

EWA SPYCHAJ-FABISIAK, WŁODZIMIERZ ŁOGINOW

ULATNIANIE SIĘ AMONIAKU Z GLEBY
W WARUNKACH DOŚWIADCZEŃ WAZONOWYCH I POLOWYCHKatedra Chemii Rolnej Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

WSTĘP

Ulatnianie się amoniaku z gleby może być brane pod uwagę jako jedna z przyczyn strat azotu. Procesowi temu nie przypisywano jednak dotychczas większego znaczenia, wiążąc go na ogół wyłącznie z glebami o odczynie alkalicznym. Dopiero stosunkowo niedawno pojawiły się prace wskazujące na większe możliwości ulatniania się amoniaku [2, 4, 6, 7, 9, 10].

Już przed kilku laty pomiary polowe wykonane przez autorów na glebie lekko kwaśnej nawożonej azotem wykazywały ulatnianie się w formie amoniaku 50–300 N na ha/dobę. Powszechne występowanie ulatniania się amoniaku z gleb o różnych właściwościach stwierdzono też w modelowych doświadczeniach laboratoryjnych [9, 10]. W niniejszej pracy prezentowane są wyniki uzyskane w warunkach doświadczeń wazonowych i polowych; ich celem jest wyjaśnienie przyczyn i wielkości strat azotu wskutek ulatniania się amoniaku z różnych gleb.

METODYKA I WARUNKI PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ

Ilości ulatniającego się amoniaku określono przez absorpcję w naczynkach z mianowanym roztworem kwasu siarkowego i oznaczenie acydymetryczne. Ustalono, że okres absorpcji we wszystkich doświadczeniach przypada na pierwsze trzy doby każdego tygodnia; uzyskane wyniki przeliczano na pełny tydzień (mnożnik 7/3). Pomiary prowadzono w możliwie szczelnych układach zamkniętych. W przypadku wazonów posłużono się woreczkami foliowymi, nakładanymi na wazon i uszczelnianymi opaską gumową. W pomiarach polowych stosowano klosze szklane o średnicy około 20 cm, wciskane w glebę na głębokość około 2 cm.

Wazony (w 3 powtórzeniach) napełniano glebą brunatną (7 kg) o pH w KCl = 6,3, o zawartości węgla organicznego 0,7% i 12% frakcji < 0,02 mm. Wilgotność gleby w doświadczeniu mikropoletkowym utrzymywano jednolicie

na poziomie 60% ppw. W doświadczeniu wazonowym utrzymywano zróżnicowaną wilgotność. Stosowane nawozy (saletra amonowa, siarczan amonowy) mieszano z całą objętością gleby. Obok doświadczeń bez udziału roślin zakładano doświadczenia z wazonami obsianymi rajgrasem angielskim. Wszystkie doświadczenia wazonowe przeprowadzono w tym samym terminie. Pomiary ulatniania się amoniaku wykonywano przez okres 6 tygodni. Sprzętu dokonano po 40 dniach od daty wschodów, uzyskując przeciętny plon suchej masy przy wilgotności gleby 60–80% ppw: bez N — 2,47 g, a przy nawożeniu 150 mg N na kg gleby — 6,30 g na wazon. Obniżenie wilgotności gleby, a także podwyższenie dawki azotu powodowało znaczny spadek plonu.

Pomiary w warunkach polowych przeprowadzono dla wieloletniego doświadczenia mikropoletkowego na pięciu typach gleb. Podstawowe dane o właściwościach gleb podano w tabeli 3. W roku badań uprawiano kukurydzę, nawożoną saletrą amonową w dawce 16 g/m². Badania prowadzono również w statycznym doświadczeniu polowym ze zróżnicowanym nawożeniem azotowym i organicznym (obornik), w którym uprawiano żyto ozime, stosując 80 kg N na 1 ha w formie saletry amonowej. Pomiary prowadzono przez okres 4 tygodni w dwu powtórzeniach.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wazonory w doświadczeniach wazonowych 1 i 2 (tab. 1), gdzie stosowano rosnące dawki siarczanu lub azotanu amonowego, obsiano rajgrasem angielskim, co spowodowało wyraźne zmniejszenie ulatniania się amoniaku. Nie stwierdzono różnic w ulatnianiu się amoniaku przy stosowaniu różnych form nawozów, natomiast ulatnianie zwiększało się znacznie przy wyższych dawkach azotu. Straty azotu z wazonów obsianych wynosiły 1,5–4,5%, a z nie obsianych 2,5–6,0% azotu nawozowego. Nie są to ilości zbyt wielkie, trzeba jednak zwrócić uwagę, że przyjęta metodyka nie sprzyjała ulatnianiu się amoniaku. Dawki soli amonowych mieszano z całą objętością gleby, choć ulatnianie nasila się szczególnie przy nawożeniu powierzchniowym [5, 7]. Eliminowano też ważny czynnik wzmagający dyfuzję cząsteczek NH₃ na zewnątrz gleby [1, 6, 9] przez ograniczenie parowania wody woreczkami foliowymi.

Na ulatnianie się amoniaku duży wpływ ma poziom wilgotności gleby, na co wskazują wyniki doświadczeń wazonowych 3 i 4 (tab. 2, rys. 1). Ulatnianiu się amoniaku sprzyja zarówno wysoka, jak i skrajnie niska wilgotność gleby, a najslabiej proces ten przebiega przy wilgotności 60% ppw. Otrzymane rezultaty pokrywają się z wynikami modelowych doświadczeń laboratoryjnych, omówionych w innej pracy [9]. Ulatnianie rozpoczyna się znacznie wcześniej w przypadku gleby skrajnie wilgotnej (100% ppw) i gleby suchej (20% ppw), w której gwałtowny wzrost ulatniania się amoniaku nastąpił dopiero w piątym tygodniu doświadczenia. Co ciekawe, ograniczenie ilości ulatniającego się amoniaku przez rośliny dotyczy tylko niższych poziomów wilgotności gleby.

Tabela 1

Ulatnianie amoniaku w zależności od formy i dawki azotu (mg N/wazon) za okres 6 tygodni
 Ammonia volatilization in connection with form and dose of nitrogen (mg N per pot) for 6 weeks period

| Doświadczenie wazonowe Pot experiment | Nawożenie Fertilization | Dawka azotu amonowego Doses of ammonium nitrogen (mg N/kg of soil) | | | | Średnie Mean |
|---|---|--|------|---------------------------------------|------|-----------------|
| | | 50 | 100 | 150 | 200 | |
| 1 Wazony nie obsiane Unplanted pots | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 2,49 | 2,68 | 2,21 | 5,71 | 3,27 |
| | NH ₄ NO ₃ | 3,03 | 2,52 | 3,70 | 4,15 | 3,35 |
| | średnie mean | 2,76 | 2,60 | 2,96 | 4,93 | 3,31 |
| 2 Wazony obsiane Planted pots | (NH ₄) ₂ SO ₄ | 2,17 | 2,35 | 1,63 | 2,77 | 2,23 |
| | NH ₄ NO ₃ | 2,19 | 2,49 | 3,24 | 3,17 | 2,77 |
| | średnie mean | 2,18 | 2,42 | 2,44 | 2,97 | 2,50 |
| NIR (p = 0,05) LSD | dla form N for forms N | dla dawek N for doses N | | dla współdziałania for cooperation | | |
| Dośw. 1 Experiment 1 | n. | 0,28 | | 0,42 | | |
| Dośw. 2 Experiment 2 | n. | 0,33 | | 0,47 | | |

n — różnice nieistotne — non significant differences.

Niska wilgotność stwarza niewątpliwie korzystniejsze warunki do dyfuzji cząsteczek NH₃, dzięki zwiększonej ilości przestworów powietrznych. Z tych samych względów ogranicza ona również wtórne wiązanie amoniaku przez fazę stałą gleby. Natomiast wysoka wilgotność może sprzyjać procesom hydrolytycznym prowadzącym do powstania wolnego amoniaku, a także ułatwiać jego migrację przez zwiększenie parowania wody [1, 6, 9]. Pośrednie warunki panujące w glebie o średniej wilgotności nie sprzyjają procesowi ulatniania się amoniaku.

Kolejne doświadczenie wazonowe 5 (tab. 2) prowadzono na glebach ugorowanych, przy dwóch poziomach węgla wapnia. Zgodnie z oczekiwaniem, opartym na danych z literatury [2-4], stwierdzono bardzo silny wpływ CaCO₃ na ulatnianie amoniaku. Wpływ ten wiązał się prawdopodobnie z jednym z możliwych mechanizmów powstawania wolnego amoniaku, tj. z reakcją wymiany między solami amonowymi a węglanem wapnia [2, 9]. Przy zastosowaniu nawożenia azotowego ulotniło się w ciągu 6 tygodni, w zależności od poziomu wapnowania, odpowiednio: 1,5, 3,7 i 5,0% zastosowanej dawki azotu.

Tabela 2

Ulatnianie amoniaku w zależności od wilgotności i wapnowania gleby (mg N/wazon)
Ammonia volatilization in connection with soil moisture (mg N per pot)

| Doświadczenie wazonowe Pot experiment | Wilgotność gleby % ppw. Soil moisture % of fwc | Wapnowanie Liming (CaCO ₃) | Dawka (NH ₄) ₂ SO ₄ mg N/kg gleby Dose (NH ₄) ₂ SO ₄ mg N per kg of soil | | średnia mean |
|---|---|--|---|------|-----------------|
| | | | 0 | 150 | |
| 3 Wazony nie obsiane Unplanted pots | 20 | | 1,77 | 4,03 | 2,90 |
| | 40 | | 1,98 | 2,38 | 2,18 |
| | 60 | | 1,54 | 2,03 | 1,79 |
| | 80 | | 1,56 | 2,98 | 2,27 |
| | 100 | | 0,91 | 4,17 | 2,54 |
| | średnie — mean | — | 1,55 | 3,12 | 2,34 |
| 4 Wazony obsiane rajgrasem angielskim Pots with English ryegrass | 40 | — | 1,63 | 2,00 | 1,81 |
| | 60 | — | 1,39 | 1,72 | 1,56 |
| | 80 | — | 1,49 | 2,94 | 2,21 |
| | średnie — means | — | 1,51 | 2,21 | 1,86 |
| 5 Wazony nie obsiane Unplanted pots | | — | 1,49 | 2,21 | 1,85 |
| | 60 | 1 Hh | 2,98 | 5,59 | 4,29 |
| | | 2 Hh | 3,59 | 7,46 | 5,53 |
| | średnie — means | | 2,69 | 5,09 | 3,89 |

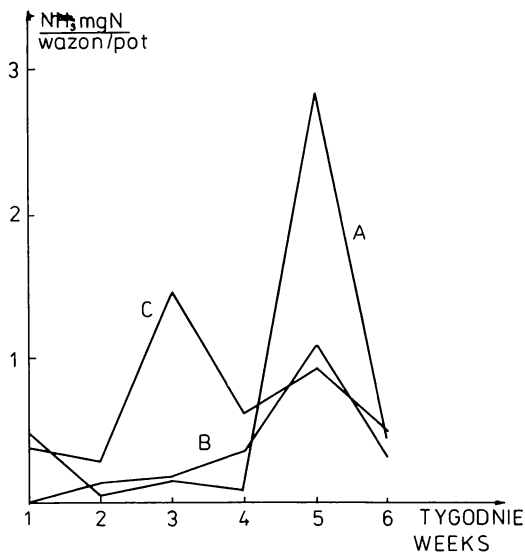
NIR
LSD (p = 0,05)

| Nr doświadczenia No experiments | Dla dawek For doses | Dla wilgotności For moisture levels | Dla wapnowania For liming levels | Dla współdziałania For cooperation |
|------------------------------------|------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 3 | 0,14 | 0,16 | — | 0,23 |
| 4 | 0,21 | 0,35 | — | 0,48 |
| 5 | 0,47 | | 0,56 | 0,79 |

W doświadczeniach mikropletkowych (tab. 3) porównano ulatnianie się amoniaku z 5 różnych typologicznie gleb. Wobec wysokiego poziomu błędu statystycznie istotna okazała się tylko wyraźna przewaga ilości amoniaku ulatniającego się z piaszczystej gleby rdzawej oraz ograniczone ulatnianie z najbogatszej w próchnicę czarnej ziemi.

Najistotniejsze jest jednak to, że ulatnianie się amoniaku z większym lub mniejszym nasileniem wystąpiło ze wszystkich gleb niezależnie od pH (w KCl) w granicach 5,0–7,4. Czynnikiem niewątpliwie silniej oddziaływującym na proces ulatniania była zawartość próchnicy i uziarnienie gleb.

W następnym doświadczeniu (tab. 4) udokumentowano wpływ dawki azotu, jak i ograniczający ulatnianie amoniaku wpływ obornika. Warto zwrócić uwagę, że w doświadczeniu tym znaczne ilości amoniaku ulatniały się z gleby nawet



Rys. 1. Ilość amoniaku w kolejnych terminach pomiaru dla wazonów nie obsianych w zależności od wilgotności gleby (A — 20%, B — 60%, C — 100% ppw.)

Fig. 1. Amounts of ammonia in the following measurements for the pots without seeds as related to soil moisture (A — 20%, B — 60%, C — 100% fwc.)

Tabela 3

Ulatnianie amoniaku z gleb doświadczenia mikropoletkowego za okres 4 tygodni
Ammonia volatilization from the soils of the microplot experiment for 4 weeks period
(mg N/350 cm²)

| Podstawowe właściwości gleb stosowanych w badaniach Fundamental properties of the soil applied in the study | | | | | Tygodnie pomiarów Weeks measurements. | | | | Sumy Sums |
|--|--|----------|-------------------------------------|-------------|--|------|------|------|--------------|
| Nr No | typ gleby type of soil | C (%) | frakcja fractions 0,02 mm (%) | pH (KCl) | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | Gleba brunatna Brown soil | 0,87 | 17 | 5,4 | 2,47 | 1,72 | 0,60 | 1,07 | 5,86 |
| 2 | Czarna ziemia „lokalna” “Local” black earth | 7,50 | 24 | 6,1 | 2,42 | 1,93 | 0,00 | 0,42 | 4,77 |
| 3 | Czarna ziemia kujawska Cuiavian black earth | 3,00 | 26 | 7,4 | 2,86 | 2,82 | 0,27 | 1,28 | 7,18 |
| 4 | Gleba płowa Grey brown podsolic soil | 0,66 | 15 | 5,2 | 3,28 | 2,19 | 0,54 | 1,17 | 7,18 |
| 5 | Gleba płowa Grey brown podsolic soil | 0,90 | 20 | 6,9 | 2,70 | 3,21 | 0,75 | 0,75 | 7,41 |
| 6 | Gleba rdzawa Rusty soil | 0,45 | 3 | 5,0 | 4,71 | 2,63 | 1,40 | 0,68 | 9,42 |

NIR (p = 0,05) — dla sum z 4 tygodni — 2,12
LSD — from sums from 4 weeks

całkowicie nie nawożonej i to od sześciu lat. W glebach występują z reguły spore ilości azotu amonowego, przeważające zwykle nad ilością azotanów. Na terenie, gdzie prowadzono doświadczenie, zawartość azotu amonowego wahała się w granicach 1,3–2,5 mg/100 g gleby; można stąd orientacyjnie przyjąć, że ilość azotu amonowego wynosiła około 60 kg/ha, przekraczając ilości wprowadzane z nawożeniem. W ciągu 4 tygodni straty, w zależności od stosowanego nawożenia, można ocenić na 1–3 kg N na ha. W ciągu roku, pomijając nawet okres zimy, straty byłyby oczywiście większe i przekraczałyby — jak należy sądzić — roczny poziom strat azotanów, określanych na drodze analizy wód drenarskich [5, 8].

Tabela 4

Ulatnianie amoniaku z gleby w doświadczeniu polowym z nawożeniem obornikiem i azotem mineralnym (za okres 4 tygodni) mg N na 350 cm²
Ammonia volatilization from soil in the field experiment with manuring and nitrogen fertilization (for four weeks period) mg N per 350 cm²

| Obornik Manure (t/ha) | Nawożenie azotowe (kg/ha) Nitrogen fertilization (kg/ha) | | | | \bar{x} |
|-----------------------------|---|------|------|------|-----------|
| | 0 | 40 | 80 | 120 | |
| 0 | 5,92 | 6,62 | 7,76 | 9,97 | 7,57 |
| 20 | 6,01 | 3,66 | 4,66 | 6,43 | 5,19 |
| Średnie Mean | 5,97 | 5,14 | 6,21 | 8,20 | 6,38 |

NIR (p = 0,05): dla obornika — 1,96
LSD for manure
dla azotu — 0,84
for nitrogen
dla współdziałania — 1,19
for cooperation

Doświadczenia przeprowadzone w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych [3, 9, 10] sugerują, że o poziomie strat azotu w postaci amoniaku decydują warunki meteorologiczne. Szczególnie duże zagrożenie stratami tego typu może wystąpić w okresach ciepłych i suchych, a także ciepłych i bardzo wilgotnych.

WNIOSKI

Na podstawie przedstawionych badań można wyciągnąć następujące wnioski ogólne:

1. Ulatnianie się amoniaku jest procesem, który może występować powszechnie, nawet w przypadku gleb o odczynie słabo kwaśnym.
2. Ulatnianiu się amoniaku sprzyja bardzo niska i bardzo wysoka wilgotność gleby.
3. Nawożenie azotowe zwiększa na ogół ilości ulatniającego się amoniaku, szczególnie silnie wpływa w tym samym kierunku wapnowanie gleb.

4. Ulatnianie amoniaku może mieć znaczący udział w stratach azotu, szczególnie w latach ciepłych i suchych, a także ciepłych i bardzo wilgotnych. Rolę tego rodzaju strat w warunkach Polski podnosi wysoka na ogół zawartość azotu amonowego w glebach.

LITERATURA

- [1] Chao T. T., Kroontje W. Relationships between ammonia volatilization, ammonia concentration and water evaporation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1964, t. 78: 393–395.
- [2] Feagley S. E., Hossner L. R. Ammonia volatilization reaction mechanism between ammonium sulfate and carbonate systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 1978, t. 42, 2: 364–366.
- [3] Fenn L. P., Kissel D. A. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soil. II. Effects of temperature and rate of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ application. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1974, t. 38: 606–610.
- [4] Fenn L. P., Kissel D. E. Ammonia volatilization from surface applications of ammonium compounds on calcareous soil. IV. Effect of calcium carbonate content. Soil Sci. Amer. Proc. 1976, t. 39, nr 4: 631–633.
- [5] Kissel D. E., Fenn L. P. Field measurements of ammonia volatilization from surface applications of ammonium salts to a calcereous soil. Agron. J. 1977, t. 69, nr 3: 473–476.
- [6] Lippold H., Hebern R. Modellversuche zur Ammoniakverfluchtigung in Abhängigkeit von pH-Wert, Austauschkapazität, Temperatur und Wassergehalt der Boden. Arch. f. Acker. Pflbau. 1975, t. 19, nr 9: 619–630.
- [7] Mills A., Barker A. V., Maynard N. Ammonia volatilization from soil. Agron. J. 1974, t. 66, nr 3: 355–358.
- [8] Pondel H., Terelak H. Skład chemiczny wód drenarskich jako podstawa do oceny strat składników mineralnych wymywanych do wód gruntowych. Pam. Puł., Pr. IUNG 1981, 75: 149–167.
- [9] Spychaj-Fabisiak E. Ulatnianie się amoniaku z gleby po nawożeniu jej siarczanem amonowy. Roczn. Glebozn. 1989, t. XL, nr 1: 67–82.
- [10] Spychaj-Fabisiak E. Ulatnianie amoniaku z gleby jako jedna z możliwości strat azotu. (Praca doktorska). ATR, Wydział Rolniczy, Bydgoszcz 1986.

Э. СПЫХАЙ-ФАБИСЯК, [В. ЛОГИНОВ]

УЛЕТУЧИВАНИЕ АММИАКА ИЗ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ СОСУДНЫХ И ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ

Кафедра агрохимии Сельскохозяйственно-Технической Академии в Быдгоще

Резюме

Была проведена серия сосудных опытов при применении разных доз аммонийного сульфата и нитрата, разных уровней влажности и известкования почвы. Сосуды обсеивали плевелом многолетним или оставляли необсеянными. Определяли количества улетучивающегося аммиака в течение 6 недель при применении метода абсорбции в маленьких сосудах с титрованной серной кислотой. Подобным способом проводились измерения улетучивающегося аммиака в полевых опытах.

Сосудные опыты показали, что количество улетучивающегося аммиака повышается по мере повышения дозы азота. Это количество ниже при наличии растений, чем в необсеянных сосудах. Улетучивание повышается при низкой и крайне высокой влажности почвы, а также под влиянием известкования. Полевые измерения позволили дополнительно установить, что улетучивание аммиака происходит с большей или меньшей интенсивностью во всех исследуемых почвах, даже при слабо кислой реакции.

E. SPYCHAJ-FABISIAK, W. LOGINOW

AMMONIA VOLATILIZATION FROM SOIL UNDER CONDITIONS OF POT AND FIELD EXPERIMENTS

Department of Agricultural Chemistry, University of Technology and Agriculture in Bydgoszcz

Summary

The series of pot experiment with applying of various ammonium sulphate and nitrate doses, differentiated moisture levels and liming of soils were performed. The pots were sown with perennial ryegrass or were left unsown. The amount of volatilized ammonia, using of the absorption method in small vessels with titrated sulphuric acid was determined during 6 weeks. The similar measurement, method of volatilized ammonia was applied in field experiments as well.

The pot experiments have proved that the amount of volatilizing ammonia increased together with the nitrogen doses raising. The amount was less from the sown than from the unsown pots. The volatilization increased at low and extremely high moisture of soil as well as under the liming effect. Additionally, the field measurements allowed to find, that the ammonia volatilization took place with higher or lower intensity in all studied soils even in the acid ones.

Dr E. Spychaj-Fabisiak
Katedra Chemii Rolnej
Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy
85-029 Bydgoszcz, Seminaryjna 5

Praca wpłynęła do redakcji w listopadzie 1990 r.