

MIECZYŚLAW KOTER, TEOFIL MAZUR, HENRYK ZIENKIEWICZ

## ZASTOSOWANIE JONITÓW DO BADAŃ NAD PRZEMIESZCZANIEM SIĘ SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W GLEBACH

Katedra Chemii Rolniczej WSR Olsztyn

### WSTĘP

W badaniach nad bilansem składników pokarmowych w glebach uprawnych nieodzowne jest poznanie ich dynamiki w profilu glebowym. Dotychczas prowadzono jedynie badania nad wymywaniem składników pokarmowych z wierzchnich do głębszych warstw gleby, które wykonano w doświadczeniach lizymetrycznych [7, 11, 12, 14] lub polowych [4, 5, 9, 10, 15, 16, 19]. O ilości wymytych z gleby składników pokarmowych wnioskowano na podstawie analizy chemicznej wody przeciekającej przez glebę (badania lizymetryczne) lub na podstawie zmiany zawartości składników pokarmowych w profilu glebowym (doświadczenia polowe). W pierwszym wypadku doświadczenia prowadzono w glebie o naruszonym profilu glebowym i w warunkach nie odpowiadających w pełni warunkom polowym. W drugim istniały trudności przy dokładnym pobraniu próbek glebowych do analiz chemicznych. Ponadto różnice w składzie chemicznym gleby wskutek wymywania składników pokarmowych były minimalne i trudno je stwierdzić przy zastosowaniu klasycznych metod chemicznych.

W glebie zachodzi również przemieszczanie składników pokarmowych z dolnych do górnych warstw, zwłaszcza w okresie suszy. W dotychczasowych znanych nam badaniach zjawiska tego nie uwzględniano.

Biorąc powyższe pod rozwagę zapoczątkowano w Katedrze Chemii Rolniczej WSR w Olsztynie badania nad przemieszczaniem się składników pokarmowych w glebach z zastosowaniem jonitów. Odnaczają się one dużą pojemnością sorpcyjną [13] i są szeroko stosowane do odsalania różnego rodzaju płynów. Nie jest natomiast wiadome, jak zachowują się w glebie i dlatego badania nasze rozpoczęliśmy od doświadczeń la-

boratoryjnych. W doświadczeniach tych oznaczano przemieszczanie się składników pokarmowych w glebie pod wpływem wymycia wodą oraz wskutek parowania gleby. Równocześnie przeprowadzono doświadczenia polowe nad wymywaniem azotu saletrzanego potasu i fosforu z gleby lekkiej. Otrzymane wyniki są treścią niniejszej pracy.

#### METODY BADAŃ

Doświadczenia nad wymywaniem azotu saletrzanego, fosforu i potasu z gleb w laboratorium przeprowadzono w kolumnach lizymetrycznych, a w polu stosowano doniczki jonitowe.

Oprócz tego wykonano doświadczenie z przemieszczaniem się wymienionych składników w czasie przesiąkania wody z dolnych do górnych warstw gleby.

Badania laboratoryjne w kolumnach lizymetrycznych szklanych i winidurowych prowadzono w następujący sposób:

— Do rur szklanych o średnicy 3,5 cm włożono poniżej poziomu, z którego badano wymywanie składników pokarmowych (tab. 2), warstwę jonitu grubości 1,5 cm. Jonity umieszczono w oddzielnych rurkach szklanych, które połączono z całością lizymetru za pomocą ściśle przylegającego węża gumowego. Oddzielono je od gleby cienką warstwą piasku kwarcowego. Całkowita długość rury lizymetrycznej wynosiła 70 cm, gleba zaś i jonity sięgały do wysokości 61,5 cm. Gleba umieszczona poniżej jonitów zapewniała równomierny przepływ wody we wszystkich kolumnach lizymetrycznych.

W ten sposób postępowano przy badaniach nad przemieszczaniem składników pokarmowych z dolnych do górnych warstw gleby, z tym że jonity były umieszczane powyżej badanej warstwy gleby. Długość rurek była tu nieco krótsza, gdyż zapewniało to szybsze parowanie gleby.

— Rury winidurowe o średnicy 9,8 cm i łącznej długości 125 cm składały się z 5 odcinków 20-centymetrowych i 5 odcinków 5-centymetrowych. Rury 20-centymetrowe napełniano glebą pobraną z profilu glebowego, 5-centymetrowe zaś — jonitami i piaskiem kwarcowym.

Ilość wody, jaką przepuszczono przez rury lizymetryczne, wynosiła w pierwszym doświadczeniu 612 mm, w drugim — 4320 mm, co odpowiada średniej rocznej opadów dla woj. olsztyńskiego [4].

Ilość wyparowanej wody przy doświadczeniach z podsiąkaniem wynosiła natomiast 90 mm, co według Gr a b a r c z y k a [3] odpowiada średniej rocznej parowania gleby w okresie wegetacji.

Do doświadczeń polowych użyto styropianowych doniczek do kwiatów. Na dno doniczek dano niewielką ilość potłuczonego szkła, a następnie warstwowo piasek, anionit, piasek, kationit i z wierzchu znów

warstwa kwarcowego piasku. Tak przygotowane doniczki zakopano na głębokość ok. 50 cm w glebę lekką, nawożoną wzrastającymi dawkami obornika (tab. 6).

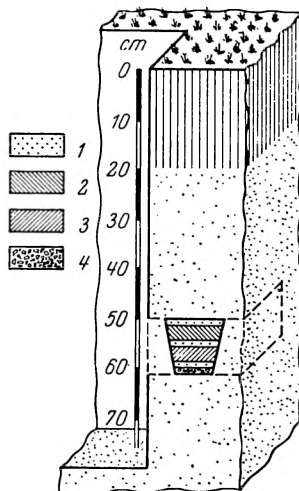
Sposób przygotowania doniczek oraz ich umieszczenia w glebie ilustruje rys. 1.

Przekrój profilu glebowego z umieszczoną w nim doniczką z jonitami

1 — piasek kwarcowy, 2 — kationit, 3 — anionit, 4 — tłuczki szkła

Soil profile showing location of pot with exchangers

1 — quartz sand, 2 — cationite, 3 — anionite, 4 — glass chips



Doniczki zakopano w glebie 10 maja, wykopano 20 listopada 1963 r. Do sorpcji przemieszczanych składników pokarmowych w badanych glebach zastosowano kationit MK-3 w formie H produkcji polskiej i anionit Dowex 1×8 w formie OH lub Cl. Zastosowane w tej formie jonity zdolne były zatrzymać całość wymywanych składników pokarmowych z badanych gleb, co potwierdzają liczby tab. 1.

T a b e l a 1

Badanie działania jonitów (kationit MK-3 w formie H produkcji polskiej i anionit Dowex 1 x 8 w formie OH lub Cl)  
Investigations on the cation exchanger MK-3 in the form of H of Polish production and the anion exchanger Dowex 1 x 8 in the form of OH or of Cl

| Badany składnik<br>Component  | Ilość składników pokarmowych wymytych z warstwy 0-20 cm piasku słabo gliniastego w mg/dcm <sup>3</sup><br>Amount of nutrients leached from the 0-20 cm layer of coarse sandy soil - mg/cu dm |   |
|-------------------------------|--|---|
|                               | gleba bez jonitów<br>soil without exchanger  | gleba z jonitami<br>soil with exchanger |
| N-NO <sub>3</sub>             | 0,92   | 0                                       |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 2,86   | 0                                       |
| K <sub>2</sub> O              | 29,90  | 0                                       |

Po przepuszczeniu określonej ilości wody przez kolumny lizymetryczne, a także po wykopaniu doniczek z pola usuwano z nich jonity, które przenoszono do erlenmayerek i traktowano określoną ilością 1n HCl. Zasorbowane na wymiennikach jonowych kationity i anionity przechodziły do roztworów, a sorbenty przyjmowały wyjściową formę. Po przesączeniu w roztworze z kationitu oznaczano potas metodą fotopłomieniową, w przesączu zaś z anionitu azot saletrzany — metodą kolorymetryczną za pomocą kwasu dwufulfolenowego i fosfor metodą molibdenowo-wanadową.

Doświadczenie laboratoryjne w szklanych kolumnach lizymetrycznych przeprowadzono z trzema typami gleb. Próbkę gleb pobrano z warstwy ornej. Doświadczenia w winidurowych lizymetrach wykonano z glebą lekką, wziętą z profilu glebowego z pola, na którym zostały zakopane doniczki z jonitami.

Typy gleb oraz ich skład mechaniczny przedstawiono w tab. 2. Niektóre właściwości chemiczne ilustrują dane tab. 3.

T a b e l a 2

Skład mechaniczny gleb  
Mechanical soil composition

| Gleba - Soil                                 | Głębokość<br>Depth<br>cm | Części<br>szkieletowe<br>Skeletal<br>parts<br>% | Części ziemiste - Earth parts<br>% |                  |   |
|--|--------------------------|---|------------------------------------|------------------|---|
|  |                          |   | piasek<br>sand                     | pył<br>fine sand | części<br>spławialne<br>floatable parts |
| Piasek słabo gliniasty<br>Coarse sandy soil  | 0-20                     | 1,5   | 86,0                               | 8,0              | 6,0                                     |
| Piasek gliniasty mocny<br>Compact loamy sand | 0-20                     | 1,4   | 62,0                               | 21,0             | 17,0                                    |
| Gлина lekka - Light loam                     | 0-20                     | 1,1   | 55,0                               | 22,0             | 23,0                                    |
| Piasek słabo gliniasty<br>Coarse sandy soil  | 0-20                     | 2,2   | 87,0                               | 10,0             | 3,0                                     |
|  | 20-40                    | 3,4   | 87,0                               | 10,0             | 3,0                                     |
|  | 40-60                    | -   | 89,0                               | 9,0              | 2,0                                     |
|  | 60-80                    | -   | 90,0                               | 10,0             | -                                       |
|  | 80-100                   | -   | 94,0                               | 5,0              | 1,0                                     |

Doświadczenie I. Ilość wymytych składników z trzech typów gleb, pobranych z warstwy ornej, zebrano w tab. 4. Jak widać, największe ilości badanych składników zostały wymyte z piasku słabo gliniastego, najmniejsze zaś azotu saletrzanego i fosforu — z gliny lekkiej, a potasu — z piasku gliniastego mocnego.

Wymycie azotu saletrzanego jest stosunkowo małe i wynosi od 0,90 do 1,84 kg z hektara, w zależności od typu gleby i grubości warstwy wymycia, z warstwy 0—20 wymyto więcej niż z pozostałych grubszych

T a b e l a 3

Niektóre właściwości chemiczne badanych gleb  
Some chemical properties of the tested soils

| Gleba - Soil                                 | Głębokość<br>Depth<br>cm | N<br>ogółem<br>Total<br>N<br>% | C<br>ogółem<br>Total<br>C<br>% | Zawartość<br>rozpuszczalnych<br>w 0,05n HCl<br>w mg/100 g gleby<br>Soluble in 0,05n HCl<br>mg/100 g soil |                               |                  | Według<br>Egnera-<br>Riehma<br>After<br>Egner-<br>Riehm |
|--|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|-------------------------------|------------------|---|
|  |                          |                                |                                | N-NO <sub>3</sub>  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                           |
| Piasek słabo gliniasty<br>Coarse sandy soil  | 0-20                     | 0,043                          | 0,45                           | 0,23   | 0,33                          | 32,5             | 17,0  |
| Piasek gliniasty mocny<br>Compact loamy sand | 0-20                     | 0,075                          | 0,71                           | 0,48   | 0,33                          | 13,0             | 11,0  |
| Gлина lekka - Light loam                     | 0-20                     | 0,084                          | 0,74                           | 0,56   | 0,28                          | 27,0             | 9,8   |
| Piasek słabo gliniasty<br>Coarse sandy soil  | 0-20                     | 0,026                          | 0,26                           | 0,23   | 0,23                          | 10,2             | 12,7  |
|  | 20-40                    | 0,012                          | 0,16                           | 0,11   | 0,22                          | 7,5              | 12,4  |
|  | 40-60                    | 0,006                          | 0,08                           | 0,08   | 0,15                          | 8,5              | 7,6   |
|  | 60-80                    | 0,004                          | 0,08                           | 0,08   | 0,10                          | 9,4              | 5,4   |
|  | 80-100                   | 0,002                          | 0,04                           | 0,03   | 0,04                          | 9,8              | 5,0   |

warstw. Różnice te były tym większe, im gleba zawiera mniej części spławialnych. I tak z warstwy 0—20 cm piasku słabo gliniastego wymyło 1,84 kg N na hektar, z warstwy zaś 0—60 cm — 0,90 kg N na hektar, natomiast z gliny lekkiej odpowiednio 1,14 i 0,90 kg N na hektar. Istnieje zatem zależność między wymyciem azotu saletrzanego z warstwy 0—20 cm a zawartością części koloidalnych gleby. Zależność ta uwidacznia się również przy wymyciu azotu saletrzanego z głębszych warstw gleby. Piasek słabo gliniasty zawierał najmniej azotu saletrzanego,

T a b e l a 4

Doświadczenie I - Experiment I  
Ilość wymytego azotu, fosforu i potasu z trzech typów gleb  
Amounts of nitrogen, phosphorus, and potassium leached from three soil types

| Gleba - Soil                                 | Grubość<br>warstwy<br>Thickness<br>of layer<br>cm | N-NO <sub>3</sub>               |       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   |       | K <sub>2</sub> O                |       |
|--|---|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
|  |   | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha |
| Piasek słabo gliniasty<br>Coarse sandy soil  | 0-20  | 0,92                            | 1,84  | 2,86                            | 5,72  | 29,90                           | 59,80 |
|  | 0-40  | 0,26                            | 1,04  | 1,30                            | 5,20  | 15,10                           | 60,40 |
|  | 0-60  | 0,16                            | 0,96  | 0,52                            | 3,12  | 10,14                           | 60,84 |
| Piasek gliniasty mocny<br>Compact loamy sand | 0-20  | 0,67                            | 1,34  | 1,20                            | 2,40  | 9,58                            | 19,16 |
|  | 0-40  | 0,24                            | 0,96  | 0,52                            | 2,08  | 5,69                            | 22,70 |
|  | 0-60  | 0,15                            | 0,90  | 0,29                            | 1,74  | 4,00                            | 24,00 |
| Gлина lekka - Light loam                     | 0-20  | 0,57                            | 1,14  | 0,78                            | 1,56  | 16,12                           | 32,24 |
|  | 0-40  | 0,28                            | 1,12  | 0,31                            | 1,24  | 9,58                            | 38,32 |
|  | 0-60  | 0,15                            | 0,90  | 0,20                            | 1,20  | 8,33                            | 49,98 |

a ilość wymytego azotu z warstwy 0—60 była nieco wyższa niż gliny lekkiej.

Ilość wymytego fosforu z warstwy 0—20 cm wynosiła od 1,56 z gliny lekkiej do 5,76 kg  $P_2O_5$ /ha z piasku słabo gliniastego. Wartości te dla wymienionych gleb malały wraz z grubością warstwy wymycia; z warstwy 0—60 cm wynosiły odpowiednio: 3,12 i 1,20 kg  $P_2O_5$ /ha.

Stwierdzono zależność między ilością wymytego fosforu a zawartością części spławialnych i przyswajalnego fosforu, oznaczonego według Egnera. Im gleba zawierała mniej części spławialnych i więcej przyswajalnego fosforu, tym wymycie było większe. Zależności tej nie stwierdzono w stosunku do ilości fosforu rozpuszczalnego w 0,05n kwasie solnym.

Ilość wymytego potasu była tym większa, im więcej rozpuszczalnych form zawierała gleba. W piasku słabo gliniastym wynosi od 59,8 do 60 kg  $K_2O$ /ha, w piasku gliniastym mocnym — 19,2 do 24,0 kg i w glinie lekkiej 32,2 do 50,0 kg  $K_2O$ /ha. Różnice w wymyciu między warstwą 0—20 cm a pozostałymi warstwami, tj. 0—40 i 0—60 cm, wzrastały przy przejściu gleb lekkich do cięższych. Różnice te w piasku słabo gliniastym wynosiły zaledwie 1,0 kg  $K_2O$ /ha, gdy tymczasem w glinie lekkiej — 17,8 kg  $K_2O$ /ha.

T a b e l a 5

Doświadczenie II - Experiment II  
Ilość wymytego azotu saletrzanego, fosforu i potasu z piasku  
słabo gliniastego pobranego z profilu  
Amounts of  $NO_3-N$ , phosphorus, and potassium leached from coarse  
sandy soil taken from the profile

| Poziom<br>Horizon<br>cm | $N-NO_3$                        |       | $P_2O_5$                        |       | $K_2O$                          |       |
|-------------------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
|                         | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha |
| 0-20                    | 0,25                            | 0,50  | 2,58                            | 5,16  | 12,48                           | 25,00 |
| 20-40                   | 0,20                            | 0,39  | 1,53                            | 3,06  | 11,72                           | 23,46 |
| 40-60                   | 0,22                            | 0,45  | 1,41                            | 2,82  | 12,85                           | 25,71 |
| 60-80                   | 0,19                            | 0,38  | 1,08                            | 2,18  | 13,64                           | 27,18 |
| 80-100                  | 0,18                            | 0,37  | 0,98                            | 1,95  | 12,72                           | 25,44 |

Doświadczenie II. W doświadczeniu tym badano wymycie składników pokarmowych z 20-centymetrowej warstwy gleby, pobranej z profilu (tab. 5).

Ilość wymytego azotu saletrzanego i fosforu była większa z górnych niż z dolnych warstw gleby, a potasu prawie jednakowa we wszystkich

badanych poziomach. Jest to związane z ilością rozpuszczalnych form badanych składników w poszczególnych warstwach gleby.

Średnie sumy wymytych składników pokarmowych z całego profilu glebowego (0—100 cm) wynosiły: 2,1 kg N-NO<sub>3</sub>, 15,2 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 126,8 kg K<sub>2</sub>O na 1 ha.

Doświadczenie III. Wymycie składników pokarmowych w warunkach polowych przedstawia tab. 6. Jak widać, ilość przemieszczonych składników pokarmowych była mniejsza niż w badaniach laboratoryjnych. Różnice te należy tłumaczyć mniejszą ilością opadów w okresie, w którym badano wymywanie. Wynosiły one od 15. V. do 20. IX. 1963 r. 190,9 mm, w badaniach laboratoryjnych zaś przyjęto średnią wieloletnią równą 612 mm.

T a b e l a 6  
Doświadczenie III - Experiment III  
Ilość wymytego azotu saletrzanego, fosforu i potasu z warstwy  
0-50 cm piasku słabogliniastego (doświadczenie polowe)  
w kg/ha  
Amounts of NO<sub>3</sub>-N, phosphorus, and potassium leached from  
the 0-50 cm layer of coarse sandy soil (field experiment)

| Nawożenie<br>Treatment              | N-NO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|
| Bez nawożenia<br>No manure          | 0,72              | 2,96                          | 31,5             |
| Obornik 200 q/ha<br>Farmyard manure | 0,98              | 3,22                          | 25,2             |
| Obornik 400 q/ha<br>Farmyard manure | 0,95              | 3,48                          | 27,1             |
| Obornik 600 q/ha<br>Farmyard manure | 1,17              | 3,24                          | 32,1             |

Nawożenie obornikiem tylko nieznacznie zwiększyło wymycie azotu saletrzanego i fosforu. Dawka obornika 200 q/ha obniżyła wymycie potasu o 6,3 kg K<sub>2</sub>O/ha, dawka zaś 400 q/ha — o 4,4 kg K<sub>2</sub>O/ha w stosunku do poletek nie nawożonych. Na zwiększonej dawce obornika do 600 q/ha wymycie potasu tylko nieznacznie wzrosło, gdyż zaledwie o 0,6 kg w stosunku do gleby nie nawożonej. Można zatem sądzić, że nawożenie gleb lekkich przeciętnymi dawkami obornika nieznacznie zwiększa wymycie azotu saletrzanego i fosforu, obniża natomiast wymycie potasu.

Doświadczenie IV. Przemieszczanie składników pokarmowych w czasie parowania gleby przedstawiono w tab. 7 i 8. Jak już wspomniano, w okresach bezdeszczowych następuje podsiąkanie wody z dolnych do górnych warstw gleby, a w wraz z nią zostają przemieszczone składniki pokarmowe. Z przytoczonych danych wynika, że ilości bada-

T a b e l a 7

Doświadczenie IV - Experiment IV  
Przemieszczanie się azotu saletrzanego, fosforu i potasu wskutek parowania gleby  
Movement of  $\text{NO}_3\text{-N}$ , phosphorus, and potassium due to evaporation of the soil

| Gleba - Soil                                 | Grubość warstwy<br>Thickness of layer<br>cm | $\text{N-NO}_3$                 |       | $\text{P}_2\text{O}_5$          |       | $\text{K}_2\text{O}$            |       |
|--|---|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
|  |   | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha |
| Piasek słabo gliniasty<br>Coarse sandy soil  | 0-15  | 0,27                            | 0,40  | 3,19                            | 4,78  | 13,33                           | 19,99 |
|  | 0-40  | 0,15                            | 0,60  | 0,57                            | 2,28  | 4,73                            | 18,22 |
| Piasek gliniasty mocny<br>Compact loamy sand | 0-15  | 0,10                            | 0,15  | 1,66                            | 2,49  | 12,63                           | 18,94 |
|  | 0-40  | 0,12                            | 0,48  | 0,26                            | 1,04  | 2,99                            | 11,96 |
| Gлина lekka - Light loam                     | 0-15  | 0,19                            | 0,28  | -                               | -     | 8,82                            | 13,23 |
|  | 0-40  | -                               | -     | -                               | -     | 2,50                            | 10,00 |

T a b e l a 8

Doświadczenie IV (laboratoryjne) - Experiment IV (laboratory)  
Przemieszczanie się azotu saletrzanego, fosforu i potasu wskutek parowania gleby  
Movement of  $\text{NO}_3\text{-N}$ , phosphorus, and potassium due to evaporation of the soil

| Gleba - Soil                                 | Grubość warstwy<br>Thickness of layer<br>cm | $\text{N-NO}_3$                 |       | $\text{P}_2\text{O}_5$          |       | $\text{K}_2\text{O}$            |       |
|--|---|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|
|  |   | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha |
| Piasek słabo gliniasty<br>Coarse sandy soil  | 0-10  | 0,83                            | 0,83  | 2,39                            | 2,39  | 20,73                           | 20,73 |
|  | 0-20  | 0,46                            | 0,92  | 0,98                            | 1,96  | 9,84                            | 19,68 |
|  | 0-30  | 0,38                            | 1,14  | 0,42                            | 1,26  | 5,55                            | 16,65 |
| Piasek gliniasty mocny<br>Compact loamy sand | 0-10  | 0,83                            | 0,83  | 1,77                            | 1,77  | 9,48                            | 9,48  |
|  | 0-20  | 0,46                            | 0,92  | 0,78                            | 1,56  | 4,48                            | 8,96  |
|  | 0-30  | 0,31                            | 0,93  | 0,52                            | 1,56  | 3,71                            | 11,13 |

nych składników, ulegających przemieszczeniu wraz z wodą w czasie parowania gleby, są zbliżone do tych, które ulegają wymywaniu. Najwięcej przemieściło się potasu, najmniej azotu saletrzanego. Ilość przemieszczonego azotu saletrzanego w przeliczeniu na hektar wzrastała wraz z grubością warstwy, z wyjątkiem piasku gliniastego mocnego (tab. 8), gdzie nie stwierdzono różnicy między warstwą 0—20 i 0—30 cm. Przemieszczanie się fosforu i potasu w górne warstwy gleby maleje wraz z grubością warstwy. Spadku tego nie stwierdzono jedynie w piasku gliniastym mocnym w poziomie 0—30 cm w porównaniu do poziomu 0—20 cm (tab. 8), gdyż w obu wypadkach wykryto jednakowe ilości fosforu, potasu zaś więcej w warstwie grubszej.



Tabela 9

Zestawienie ilości przemieszczonych składników pokarmowych  
w glebach wskutek przesiąkania i podsiąkania wody  
Amounts of nutrients leached down the soils as influenced by  
downward and upward movements of the water

| Gleba<br>Soil  | Kierunek<br>przemieszczenia<br>Direction<br>of<br>movement | N-NO <sub>3</sub>               |          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   |          | K <sub>2</sub> O                |           |
|--|--|---------------------------------|----------|---------------------------------|----------|---------------------------------|-----------|
|  |  | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha    | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha    | mg/dcm <sup>3</sup><br>mg/cu dm | kg/ha     |
| warstwa - layer 0-20 cm  |  |                                 |          |                                 |          |                                 |           |
| Piasek słabo<br>gliniasty<br>Coarse sandy<br>soil  | migracja w dół<br>downward movement                        | 0,9                             | 1,8(100) | 2,9                             | 5,7(100) | 30,0                            | 59,8(100) |
|  | migracja w górę<br>upward movement                         | 0,5                             | 0,9(50)  | 1,0                             | 2,0(35)  | 9,8                             | 19,7(33)  |
|  | rzeczywiste wymycie<br>actual leaching                     | 0,4                             | 0,9(50)  | 1,9                             | 3,7(65)  | 20,2                            | 40,1(67)  |
| Piasek gli-<br>niasty mocny<br>Compact loamy<br>sand   | migracja w dół<br>downward movement                        | 0,7                             | 1,3(100) | 1,2                             | 2,4(100) | 9,6                             | 19,2(100) |
|  | migracja w górę<br>upward movement                         | 0,5                             | 0,9(69)  | 0,8                             | 1,6(67)  | 4,5                             | 9,0(47)   |
|  | rzeczywiste wymycie<br>actual leaching                     | 0,2                             | 0,4(31)  | 0,4                             | 0,8(33)  | 5,1                             | 10,2(53)  |
| warstwa - layer 0-40 cm  |  |                                 |          |                                 |          |                                 |           |
| Piasek słabo<br>gliniasty<br>Coarse sandy<br>soil  | migracja w dół<br>downward movement                        | 0,3                             | 1,0(100) | 1,3                             | 5,2(100) | 15,1                            | 60,4(100) |
|  | migracja w górę<br>upward movement                         | 0,2                             | 0,6(60)  | 0,6                             | 2,3(44)  | 4,7                             | 18,2(30)  |
|  | rzeczywiste wymycie<br>actual leaching                     | 0,1                             | 0,4(40)  | 0,7                             | 2,9(56)  | 10,4                            | 42,2(70)  |
| Piasek gli-<br>niasty mocny<br>Compact loamy<br>sand   | migracja w dół<br>downward movement                        | 0,2                             | 1,0(100) | 0,5                             | 2,1(100) | 5,7                             | 22,7(100) |
|  | migracja w górę<br>upward movement                         | 0,1                             | 0,5(50)  | 0,3                             | 1,0(48)  | 3,0                             | 12,0(53)  |
|  | rzeczywiste wymycie<br>actual leaching                     | 0,1                             | 0,5(50)  | 0,2                             | 1,1(52)  | 2,7                             | 10,7(47)  |
| * Liczby w nawiasach obrazują wymycie w %<br>Figures in parentheses indicate percent washout |  |                                 |          |                                 |          |                                 |           |

Na podstawie wyników otrzymanych z wymycia i przemieszczania się z dolnych do górnych warstw gleby można obliczyć rzeczywiste wymycie składników pokarmowych. Wyniki uzyskane z tych obliczeń zestawiono w tab. 9.

Przyjmując ogólne wymycie składników pokarmowych za 100, rzeczywiste wymycie dla badanych gleb i warstw przedstawia się w liczbach względnych następująco:

|                        | warstwy |         |
|------------------------|---------|---------|
|                        | 0—20 cm | 0—40 cm |
| piasek słabo gliniasty |         |         |
| azot saletrzany        | 50,0    | 40,0    |
| fosfor                 | 64,9    | 55,8    |
| potas                  | 67,1    | 69,9    |
| piasek gliniasty mocny |         |         |
| azot saletrzany        | 30,8    | 50,0    |
| fosfor                 | 33,4    | 52,4    |
| potas                  | 53,2    | 47,1    |

Mniejsze przemieszczanie składników pokarmowych z dolnych do górnych warstw niż przy wymyciu uwarunkowane jest mniejszą ilością wody, jaka przeszła przez glebę w czasie parowania. Stosunek wody wyparowanej do wody użytej do przemywania wynosi jak 1 : 6,8. Za przyjęciem takiego stosunku przemawiają średnie wieloletnie opady oraz parowanie gleby podczas okresu wegetacji [2, 3].

#### DYSKUSJA

Do badań nad przemieszczaniem składników pokarmowych w glebach zastosowano jonity. Charakteryzują się one dużą pojemnością sorpcyjną, w naszym wypadku wynosiła ona dla Dowexu 3 mg N-NO<sub>3</sub> na 1 g i dla MK-3 — 1,7 mg na 1 g. Umieszczona w glebie warstwa jonitów w stanie wilgotnym nie stanowiła przeszkody dla przemieszczania się wody zarówno z górnych do dolnych warstw gleby, jak i odwrotnie — z dolnych do górnych [6]. Sorbenty w czasie przepływu wody przez glebę zatrzymywały rozpuszczone w niej składniki mineralne, co potwierdzają liczby zamieszczone w tab. 1. Zatrzymywane przez jonity składniki pokarmowe, a następnie przeprowadzane do roztworu można było oznaczyć ilościowo.

Z przeprowadzonych badań wynika, że ilość wymytych składników pokarmowych była dość zróżnicowana. Było to spowodowane nie tylko różną zawartością rozpuszczalnych form badanych składników, ale także w zasadniczy sposób wpływał na to sposób ubicia gleby oraz ilość wody przypadająca na jednostkę gleby.

W badaniach laboratoryjnych stwierdzono, że wymycie azotu saletrzanego wahało się w granicach 0,37—1,84 kg/ha, fosforu — 1,20—

5,72 kg/ha i potasu — 19,16—60,90 kg/ha. Wymycie azotu i fosforu uzależnione było od ilości części spławialnych w glebie, co potwierdzają badania P f a f f a [11]. Stwierdzono również, że wymycie azotu saletrzanego i fosforu było największe z wierzchniej warstwy gleby, natomiast ilość wymytego potasu była podobna we wszystkich badanych poziomach. Powyższe wyniki zbliżone są do rezultatów otrzymanych przez K o n k l e i n a i K n a u e r a [7], S e m b a [14], natomiast są znacznie niższe od wyników W e l l s a i P a r k s a [17].

W doświadczeniach polowych otrzymane przez nas wyniki są znacznie mniejsze niż wyniki otrzymane przez P f a f f a [12]. Rozbieżności te są skutkiem różnych warunków glebowo-klimatycznych. W naszym wypadku przeprowadzono badania gleb lekkich, które z natury są ubogie w składniki pokarmowe.

Ponadto otrzymane przez nas wyniki z doświadczeń polowych ilustrują wymycie składników pokarmowych tylko od 10. V. do 20. XI. 1963 r. Wymycie składników pokarmowych przez wody opadowe nie obrazuje całkowitego ubytku z wierzchnich warstw gleby, gdyż w czasie suszy następuje podsiąkanie roztworu glebowego. Chcąc zatem obliczyć rzeczywiste wymycie składników pokarmowych, należy również badać ich przemieszczanie się w kierunku górnych warstw gleby.

#### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań nad wymywaniem składników pokarmowych z trzech typów gleb można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Użyte do badań jenity wykazały dobrą zdolność zatrzymywania składników pokarmowych rozpuszczonych w wodzie nie utrudniając jej przepływu przez glebę.

2. Ilość wymytych składników pokarmowych uzależniona jest od ich zawartości w glebie, od typu gleby, stopnia ubicia i grubości warstwy.

3. W glebach o większej zawartości części spławialnych wymycie azotu saletrzanego i fosforu było mniejsze. Zależności tej nie stwierdzono przy wymywaniu potasu.

4. Wypłukiwanie azotu saletrzanego i fosforu było większe z górnych niż z dolnych warstw gleby. Ilość wymytego potasu była prawie jednakowa we wszystkich poziomach.

5. Stwierdzono, że wraz z podsiąkaniem wody następuje przemieszczanie składników pokarmowych z dolnych do górnych warstw gleby.

6. Migracja składników pokarmowych z dolnych do górnych warstw gleby podczas parowania obniża rzeczywiste wymycie. W naszych ba-

daniach laboratoryjnych stwierdzono, że rzeczywiste wymycie, tj. po uwzględnieniu podsiąkania, wynosiło od 30 do 70% ogólnego wymycia.

7. W warunkach polowych wymycie z warstwy 0—50 cm piasku słabo gliniastego wynosiło: azotu saletrzanego — 0,7 kg/ha, fosforu 2,96 kg/ha, potasu 31,5 kg/ha. Nawożenie gleby lekkiej przeciętnymi dawkami obornika (200—400 g/ha) nieznacznie podwyższyło wymycie azotu saletrzanego i fosforu, obniżyło natomiast wymycie potasu.

#### LITERATURA

- [1] Berg W., Thomaan G.: Anion elution patterns from soil and soil clays. Soil Sci. Amer. Proc, 23, 1959.
- [2] Grabarczyk S.: Plonowanie a polowe zużycie wody i transpiracja roślin. Olsztyn 1962 (praca doktorska).
- [3] Hohendorf E.: Klimat Pojezierza Mazurskiego a potrzeby rolnictwa. Zeszyty Naukowe WSR Olsztyn, t. 1, 1956.
- [4] Iljin W.: O wiertikalnom promieszczeniu nitratow w kasztanowych spieszczanych poczwach kołundinkoj stiepi. Poczwowiedien., nr 4, 1959.
- [5] Janiszewski F. B.: Izmienienije form kaliija w legkosuglinistoj diernowo-podzolistoj poczwie, pri mnogoletnim primienieniji udobreniji. Awtoriefierat. Moskwa 1962.
- [6] Kuriczew S. I., Nozdurnowa M.: K woprosu ob obrazowaniji i migracii żelezo-organiczeskich sojedineniji w poczwach. Poczwowiedien., nr 12, 1958.
- [7] Konklein H., Knauer N.: Wasser und Nährstoffbewegung aus der Ackerume in den Unterboden. Pfl. Düng. Bodenk., t. 81, 1958.
- [8] Koter M., SolarSKI H., SolarSKa J.: Zawartość składników nawozowych w rzekach Łynie i Pasłęce. Roczn. Nauk Roln., t. 75-F-4, 1963.
- [9] Petersburski A., Janiszewski F.: O wymywaniji kaliija iz pochodnogo gorizonta. Izwiest. TSCA, nr 4, 1960.
- [10] Petersburski A., Janiszewski F.: Transformation of forms of potassium fertilization. Plant a. Soil, t. 15, 1961.
- [11] Pfaff C.: Lyzimeter-Versuche. Zeitsch. f. Pfl. Düng. Bodenk., B. 48, 1949.
- [12] Pfaff C.: Einfluss der Beregnung auf die Nährstoffauswaschung bei mehrjährigen Gemüseanbau. Zeitsch. f. Pf. Düng. Bodenk., B. 80, 1958.
- [13] Samuelson O.: Jonity w chemii analitycznej. PWN, Warszawa 1958.
- [14] Semb G., Quien A.: Comparison of leaching and fixation of potassium and rubidium in soil using the isotopes K-42 and Rb-86. Soil Sci, t. 88, 1959.
- [15] Szopchojew S.: K woprosu o wiertikalnoj migracii nitratow w czarnoziemie stawropolskogo płato. Poczwowiedien., nr 6, 1958.
- [16] Ważenin I., Lebiediewa Z.: Dynamika pitatielnych wieszczestw. Agrochim. Rab., w Klining. Obł. AN ZSRR, 1959.
- [17] Wells K., Parks L.: Vertical distribution of soil phosphorus and potassium on several established alfalfa stands that received rates of annual fertilization, Soil Sci. Amer. Proc., t. 25, 1961.
- [18] Wiessmann H.: Die Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Boden durch den Gefassversuch. Zeitschr. Pfl. u. Düng., B. 10, 1928.
- [19] Tajcznow S., Fajzulín M.: Dynamika nitratow w zawisimosti ot charaktiera i smytosti poczw. Poczwowiedien. nr 4, 1960.

М. КОТЭР, Т. МАЗУР, Г. ЗЕНКЕВИЧ

## ПРИМЕНЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ПИТАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ

Кафедра Агрохимии Олыштинской Сельскохозяйственной Академии

## Резюме

В исследованиях по перемещению питательных элементов в почвах были применены иониты, а именно: Довекс ёмкостью поглощения 3 мг N-NO<sub>3</sub> г и МК ёмкостью поглощения 3—1,7 мг/1 г.

Помещенный в почве слой ионитов в увлажненном состоянии не препятствовал передвижению влаги как из верхнего в нижний слой почвы, так и наоборот [6]. Эти сорбенты во время фильтрации воды через почву задерживали растворенные в ней минеральные соединения, что подтверждают данные таб. 1. Адсорбированные ионитами питательные элементы переводили затем в раствор и определяли количественно.

Из проведенных исследований следует, что количество выщелоченных питательных элементов было довольно дифференцировано. Эти различия были вызваны не только различным содержанием растворимых форм исследуемых элементов, но также степенью уплотнения почвы и количеством воды применяемой на единицу почвы.

В лабораторных исследованиях установлено, что вымывание азота колебалось в пределах 0,37—1,84 кг/га, фосфора — 1,20—5,72 кг/га и калия 19,16—60,80 кг/га.

Вымывание азота и фосфора зависело от содержания илстых частиц в почве, что подтверждают исследования Пфаффа [11]. Установлено также, что вымывание нитратного азота и фосфора было самое высокое в верхнем слое почвы, а количество вымытого калия было сходно во всех исследованных горизонтах. Выше приведенные результаты близки результатам полученным Конклейном и Кнауэром [7], Сэмба [14], но много ниже от результатов Уельсса и Паркса [17].

Результаты полученные нами в полевых опытах на много ниже от результатов полученных Пфаффом [12]. Разногласия эти являются следствием не одинаковых почвенно-климатических условий. В нашем случае исследования были проведены на легких почвах, которые по своей природе бедны питательными элементами.

Результаты полученные нами кроме того в полевых опытах показывают вымывание только в период от 10. 5. по 20. 11. 1964. Вымывание питательных элементов осадками не отображает полного убытка из поверхностных горизонтов, так как в засушливый период обнаруживается капиллярное поднятие почвенного раствора. Для учета действительного вымывания питательных элементов следует изучать также их перемещение по направлению к верхним слоям почвы.

На основании проведенных исследований по вымыванию питательных элементов из трех типов почв могут быть сделаны следующие выводы.

1. Употребленные в исследованиях ионообменные смолы показали, высокую способность адсорбирования водорастворимых питательных элементов не препятствуя передвижению влаги в почве.

2. Количество вымываемых питательных элементов зависит от их содержания в почве, типа почвы, степени ее уплотнения и мощности слоя почвы.

3. В почвах с более высоким содержанием илстых частиц вымывание нитратного азота и фосфора было ниже. Эта зависимость не установлена при вымывании калия.

4. Выщелачивание нитратного азота и фосфора было выше из поверхностных, чем из

нижележащих слоев почвы. Количество вымываемого калия было почти одинаково во всех горизонтах.

5. Установлено, что совместно с капиллярным поднятием почвенного раствора наступает перемещение питательных элементов из нижних в верхние слои почвы.

6. Миграция питательных элементов из нижних в верхние слои почвы во время испарения влаги понижает действительную вымываемость. В наших лабораторных исследованиях установлено, что действительная вымываемость, т. е. после вычета капиллярного поднятия, составляет 30—70% общей вымываемости.

7. В полевых условиях вымываемость из слоя 0,50 см песчаной слабо суглинистой почвы составила: нитратного азота 0,7 кг/га, фосфора 2,96 кг/га, калия 31,5 кг/га. Удобрение легкой почвы средние высокими дозами навоза (200—400 ц/га) незначительно повысило вымывание нитратного азота и фосфора, но понизило вымывание калия.

M. KOTER, T. MAZUR, H. ZIENKIEWICZ

## APPLICATION OF ION EXCHANGERS TO INVESTIGATIONS OF THE DISPLACEMENT OF NUTRIENTS IN SOILS

Department of Agrochemistry, College of Agriculture, Olsztyn

### S u m m a r y

In our research on displacement of nutrients in soils we used ion exchangers, namely Dowex (exchange capacity 3 mg NO<sub>3</sub>-N (1 g) and MK (exchange capacity 3—1,7 mg(1 g).

The moist layer of ion exchangers placed in the soil, did not impede water circulation from the upper to the lower soil layers and inversely [6]. The mineral constituents dissolved in the water were intercepted during circulation by the adsorbent, as it is seen from the figures in tab. 1. The amount of nutrients adsorbed by the exchanger and subsequently released to the solution could be determined quantitatively.

The results show that the quantities of leached plant nutrients varied fairly considerably. The respective differences were due not only to different soil contents of soluble forms of the nutrients, but also were greatly influenced by the degree of soil compaction and by the quantity of water per soil unit.

In laboratory tests it was observed that the quantities of leached out nutrients ranged in the following limits: nitrate-N— 0.37 to 1.84 kg/ha, phosphorus— 1.20 to 5.72 kg/ha, and potassium — 19.16 to 60.90 kg/ha. The nitrogen and phosphorus leaching depended also upon the silt and clay contents of the soil, which is in agreement with P f a f f 's findings [11]. It was also observed that the leaching out of nitrate-N and phosphorus was greatest in the top layer of the soil, while that of potassium was of the same magnitude in all tested soil profiles. The values found by us are near those obtained by K o n k l e i n and K n a u e r [7] and S e m b a r [14], but are much lower than the values noted by W e l l s and P a r k s [17]. The results obtained from our field tests are much lower than P f a f f 's data [12]. These discrepancies are due to different soil and climatic conditions. Our experiments were made on light soils, which are naturally poor in plant nutrients.

It must be also noted our field tests illustrate the leaching of nutrients for the period May 10 to November 20, 1964 only. The washing out of nutrients with precipitation water does not yet give a true picture of nutrient loss from the upper soil

layers, since during dry periods the upward movement of the soil solution occurs. In order to obtain true values of the loss of nutrients by leaching we must also determine their migration to the upper soil layers.

From our investigations on leaching of nutrients from three soil types the following conclusions can be drawn.

1. The ion exchangers used in our tests showed good retentive capacity for nutrients dissolved in water, without impeding the movement of water through the soil.

2. The quantity of leached-out nutrients depends on their abundance in the soil, on soil type, compactness of the soil and thickness of the soil layer.

3. When the silt and clay contents of the soil increased the nitrate-N and phosphorus leaching decreased. No such relationship was observed in respect to potassium.

4. More nitrate-N and phosphorus were leached from the upper soil layers than from the lower ones. The amount of leached potassium was almost equal in all soil layers.

5. It was found that the upward movement of soil water is accompanied by the movement of nutrients from the lower to the higher soil layers.

6. The movement of nutrients from lower to upper soil layers during soil evaporation reduces the real leaching. In our laboratory tests it was found that the real leaching (i.e. after deduction of upward movement) amounted to 30—70% of total leaching.

7. Under field conditions the leaching from the 0—50 cm layer of slightly loamy sand amounted to: nitrate-N— 0.7 kg/ha, phosphorus — 2.96 kg/ha and potassium — 31.5 kg/ha. The treatment of light soil with farmyard manure (200—400 q/ha) caused an insignificant increase in leaching of nitrate-N and of phosphorus, but reduced the leaching of potassium.

