margraff wykrył w wodzie deszczowej azotany (2). W pierwszej połowie XIX w. Liebig (1, 2, 27) badał zawartość azotu w wodach opadowych. Na podstawie przybliżonych analiz przyjął on, że z opadami do gleby trafia rocznie około 27 kg N na ha i dowodził, że ilość ta może wystarczyć do otrzymania zadowalających plonów bez stosowania nawozów azotowych. W 1856 r. Nessler oznaczał zawartość amonu w wodzie deszczowej przy użyciu jodo-rtęcianu-potasowego. We Francji w 1851 r. Pierre badał opady w pobliżu morza i stwierdził w nich obecność chlorków oraz siarczanów sodu i potasu (1). Nieco później Barral badał w opadach zawartość azotu, chloru i wapnia. Na początku XX w. w różnych państwach Europy i na innych kontynentach zaczęto systematyczne badania wód opadowych.

Wiosną 1954 r. w Instytucie Meteorologii Uniwersytetu w Sztokholmie z inicjatywy Rosbego i Egnera odbyła się konferencja, na której omówiono plan pobierania próbek powietrza i opadów dla państw skandynawskich i Wielkiej Brytanii. Opracowano dokładną metodę pobierania próbek, analiz chemicznych oraz postanowiono publikować aktualne wyniki badań obejmujące 3-miesięczne okresy w szwedzkim kwartalniku geofizycznym „Tellus”. W maju 1955 r. odbyła się również w Sztokholmie druga konferencja w sprawie chemii atmosfery. Uznano na niej, że istniejący skandynawski plan badań składu chemicznego atmosfery (obejmujący 14 krajów europejskich), plan amerykański i inne stwarzają realną możliwość przestudiowania dynamiki mas powietrza większej części północnej półkuli (9).

W Polsce dotychczas odczuwa się brak wyników badania składu chemicznego krajowych wód opadowych. W związku z tym niektórzy autorzy przy omawianiu zagadnień nawożenia gleb (15) przyjmują dane o dostarczaniu z opadami składników pokarmowych na podstawie wyników otrzymanych w sąsiednich krajach europejskich. W 1959 r. zaczęto systematyczne badania składu chemicznego wód opadowych w rejonie Puław. Wstępne wyniki analiz za lata 1960—62 wykonanych w Pracowni Nawożenia IUNG w Puławach opublikowano w szwedzkim kwartalniku geofizycznym „Tellus” (5). Ostatnio Olczak podjął też próby analiz krajowych wód opadowych (4).

*Ilości składników pokarmowych dostarczanych rocznie z opadami
w kg/ha*

Wyniki zestawione w tabeli 1 wykazują w pewnych wypadkach znaczne ilości niektórych składników dostarczanych do gleb z opadami, szczególnie na obszary nadbrzeżne (Nigeria, India Południowa, oraz Wiktorja w Australii).

Średnie ilości poszczególnych składników dostarczanych z opadami wykazują następujące roczne wahania*:

| | |
|---|----------------------------------|
| N od 3,0 do 9,8 kg/ha | MgO od 1,1 do 12,6 kg/ha |
| K ₂ O „ 0,6 „ 4,8 „ | Cl „ 5,0 „ 28,7 „ |
| CaO „ 1,0 „ 36,3 „ | S „ 10,0 „ 80,7 „ |
| P ₂ O ₅ „ 0,2 „ 2,6 „ | Na ₂ O „ 3,4 „ 12,4 „ |

Jak wykazały badania prowadzone w Pracowni Nawożenia IUNG w Puławach, znaczne wahania w ilości składników wprowadzanych do gleb z opadami mogą występować nawet w promieniu kilku kilometrów (tabela 2). Opady zbierane były na terenie 3 stacji meteorologicznych Pracowni Klimatologii Rolniczej w Puławach. Stacja Puławy 1 znajduje się w dolinie Wisły w odległości 1,5 km od miasta, Puławy 2 w mieście, a stacja Osiny w odległości 8 km od Puław (N. W.). W tabeli 2 podane są minima i maksyma ilości składników pokarmowych otrzymywane przez gleby z opadów zbieranych w różnych stacjach i latach.

Jak wynika z danych tabeli 2, wahania w ilościach składników pokarmowych dochodzących z opadami zależą nie tylko od miejsca pobierania próbek, ale również od warunków meteorologicznych w danym roku.

* Ekstremalnie duże ilości dostarczanego N w Indii Południowej, K i Na w Nigerii oraz Cl i Na na wybrzeżu Australii jako wyjątkowe są pominięte przy zestawieniu przeciętnych wymywności tych składników z powietrza przez opady.

Tabela 1
Ilości niektórych składników wyrażone w kg/ha i rok dostarczane z opadami do gleb niektórych państw różnych kontynentów

| Stacja | N _{NH4} | N _{NO3} | N _{ogólny} | K ₂ O | CaO | MgO | Na | P ₂ O ₅ | S | Cl |
|---------------------------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|----------|----------|-----------|-------------------------------|-------|-----------|
| EUROPA | | | | | | | | | | |
| Moskwa (Rosja) 1956 | 3,38 | 0,68 | | | | | | | | |
| Europejska część Rosji 1959 | — | — | 3,0—4,0 | — | 4—10 | — | — | — | 10—20 | 5,0 |
| Rejon Charkowa (Ukraina) 1954—55 | — | — | — | — | 36,3 | 12,6 | — | — | 80—7 | 28,7 |
| Dahlem k. Berlina (Niemcy) 1954—57 | 5,71 | 4,10 | 9,8 | 2,15 | — | — | — | 0,30 | — | — |
| Anglia pld. wsch. 1955—57 | — | — | — | 3,0 | 11,0 | 4,0 | 19,0 | — | — | — |
| Puławy (Polska) 1960—62 | 6,1 | 3,7 | 9,9 | 2,8 | 15,5 | — | — | 0,28 | — | — |
| AZJA | | | | | | | | | | |
| Pld. Tian-Szan (Kirgizja) 1952—53 | — | — | — | 4,8 | 31,2 | 3,6 | 12,4 | — | 36,0 | 16,0 |
| Kasaragod (Indie pld.) 1961* | — | — | 23,8 | — | — | — | 8,3 | 4,8 | — | — |
| AFRYKA | | | | | | | | | | |
| Yangambi (Centr. Kongo) 1958—59 | 3,2 | 2,2 | 5,5 | — | — | — | — | — | — | — |
| Samaru (Pld. Nigeria) 1959 | — | — | 56,9 | 56,7 | 1,0 | 2,9 | 60,3 | 2,6 | — | — |
| AUSTRALIA | | | | | | | | | | |
| Obszar Wiktorii 1955 | — | — | — | 0,6—3,9 | 1,1—12,3 | 1,1—12,3 | 3,4—100,8 | — | — | 4,5—174,7 |
| Nowa Zelandia 1958 | — | — | kilka kg | — | — | — | — | — | — | — |
| AMERYKA | | | | | | | | | | |
| Ithaca N. J. (USA) 1931—49. | — | — | 5,9 | — | — | — | — | — | 58,4 | — |

* letnia połowa roku 6 miesięcy.

Tabela 2

Minimalne i maksymalne ilości składników w kg/ha dostarczanych rocznie z opadami w rejonie Puław

| Wartości ekstremalne | N ogólny | N _{NH₄} | N _{NO₃} | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | Na ₂ O | Cl |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Minimum | 6,0 Puławy 2 1961 | 3,3 Osiny 1961 | 2,2 Puławy 1 1960 | 0,06 Puławy 2 1961 | 1,6 Osiny 1961 | 11,8 Puławy 1 1961 | 4,3 Puławy 1 1962 | 7,9 Puławy 2 1961 |
| Maksimum | 15,2 Osiny 1960 | 10,6 Osiny 1960 | 4,6 Osiny 1960 | 0,33 Puławy 1 1961 | 3,4 Puławy 2 1961 | 15,6 Puławy 2 1961 | 12,7 Osiny 1961 | 12,7 Puławy 1 1961 |

Występowanie różnego stężenia składników w opadach w zależności od ich pochodzenia

Zawartość składników chemicznych w opadach zależy od odległości źródła, z którego dostają się one do atmosfery. Za zasadnicze źródła składników w atmosferze należy uważać:

A. *Ciała kosmiczne*. Pyły spadające na powierzchnię globu ziemskiego z przestrzeni kosmicznych oceniane są od 10^3 do $3,7 \cdot 10^6$ ton rocznie. Ilości te są jednak nieznaczące w porównaniu do ilości składników w atmosferze pochodzących z innych źródeł.

B. *Zbiorniki wodne*. Wyliczono, że znad powierzchni oceanów i mórz przechodzi do atmosfery około 1000 milionów ton soli rocznie (13). Sole z mórz i oceanów przenoszone są nad kontynenty przez wiatry, początkowo w postaci rozpryskiwanych kropelek roztworów wodnych, a następnie wskutek parowania wody w postaci drobnych kryształków. Kryształki te, w zależności od względnej wilgotności powietrza, mają wymiary $0,1-20 \mu$ (ciężar od 10^{-14} — 10^{-8} g). Zawartość Na, Cl, B i częściowo Mg w wodach opadowych obniża się w miarę oddalania od morza.

Powyższa zależność dla Na i Cl przedstawiona jest w tabeli 3.

Czasami zdarzają się różne anomalie w zawartości składników chemicznych w opadach. I tak np. w opadach Nigerii (17) stwierdzono wysoki stosunek K/Na, jak 1:1,6 (w wodzie morskiej wynosi on 1:27). Ta zmiana została spowodowana prawdopodobnie biologiczną działalnością w powierzchniowej cieplej warstwie oceanu, gdzie zachodzą procesy wzrostu i rozkładu dość dużych ilości planktonu.

Tabela 3

Zależność zawartości Na i Cl w wodach opadowych związana z odległością od morza (wg Riehm'a, 27)

| Stacja | Odległość od morza | Zawartość Na w mg/l | Zawartość Cl w mg/l |
|-------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Westerland | 200 m | 22 | 49 |
| Vesima | 20 m | 16 | 31 |
| Schleswig | 50 km | 2,5 | 4,8 |
| Braunschweig | 450 km | 0,8 | 2,2 |
| Augustenberg | 800 km | 0,4 | 0,9 |
| Leimen | 800 km | 1,4 | 4,1 |
| Hohenspeissenberg | 950 km | 0,2 | 0,6 |
| Retz | 1250 km | 0,2 | 0,5 |

C. Źródła kontynentalne

a. Powierzchniowa warstwa ziemi jest źródłem pyłów oraz związków gazowych wytwarzanych w wyniku reakcji chemicznych i akcji mikroorganizmów. Działanie temperatury powoduje wysuszenie gleby. Znane jest niszczenie wysuszonej powierzchni ziemi, której górne warstwy porwane są przez wiatry do atmosfery. Przenoszenie w ten sposób utworzonych pyłów ma charakter raczej lokalny. Pyły atmosferyczne składają się z cząstek o wymiarach 0,1—10 μ i pochodzą głównie z gleb suchych obszarów. Pyły znajdują się w atmosferze łącznie z solami morskimi, obecność ich stwierdzono na podstawie wyników analiz śniegu, gdzie znaleziono SiO₂.

Jednym z ważniejszych produktów gazowych powstających w glebie jest amoniak. Jego zawartość w powietrzu według Junge (19) uzależniona jest od pH gleby (gleby o pH < 6,0 zatrzymują amoniak, natomiast powyżej tej wartości wydzielają go). Junge wykazał ścisłą zależność między pH gleb a zawartością amoniaku w opadach nad obszarem Stanów Zjednoczonych (19).

b. Różne gwałtowne zjawiska w przyrodzie są często powodem wprowadzenia składników chemicznych do atmosfery. Zaliczyć można do nich wybuchy gejzerów, wulkanów oraz pożary lasów i stepów. Wyjątkowo duże ilości pyłów, które rozprzestrzeniają się przez dłuższy okres czasu nawet na inne kontynenty, powstają podczas wybuchów wulkanów. I tak np. w dniu 3. IV. 1956 r. jeden z patroli lotniczych odkrył na wysokości 15 km nad południowo-zachodnią Anglią chmurę pyłową pochodzącą z wybuchu wulkanu na Kamczatce, który nastąpił 30. III. 1956 r. Pożary lasów powodują również duże zapylenie atmosfery. Pożar lasów w okolicy jeziora Michigan spowodował przeniesienie pyłów aż nad Afrykę (18). Pojęcia na temat pochodzenia tlenków azotu w atmosferze głównie w wyniku burzowych wyładowań elektrycznych są obecnie podzielone (7, 19, 24).

c. Różnorodna działalność człowieka przyczynia się do nagromadzenia niektórych składników chemicznych, szczególnie w okręgach przemysłowych i rolniczych (2, 18, 26). Podaje się dla przykładu, że w okręgach przemysłu azotowego w Niemczech znajdowano w opadach ilości N dochodzące do około 100 kg/ha rocznie (27). Oszacowano również, że emisja pyłów w Polsce w 1959 r. z takich źródeł, jak spalanie paliw stałych i gazowych, spalanie paliw płynnych (samochody), cementownie, hutnictwo wynosiła w przybliżeniu $21,5 \cdot 10^5$ ton rocznie (18). Wprowadzanie nawozów do gleby stwarza możliwość częściowego przedostania się ich do atmosfery. Jako przykład może posłużyć wprowadzanie do gleby wody amoniakalnej. Oblicza się, że około 5% dodawanego w ten sposób amoniaku uchodzi w powietrze (19).

Występowanie różnego stężenia składników w opadach w zależności od niektórych parametrów meteorologicznych

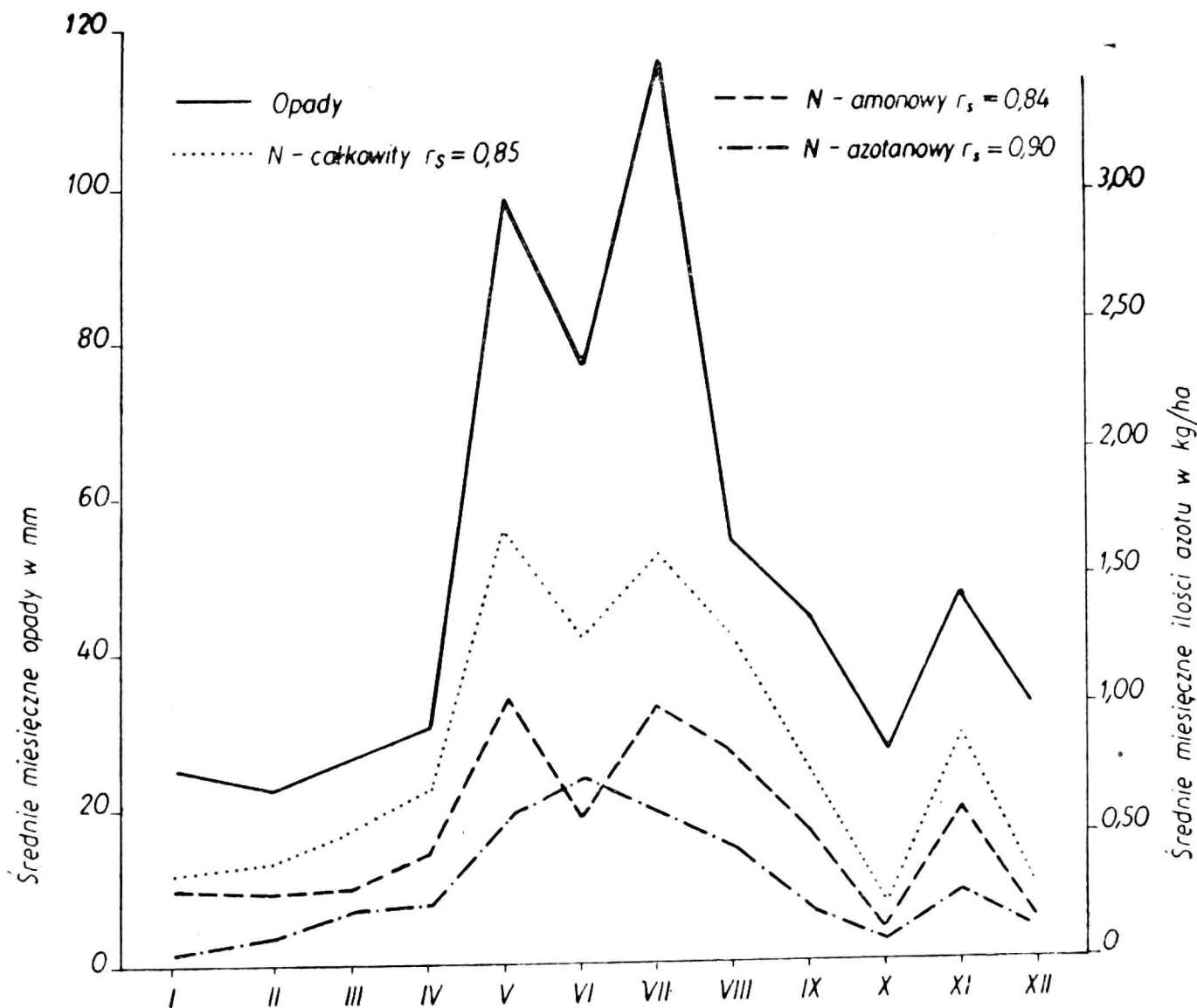
Liczne badania wykazały, że kierunek i siła wiatru mają zasadniczy wpływ na zawartość składników chemicznych w opadach, np. opady zbierane podczas silnych i długotrwałych wiatrów skierowanych od morza wykazują znacznie większe ilości Na i Cl niż zazwyczaj (2,6). Według Denisova i Bugajewa zawartość składników mineralnych w opadach deszczowych wzrasta wraz z obniżeniem temperatury powietrza, natomiast w opadach śniegowych maleje (6).

Ci sami autorzy podzielili składniki mineralne w zależności od ich zawartości w opadach deszczowych i śniegowych na 3 grupy: a) w obu postaciach opadów ich występowanie jest w przybliżeniu jednakowe (Na, Mg); b) zawartość w śniegu większa niż w wodzie deszczowej (K, Cl, S); c) zawartość w wodzie deszczowej większa niż w śniegowej (Ca, SiO₂).

Ogólna zawartość składników mineralnych w opadach ulega wahaniom w czasie, minimum występuje przeważnie w okresie zimowym (6, 21, 22). Nie wszystkie jednak składniki wykazują podobną tendencję zmian stężenia wraz ze zmianami ogólnej zawartości składników mineralnych, np. siarka występuje w większej ilości w okresie zimowym (7, 22, 29), co tłumaczy się większym spalaniem węgla i paliw olejowych w tym okresie w porównaniu z letnim.

Między ilością opadów a zawartością w nich składników chemicznych większość badających stwierdza odwrotne zależności (2, 23, 24), ale nie zawsze (21, 22). W wyniku 18-letnich badań (1931—1949) nad zawartością azotu w Stanach Zjednoczonych nie znaleziono powyższej zależności. Stwierdzono natomiast zależność między średnimi miesięcznymi ilościami N a średnimi miesięcznymi ilościami opadów (współczynnik korelacji Spearman'a $r_s = 0,82$) (8, 20, 22).

Podobne zależności znaleziono dla średnich miesięcznych ilości azotu wyrażonych w kg/ha i opadów w mm dla wyników badań wstępnych w rejonie Puław. Na podstawie wyników otrzymanych za lata 1960—1962 sporządzono wykres obrazujący wymienione zależności oraz wyliczono współczynniki korelacji Spearman'a (8, 20).



Średnie miesięczne ilości opadów oraz azotu całkowitego, amonowego i azotanowego za lata 1960—1962

Współczynniki korelacji Spearman'a przedstawiają się następująco:

$$r_s (\text{N-azotanowego}) = 0,90$$

$$r_s (\text{N-całkowitego}) = 0,85$$

$$\text{i } r_s (\text{N-amonowego}) = 0,84.$$

Jak wynika z wymienionych wartości między ilością opadów a ilością azotu z nimi wprowadzanego istnieje wysoki stopień korelacji.

ZNACZENIE SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W OPADACH ATMOSFERYCZNYCH DLA ROLNICTWA I LEŚNICTWA

Przeprowadzone badania wykazują, że obszary leśne otrzymują z opadami znacznie więcej składników w porównaniu z obszarami niezalesio-

nymi (23, 31). Porównanie ilości składników mineralnych wprowadzanych z opadami nad obszarami otwartymi i leśnymi do gleb Nowej Zelandii zawiera poniższe zestawienie (31).

Wyniki badań przeprowadzonych w Nowej Zelandii za okres od 26. X. 1954 do 2. VI. 1955 r. (31).

| | Opad w mm | Składniki dostarczane do gleby w mili- równoważnikach na m ² | | | | |
|----------------------------------|--------------|--|------|------|------|-----|
| | | Ca | Mg | K | Na | P |
| Opady na otwartej przestrzeni | 687 | 1,3 | 1,4 | 2,2 | 23,4 | — |
| Wody zbierane pod drzewami | 420 | 4,7 | 12,6 | 21,5 | 81,4 | 4,9 |

Należy zwrócić uwagę na duży udział Na i K uzyskiwanych przez gleby z opadów nad obszarami leśnymi.

Wyniki analiz chemicznych opadów zbieranych nad obszarami zalesionymi i otwartymi w płd-wsch. Anglii wykazały znaczne różnice w ilości składników mineralnych otrzymywanych przez gleby.

*Ilość składników w kg/ha otrzymywanych z opadami w płd. wsch. Anglii
(Średnie za lata 1955—1957) (23)*

| | Na | K | Ca | Mg |
|----------------|----|----|----|----|
| Obszar otwarty | 19 | 3 | 11 | 4 |
| Parcela leśna | 33 | 24 | 24 | 10 |

Wzrost zawartości składników w opadach zbieranych na obszarach leśnych jest spowodowany wychwytywaniem cząstek soli morskich i pyłów przez liście i gałęzie drzew oraz wymywaniem niektórych składników przez wodę deszczową z liści, np. potasu.

W glebach leśnych, poza możliwością symbiotycznego wiązania azotu przez niektóre gatunki drzew, opady są właściwie jedynym źródłem uzupełniania składników pokarmowych (25, 33).

Podobne warunki zaopatrywania roślin w składniki pokarmowe, jak na glebach leśnych, spotyka się u roślin gleb bagiennych. Mattson (2, 9, 27) rozpatrywał sprawę tzw. „uprawnych bagien” w płd.-zach. Szwecji. Zawartość składników pokarmowych takich gleb bagiennych jest odbiciem temperatury, wilgoci i składu chemicznego powietrza. Roślinność tych bagien pobiera praktycznie składniki pokarmowe pochodzące z atmosfery. Zastanawiający był fakt, że w powierzchniowej warstwie tej

gleby zgromadzone były kilkakrotnie większe ilości niektórych składników w porównaniu z zawartością ich w głębszych warstwach. Mattson tłumaczy to zjawisko wzmożoną działalnością człowieka (przemysł, rolnictwo).

Gleby leśne i bagienne wykazują inną zawartość składników pokarmowych w porównaniu z glebami pól uprawnych, gdzie stosuje się dość intensywne nawożenie. Niemniej, wprowadzanie składników pokarmowych z opadami do gleb uprawnych, w szczególności na obszarach nadmorskich, może mieć duże znaczenie dla uprawy roślin. Np. w Nigerii duże ilości składników pochodzące z atmosfery pozwalają wyjaśnić pewne problemy związane z nawożeniem gleby. Badania wykazały, że nawożenie potasem nigdy nie wykazało dodatniego wpływu na plony tego rejonu. Potas dostarczany w wodach deszczowych prawdopodobnie wystarcza dla wzrostu plonów i stosowanie nawożenia potasowego wpływa nawet ujemnie jako antagonistyczne w stosunku do innych składników pokarmowych.

Na obszarach Indii Południowych żywienie palm kokosowych pokrywane jest jedynie przez składniki pokarmowe z opadów (średnia roczna 8750 mm). Ciągłe wiejące monsuny przenoszą znad oceanów głównie organiczną materię zawierającą przede wszystkim azot. Z analiz gleb wynika, że wody deszczowe, jeżeli nie ma strat na skutek spływów, mogą spowodować wzrost zawartości całkowitej azotu w glebie o 0,013% w ciągu 5 lat (17).

Przeprowadzone ostatnio badania w rejonie Puław mogą służyć jako przyczynek do oszacowania ilości składników otrzymywanych z opadów przez gleby krajowe rocznie w kg/ha.

Dane Głównego Urzędu Statystycznego za rok 1960/1961 podają, że dla nawożenia użytków rolnych w Polsce stosowano następujące ilości składników w kg/ha i rok (28).

| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO |
|-----------------|------|-------------------------------|------------------|------|
| Nawozy sztuczne | 13,5 | 10,3 | 15,3 | 15,9 |
| Obornik | 23,2 | 16,5 | 31,8 | — |
| R a z e m : | 36,7 | 26,8 | 47,1 | 15,9 |

Ilości składników pokarmowych dostarczane do gleb z opadami atmosferycznymi powinny być brane pod uwagę w ogólnym bilansie żywienia roślin. Tabela 4 zawiera ilości składników w kg/ha i rok pobieranych przez średnie plony niektórych roślin oraz średnie ilości składników pokarmowych otrzymywane przez gleby z opadów wyrażone w kg/ha i rok.

Tabela 4

Zapotrzebowanie roczne niektórych roślin na składniki pokarmowe w kg/ha wg Riehm'a (27)

| Rośliny | S | Cl | N | Na | K | Mg | Ca |
|--------------|----|----|-----|----|-----|----|----|
| Zboża | 10 | 15 | 60 | 5 | 50 | 7 | 15 |
| Ziemniaki | 22 | 15 | 100 | 10 | 160 | 15 | 90 |
| Pasze łąkowe | 10 | 40 | 80 | 6 | 80 | 12 | 45 |
| Świerk | 2 | — | 20 | 2 | 3 | 2 | 10 |

Srednie* ilości składników pokarmowych w kg/ha otrzymywanych rocznie z opadów przez gleby w rejonie Puław

18,7 9,5 **9,8 8,6 2,3 1,5 11,2

*) Dla N średnie trzyletnie 1960—1962 r., dla K, Ca, Na, Cl, średnie dwuletnie 1961—62, dla S i Mg średnie z jednego roku 1962. Dla każdego roku średnie wyliczono na podstawie wyników z analiz chemicznych opadów z 3 stacji.

** Średnia ilość 9,8 kg N jest stosunkowo wysoka. Należy jednak uwzględnić, że obliczono ją na podstawie trzech lat badań, z których dwa charakteryzowały się roczną sumą opadów znacznie wyższą od przeciętnej.

Jak wynika z danych tabeli 4, składniki pokarmowe dostarczane są przez opady w ilościach mających istotne znaczenie dla bilansu pokarmowego roślin. W szczególności orientacyjna ilość siarki wskazuje, że dla większości roślin nie należy obawiać się niedoboru tego składnika.

Interesujące dla rolnictwa mogą być badania nad dostarczaniem do gleb przez opady niektórych mikroelementów. Np. bor w atmosferze pochodzi głównie z wody morskiej i w pobliżu morza dostarczany jest on do gleb z opadami w ilościach przekraczających nawet zapotrzebowanie niektórych roślin na ten pierwiastek (27).

Dotychczasowe badania wód opadowych w aspekcie rolniczym w Polsce są zupełnie niewystarczające. Dokonywanie systematycznych analiz chemicznych opadów, zbieranych w różnych punktach kraju, stworzyłoby możliwość oszacowania ilości składników pokarmowych otrzymywanych z opadów przez gleby różnych regionów i wyciągnięcie praktycznych wniosków dla rolnictwa.

LITERATURA

- Bertrand M. G.: Le potassium dans l'eau de pluie. Compt. Rend. Hebdom. des Seans 31, 8, 1945.
- Bobrickaja M. A.: Postuplenie azota w poczwu s atmosfjernymi osadkami w razlicznych zonach j ewropiejskiej czasti SSSR. Poczwowiedienie 12, 53, 1962.
- Burakowski T.: Determination of ammonia in precipitation water. Acta Geoph. Pol. v. VIII. nr 3. 1960.

4. Burakowski T.: Niektóre metody i wyniki badań substancji śladowych w opadach atmosferycznych w Warszawie. *Przeł. Geofiz.* VII (XV), z. 3, 193, 1962.
5. Chojnacki A., Kac-Kacas M.: Content of some nutrition components in precipitation in Poland in the Puławy region. *Tellus* XV, 2, 1963.
6. Denisov P. V.: Chemiczeskij sostaw atmosferycznych osadkow siewiernowo Tjan—Szania. *Dokł. Akad. Nauk.* 110, 842, 1956.
7. Denisov P. V., Bugajew A. L.: Chemiczeskij sostaw atmosferycznych osadkow siewierno-wostocznoj czasti Ukrainy. *Dokł. Akad. Nauk* 108, 879, 1956.
8. Elandt R.: O możliwości stosowania testów nieparametrycznych w zagadnieniach doświadczałnictwa rolniczego. *R. N. R.* 75, A-2, 1957.
9. Eriksson E.: Report on the second informal conference on atmospheric chemistry, held at the Meteorological Institute, University of Stockholm, May 31 — June 4, 1955, *Tellus*, VII, 3, 1955.
10. Egner H., Eriksson E.: Current Data on the Chemical Composition of Air and Precipitation. *Tellus*, VII, 1, 1955.
11. Eriksson E.: Air Borne Salts and the Chemical Composition of Air and Precipitation, *Tellus*, VII, 1, 1955.
12. Eriksson E.: Tillforseln av näringsämnen i luft till mark och vegetation, *Växt-Närings-Nytt*, 15(5), 1959.
13. Eriksson E.: The yearly circulation of chloride and sulphur in Nature; meteorological, geochemical and pedological implications. Part. I. *Tellus*, XI, 4, 1959.
14. Eriksson E.: The yearly circulation of chloride and sulphur in nature; meteorological, geochemical and pedological implications. Part. II. *Tellus*, XII, 1, 1960.
15. Górski M.: *Chemia Rolnicza*. PWRiL. Warszawa, 1960.
16. Hutton I. T., Leslie T. J.: Accession of non-nitrogenous ions dissolved in rain water to soil in Victoria. *Aust. J. agric. Res.* 9, 492, 1958.
17. Jones E.: Contribution of rainwater to the nutrient economy of soil in Northern Nigeria. *Nature*, 188, 432, 1960.
18. Juda T., Budziński K.: *Zanieczyszczenia atmosfery*. W. N. T. Warszawa, 1961.
19. Junge C. E.: The distribution of ammonia and nitrate in rain water over the United States. *Trans. amer. geophys. un.* 39, 241, 1958.
20. Kendall M. G.: *Rank correlation methods*. London, 1948.
21. Krzysch G.: Der N, P und K-Gehalt der Niederschläge in Dahlem. *Z. Pfl. Ernähr. Düng.* 82, 138, 1958.
22. Leland E. W.: Nitrogen and sulfur in the precipitation at Ithaca. *N. J. Agron. J.* 44 : 172—75, 1952.
23. Magdwick H. A. J., Ovington I. D.: The chemical composition of precipitation in adjacent forest and open plots. *Forestry*, 32 (1), 14, 1951.
24. Meyer J., Pampfer E.: Nitrogen content of rain water collected in the humid Central Congo basin. *Nature*, 184, 10, 1959.
25. News and Views. Records of Nodulation in Cariara. *Nature*, 183, 4656, 1956.
26. *Poradnik Rolniczy*. PWRiL. Warszawa, 1962.
27. Riehm H.: Die Bestimmung der Pflanzenährstoffe im Regenwasser und in der Luft unter besonderer Berücksichtigung der Stickstoffverbindungen. *Agrochimica*, 5 (2), 174, 1961.
28. *Rocznik Statystyczny*, 1962 r. G. U. S. Warszawa, 1962.

29. Seay W. A.: Sulphur contained in precipitation in Kentucky. *Agron. J.* 49, 453, 1957.
30. Vijayalakshimi K., Pandalai K. M.: Nutrient enrichment of the coconut soils of the humid Kerala Coast through monsoon precipitations. *Nature*, 194, 4823, 1962.
31. Will G. M.: Removal of mineral nutrients from tree crowns by rain. *Nature*, 176, 1180, 1955.
32. Wilson A. F.: Organic nitrogen in New Zeland snows. *Nature*, 183, 318, 1959.
33. Włoczewski T., Ilmurzyński E.: *Hodowla Lasu*. PWRiL, Warszawa 1957.